



El "Valle de la Muerte": una perspectiva sistémica

Edgar René Yepes Callejas, MSc.

Tesis para optar al título de doctor en Gestión de la Tecnología y la Innovación

Director

Luciano Gallón, PhD

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de Ingenierías y Escuela de Economía, Administración y Negocios

Doctorado en Gestión de la Tecnología y la Innovación

Medellín, Colombia

2022

Originalidad

Medellín, 2022

Yo, EDGAR RENÉ YEPES CALLEJAS

Declaro que esta tesis no ha sido presentada con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad.

Art 92 Reglamento Estudiantil de Formación Avanzada, Universidad Pontificia Bolivariana.



EDGAR RENÉ YEPES CALLEJAS

*Aunque ande en valle de sombras y muerte, no
temeré mal alguno, porque tú estás conmigo.
(Himno del Pastor, atribuido a David).*

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a todos los investigadores colombianos, a mis colegas, amigos y compañeros, que se han consagrado a las labores del conocimiento, de promover la innovación en Colombia y de construir una sociedad mejor.

Agradecimientos

Son muchas las personas que han contribuido en el desarrollo de este trabajo. Mi deuda de gratitud es cuantiosa, porque se requirió mucha ayuda, y se tuvo una red de personas que aportaron información, ideas, orientación conocimiento y expresiones de ánimo. Sin esa red, este trabajo no hubiera sido posible.

Durante el desarrollo del proyecto que está culminando, fue invaluable la dedicación, orientación, enseñanza, motivación y paciencia de Luciano Gallón Londoño, director de esta tesis doctoral. Gracias por estar en todos los momentos necesarios, por ayudarme a encontrar caminos para superar mi propio valle de la muerte, y por haber sido muy abierto y flexible durante todo el proceso seguido, en especial frente a todas mis dificultades.

Un grupo de personas han sido muy importante a lo largo de mi camino profesional: Diego Fernando Gómez, Santiago Echavarría, Claudia Álvarez, Jorge Robledo, José Luis Villaveces (q.e.p.d.). En muchas ocasiones han sido referentes y cómplices intelectuales. Incluso aportaron en la decisión de abordar un estudio doctoral como parte del proyecto de vida, en la medida que ocasionaron, a veces de forma involuntaria, muchos desafíos intelectuales.

Muchas personas merecen un agradecimiento, por haber intercambiado ideas para el desarrollo de este trabajo, e incluso por haberme recibido en calidad de aprendiz: José Javier Aguilar, Diana Giraldo, Martha Prada, Santiago Quintero, Walter Ruiz, Lorena Cadavid, Mayra Vieira, Fernando José Restrepo, Sebastián Aparicio, Carlota Pérez. Todos fueron una fuente de conocimiento en múltiples campos, y participaron en la discusión de ideas, conceptos y enfoques para encontrar las respuestas que requirió esta investigación. Otros colegas participaron en conversaciones que ayudaron a contextualizar el problema, en el contexto de Medellín: Oscar Quintero, Ana María Calle, Juan Pablo Tabares, Ana Salazar, Lina Niebles, Lida Tamayo, Cristina Aristizábal, Ana Zúñiga. Gracias también a todos los miembros de la Red Íconos, con quienes fue posible el intercambio y discusión de los avances, en varias etapas de la investigación: Ana Lucía Pérez, Eliana Martínez, Álvaro Quintero, Gabriel Vélez, Gabriel Cataño.

A lo largo de la faena de explorar este tema, surgieron colegas que se interesaron en acompañar la indagación, y participaron en expediciones adicionales al valle de la muerte. Claudia Betancur, Katia Méndez, Elizabeth Jiménez, Sonia Zuluaga, Viviana Toro, Iván Darío Rojas, Jim Giraldo, Juan Fernando Arenas, David Arango, Sebastián Ruiz. Gracias a ellos, fue posible profundizar en algunos componentes del problema y mejorar su explicación.

En la Universidad Pontificia Bolivariana, muchas personas facilitaron información sobre los proyectos, y sobre el contexto universitario. También depositaron su confianza en el logro de este proyecto. Diego Cuartas, Marcela Restrepo, Sandra Bedoya, Verónica Sierra. Del mismo modo, expreso agradecimiento a cada uno de los coordinadores de transferencia e innovación, y a los investigadores de las universidades, que participaron en calidad de líderes de los proyectos estudiados. Todos ellos aportaron información, experiencia y lecciones aprendidas, que fueron de alto valor para adelantar la investigación.

Gracias a mi madre y a Viviana, por haberme animado y acompañado durante este periodo. Su apoyo hizo posible que este trabajo se hiciera realidad.

Pido disculpas si omití a algún colega, investigador o tutor con quién hubiera intercambiado ideas y conceptos, en todo caso le expreso mi completa gratitud.

Contenido

Resumen	15
1. Presentación	17
1.1 ¿Qué es el valle de la muerte?	17
1.2 Ámbito donde ocurre el VM	18
1.3 Otros valles de la muerte	21
1.4 El VM como problema financiero	23
1.5 Pertinencia de abordajes no financieros para el VM	24
2. Estado del arte	26
2.1 Definiciones	26
2.1.1 Proyecto de I+D+i	26
2.1.2 Fase de demostración	27
2.1.3 DNP	27
2.1.4 Producto	28
2.1.5 Brecha de financiación	28
2.1.6 VM	28
2.1.7 Calidad para la inversión	29
2.1.8 Sistémico	29
2.2 Revisión de literatura sobre el VM	29
2.2.1 Plan para la revisión de literatura	30
2.2.2 Literatura bajo perspectiva financiera	31
2.2.3 Aproximaciones al VM, alternativas a la financiera	33
2.2.4 Síntesis y discusión	38
2.3 Contextualización: señales del VM en Colombia y en Medellín	42
2.3.1 Innovación y su financiación en Colombia	43
2.3.2 Financiación en algunos referentes internacionales	45
2.3.3 Innovación y señales del VM en Medellín	47
2.4 Marco conceptual	51
2.4.1 El VM como expresión de brechas múltiples	55
2.4.2 Otros elementos en el VM: Factores y barreras a la innovación	66
3. Planteamiento de la investigación	73
3.1 El problema	73
3.2 Hipótesis	76
3.3 Objetivos	76

Objetivo General _____	76
Objetivos Específicos _____	77
4 Métodos, procedimientos e instrumentos _____	78
4.1 Método de estudio de casos _____	78
4.1.1 Estudios de caso para construcción de teoría _____	80
4.1.2 Tipo de estudio de casos _____	81
4.1.3 Definición de casos _____	82
4.1.4 Procedimiento e instrumentos para estudio de casos _____	83
4.2 Modelo de simulación _____	96
4.2.1 Propósito y condiciones del modelado _____	96
4.2.2 Posibles paradigmas de modelamiento _____	97
4.2.3 Procedimiento de modelamiento _____	98
4.3 Proceso general _____	98
5. Resultados _____	100
5.1 Estudio de casos _____	100
5.1.1 Resultados de entrevistas y síntesis de barreras _____	100
5.1.2 Selección de los factores a indagar en los casos _____	102
5.1.3 Selección de casos y levantamiento de información _____	103
5.1.4 Presentación y análisis interno de casos _____	104
5.1.5 Análisis transversal de casos _____	116
5.1.6 Análisis de los casos frente a financiadores _____	125
5.1.7 MM y aprendizaje _____	135
5.1.8 Síntesis _____	137
5.2 Modelado y simulación _____	139
5.2.1 Definición del paradigma de simulación _____	139
5.2.2 Desarrollo, solución y ajuste del modelo _____	162
5.2.3 Interfaz del modelo _____	162
5.2.4 Parámetros del modelo y análisis de sensibilidad _____	164
5.2.5 Ejecución de simulaciones _____	168
5.3 Integración de resultados e implicaciones para gestión de proyectos _____	184
6. Discusión _____	189
7. Conclusiones _____	197
7.1 Aportes _____	199
7.2 Limitaciones _____	200
7.2.1 Limitaciones para el estudio de casos _____	200
7.2.2 Limitaciones en la etapa de modelamiento y simulación _____	200
7.3 Posibilidades para trabajos futuros _____	202
Referencias _____	204
Anexo 1: Protocolo para estudio de casos y entorno de financiadores _____	215

Anexo 2: Guía de entrevistas semiestructuradas, para estudio de casos	221
Anexo 3: Síntesis de codificación de casos	222
Anexo 4: Simulacro de rueda de negocios (Evaluación de los financiadores a los casos).	269
Anexo 5: Cálculo de aprendizaje de los proyectos, por dimensiones	270
Anexo 6: Criterios búsqueda: literatura sobre barreras a la innovación	271
Anexo 7: Guía técnica del modelo de agentes: nombres de procedimientos principales, manual de uso de la interfaz del modelo	272
Procedimientos del modelo, implementados en NetLogo	272
Instructivo para manejo de interfaz del modelo de agentes	273
Anexo 8: Instrumentos para captura de capacidades y modelos mentales	280
Anexo 9: Divulgación	282
Ponencias	282
Ponencia #1	282
Ponencia #2	282
Ponencia #3	282
Ponencia #4	282
Ponencia #5	283
Ponencia #6-foro doctoral	283
Publicaciones	283
Artículo #1	283
Artículo #2	284
Artículo #3	284
Artículo #4	285
Tesis de maestría dirigidas	286
Trabajo de grado #1	286
Trabajo de grado #2	286
Trabajo de grado #3	286

Lista de Figuras

Figura 1. El VM como brecha en el proceso de innovación.	20
Figura 2. El VM en un proceso secuencial de I+D+i. Adaptado de Auerswald & Branscomb (2003).	20
Figura 3. Dos VM en el proceso secuencial de I+D+i. Adaptado de Auerswald & Branscomb (2003).	22
Figura 4: Participación de la financiación con recursos propios en inversiones en ACTI en Colombia. Elaboración propia, con datos de EDIT (2008-2018) y EDITS (2008-2017).	44
Figura 5: Inversión en ACTI como porcentaje del PIB. D. Elaboración propia, con datos de OCyT.	47
Figura 6: Inversión en I+D como porcentaje del PIB. Elaboración propia, con datos de OCyT.	47
Figura 7: Etapas que deben atravesar las capacidades, según el ciclo de vida. Fuente: Helfat & Peteraf (2003).	53
Figura 8: Dimensiones de capacidad, para innovación de producto. Basado en Danneels (2002).	56
Figura 9. Incidencia de las instituciones sobre formación de nuevas capacidades.	62
Figura 10: Triple brecha asociada al VM y emergencia de decisión de salida.	66
Figura 11: Esquema de matriz de incidencia directa. Elaboración basada en Lafuente & de Paula (2010).	85
Figura 12: Estructura de MM utilizada para el estudio de casos. Elaboración propia a partir de Danneels (2002).	91
Figura 13: Caso Biomédico-Capacidades y MM.	105
Figura 14: Caso Biomédico-Capacidades del aliado.	105
Figura 15: Caso Transporte-Capacidades y MM.	105
Figura 16: Caso Transporte-Capacidades del aliado.	105
Figura 17: Caso Biológicos-Capacidades y MM.	106
Figura 18: Caso Biológicos-Capacidades del aliado.	106
Figura 19: Caso Agricultura-Capacidades y MM.	107
Figura 20: Caso Agricultura-Capacidades del aliado.	107
Figura 21: Caso Economía Circular-Capacidades y MM.	107
Figura 22: Caso Economía Circular-Capacidades del aliado.	107
Figura 23: Caso Térmico-Capacidades y MM.	108
Figura 24: Caso Fertilizantes-Capacidades y MM.	109
Figura 25: Caso Fertilizantes-Capacidades del aliado.	109
Figura 26: Caso Energético-Capacidades y MM.	109
Figura 27: Caso Hidrocarburo-Capacidades y MM.	110
Figura 28: Caso Vivienda-Capacidades y MM.	110
Figura 29: Caso Construcción-Capacidades y MM.	111
Figura 30: Caso Construcción-Capacidades del aliado.	111

Figura 31: Caso Cerámico-Capacidades y MM.	111
Figura 32: Caso Redes-Capacidades y MM.	112
Figura 33: Caso Materiales-Capacidades y MM.	112
Figura 34: Caso Suelos-Capacidades y MM.	113
Figura 35: Caso Suelos-Capacidades del aliado.	113
Figura 36: Caso Vestuario-Capacidades y MM.	114
Figura 37: Caso Nanomaterial-Capacidades y MM.	114
Figura 38: Caso Aguas-Capacidades y MM.	115
Figura 39: Caso Sisinfo-Capacidades y MM.	115
Figura 40: Caso Refrigeración-Capacidades y MM.	116
Figura 41: Caso Ganadería-Capacidades y MM.	116
Figura 42: MM de financiadores y casos, para dimensión Know-How.	127
Figura 43: MM de financiadores y casos, para dimensión Instalaciones.	128
Figura 44: MM de financiadores y casos, para dimensión 2. Manufactura.	129
Figura 45: MM de financiadores y casos, para dimensión 4. Calidad.	129
Figura 46: MM de financiadores y casos, para dimensión Necesidades.	130
Figura 47: MM de financiadores y casos, para dimensión Distribución.	130
Figura 48: MM de financiadores y casos, para dimensión 7. Comunicación.	130
Figura 49: MM de financiadores y casos, para dimensión 8. Marca.	131
Figura 50: Síntesis de proposiciones derivadas de los casos.	139
Figura 51: Modelo de prueba, con representación del problema en dinámicas de sistemas.	143
Figura 52: Brecha de capacidades del portafolio (arriba) e interés de inversionistas (abajo).	144
Figura 53: Flujo de proyectos que reciben financiación para operación (y superan VM).	144
Figura 54: Entidades, variables de estado y escalas.	146
Figura 55: Procesos que involucran capacidades y MM.	148
Figura 56: Relaciones generales y bucles.	150
Figura 57: Diagrama híbrido: diagrama causal más condiciones que activan relaciones entre agentes.	151
Figura 58: Diagrama agentes y acciones. Elaboración propia a partir de Li et al. (2019).	152
Figura 59: Mundo, durante inicialización (izquierda) y en ejecución (derecha). Imagen generada en Netlogo.	163
Figura 60: Variaciones en salidas de modelo, por variaciones en los parámetros.	167
Figura 61. Sensibilidad del modelo frente a variaciones en Funds_Nr y Projects_Learn.	168
Figura 62: Histograma con resultados de simulación base.	170
Figura 63: Diagrama causal modificado, con decisiones de distribución presupuestal y su efecto sobre el sistema.	172
Figura 64: Diagrama con decisión de alianzas y su efecto sobre el sistema.	174

Figura 65: Cantidad de rondas de financiación y de proyectos post-VM, variando cantidad de financiadores.	178
Figura 66: Diagrama híbrido, con la decisión de invertir en el proyecto, llevándolo fuera del VM.	178
Figura 67: Histograma con resultados de simulaciones de síntesis.	184

Lista de Tablas

Tabla 1. Definiciones típicas del VM en la literatura.	18
Tabla 2: Resumen revisión de literatura.	40
Tabla 3: Evolución de Colombia en IGI. Tomado de U. de Cornell, INSEAD y WIPO (2017, 2018, 2019, 2020).	43
Tabla 4: Capacidades reportadas por autores del VM versus dimensiones de capacidades de Danneels (2002).	57
Tabla 5: Síntesis de barreras a la innovación.	69
Tabla 6: Autores del VM que consideran cada barrera a la innovación.	70
Tabla 7: Ejemplo de aplicación matriz de incidencia directa, para una de las universidades.	85
Tabla 8: Cuantificación del nivel de desarrollo de capacidades. Elaboración propia a partir de Helfat & Peteraf (2003).	90
Tabla 9: Criterios para interpretación de MM por caso y dimensión.	93
Tabla 10: Proceso general.	98
Tabla 11: Lista consolidada de barreras a la innovación en el VM, según universidades consultadas.	100
Tabla 12: Matriz consolidada de relaciones causales, reportadas por universidades.	101
Tabla 13: Zonas de la matriz consolidada de factores.	102
Tabla 14: Resumen nivel de capacidades, para todos los casos.	125
Tabla 15: MM de financiadores.	126
Tabla 16: Dimensión Know-How-MM de casos vs. de financiadores.	127
Tabla 17: Dimensión Instalaciones-MM de casos vs. de financiadores.	128
Tabla 18: Dimensión Manufactura-MM de casos vs. de financiadores.	129
Tabla 19: Dimensión Calidad-MM de casos vs. de financiadores.	129
Tabla 20: Dimensión Necesidades-MM de casos vs. de financiadores.	130
Tabla 21: Dimensión Distribución-MM de casos vs. de financiadores.	130
Tabla 22: Dimensión Comunicación-MM de casos vs. de financiadores.	131
Tabla 23: Dimensión8. Marca-MM de casos vs. de financiadores.	131
Tabla 24: Síntesis de comparación por dimensiones de MM.	132
Tabla 25: Resultados de evaluación de los proyectos por los financiadores, en rueda de negocios simulada.	133
Tabla 26: Aprendizaje, medido como variación en MM.	136
Tabla 27: Relación entre constructos iniciales y proposiciones.	137
Tabla 28: Criterios para selección de paradigma de modelamiento de sistemas.	142
Tabla 29: Nombres de dimensiones de capacidad, en el modelo. Elaboración propia a partir de Danneels (2002).	160
Tabla 30: Escala de desarrollo de capacidades. Elaboración propia a partir de Helfat & Peteraf (2003).	160

Tabla 31. Rango de valores de los parámetros y valores centrales utilizados en análisis de sensibilidad.	166
Tabla 32: Resultados simulaciones con variaciones en políticas de asignación de recursos.	171
Tabla 33: Resultados simulaciones con variaciones en alianzas.	173
Tabla 34: Resultados simulaciones con variación en cantidad de proyectos.	176
Tabla 35: Simulaciones con variación en cantidad de financiadores. Resultados promedio de simulaciones.	177
Tabla 36: Simulaciones con variaciones en MM y aprendizaje. Promedio de resultados.	180
Tabla 37: Aprendizaje de los proyectos, calculado como variación de sus MM. Valores promedio.	181

Glosario

- ACTi: Actividades de ciencia, tecnología e innovación.
- CTi: Ciencia, tecnología e innovación.
- CIIU: Clasificación Internacional Industrial Uniforme.
- DNP: Desarrollo de nuevos productos.
- ESTD: Etapa temprana de desarrollo tecnológico (por su denominación en inglés: *early stage technology development*).
- G8: Autodenominación de un grupo conformado por ocho universidades. Concentran la mayoría de las capacidades de I+D+i en Medellín.
- I+D: Investigación y desarrollo experimental.
- I+D+i: Investigación, desarrollo experimental e innovación.
- MBA: Modelamiento basado en agentes.
- MM: Modelo mental.
- Proyectos post-VM: proyectos que superaron el valle de la muerte, pasando a la etapa posterior.
- TSVM: Tasa de superación del valle de la muerte.
- TRL: Nivel de alistamiento de la tecnología (por su denominación en inglés: *technology readiness level*).
- VM: Valle de la muerte.

Resumen

El valle de la muerte (VM) es interpretado como una condición de restricción, que sucede en una etapa de transición en el proceso de I+D+i. Bajo una mirada secuencial de la innovación, este problema se manifiesta entre el final de la I+D y el inicio de procesos de desarrollo de nuevos productos y alistamiento, para iniciar actividades operativas y comerciales. Nemet et al. (2018) denominan fase de demostración a esta etapa intermedia, pues en ella se valida el cumplimiento de requerimientos para que los proyectos de I+D+i sean vistos como oportunidades de innovación maduros y estructurados, y puedan pasar a las etapas finales. Según estimaciones (Helmstetter, 2018; Dean et al., 2022), solo una de cada cinco oportunidades de innovación supera el VM. Esto acarrea inversiones no recuperables, así como costos de oportunidad porque dichas iniciativas no cumplen con sus objetivos de generación de valor. Markham & Mugge (2015) son aún más pesimistas, estimando que solo uno de cada 10 proyectos de innovación logra pasar el VM.

Para encontrar soluciones al VM se debe iniciar por comprenderlo. La literatura aporta múltiples explicaciones fragmentarias, que no detallan suficientemente los factores que inciden en la formación del VM. También se encuentran trabajos que, casi bajo consenso, consideran que el problema es principalmente una restricción para acceder a recursos financieros, denominada *brecha de financiación*. Esto los lleva a continuación a proponer soluciones basadas en mecanismos y estrategias para financiar los proyectos, como fórmula principal para llevar los proyectos fuera del VM. Algunos autores reconocen que el VM constituye un problema complejo, e incluso caótico (Auerswald & Branscomb, 2003; Markham et al., 2010). Esta situación puede asociarse con las múltiples explicaciones fragmentarias, ya mencionadas. La revisión del estado del arte en la literatura permite reconocer un **problema**, que da pie a este trabajo: Hace falta una comprensión del VM a escala de proyectos de I+D+i, como fenómeno sistémico y complejo, bajo un enfoque que permita relacionar la decisión de financiación con otros factores asociados a los proyectos y el contexto universitario en el que se desarrollan.

Este trabajo adopta un enfoque sistémico, con el propósito de interpretar el VM como un fenómeno donde participan e interactúan múltiples factores. Bajo una perspectiva sistémica, la brecha de financiación deja de ser interpretada como causa única del VM, pasando a entenderse como un factor que interactúa con otros, mediante relaciones de causa-efecto. Se define como objetivo sintetizar comportamientos que se presentan en el VM bajo la perspectiva sistémica, para identificar lineamientos con los cuales dirigir la gestión de proyectos de I+D+i. Se elige una aproximación a escala de los proyectos de I+D+i, pues son éstos los que atraviesan los procesos que los llevan dentro y eventualmente fuera del VM.

Aunque la literatura ofrece contribuciones valiosas para entender diversos aspectos del VM, se queda corta en aproximaciones sistémicas, especialmente a escala de proyectos de I+D+i. Por ello, se opta por estudiar el problema bajo una ruta inductiva, orientada a la construcción de teoría a partir de casos, de acuerdo con el proceso recomendado por Eisenhardt (1989), seguido por el desarrollo de un modelo de simulación basado en agentes. Con ello se desarrolló un método híbrido, que aprovechó dos técnicas valiosas para la exploración del fenómeno de interés, de forma inductiva, para generar como resultado un nuevo modelo explicativo. Se hizo un estudio de casos múltiple, de tipo holístico, que sistematizó la experiencia de 21 proyectos de I+D+i de universidades de Medellín. Esto permitió reconocer factores, y plantear proposiciones de una teoría explicativa del VM, de tipo sistémico. A partir de los factores y las proposiciones obtenidas, se desarrolló un modelo de simulación, basado en agentes, para experimentar con los factores en un espacio computacional. Esto ayudó a reconocer las condiciones propicias a una mayor superación del VM en el contexto de los proyectos universitarios. Esto permitió proponer lineamientos para una gestión sistémica, orientada a controlar tanto los factores como las interacciones que se consideraron en el modelo.

Aunque los casos se relacionan con diversos sectores, se trata de proyectos de I+D+i originados y promovidos por las universidades. Por este motivo, los resultados de este trabajo son válidos para este tipo de entidades.

Palabras Clave:

- Valle de la muerte.
- Proyectos de I+D+i.
- Barreras a la innovación.
- Modelamiento basado en agentes.
- Innovaciones de origen universitario.

1. Presentación

1.1 ¿Qué es el valle de la muerte?

Hoy es aceptado que la innovación es un camino significativo para lograr el crecimiento, la competitividad y el éxito empresarial. La innovación tecnológica o *Technology-based innovation*, entendida por García & Calantone (2002) como aquella que incorpora invenciones provenientes de las artes industriales, la ingeniería, las ciencias aplicadas, así como de las ciencias puras, tiene una característica especial: implica vincular generación de conocimiento con aprovechamiento de oportunidades en el mercado y el contexto industrial, para el desarrollo y explotación de nuevos productos (bienes o servicios).

Pese al interés que despierta la innovación, antecedentes en la literatura advierten la dificultad para materializarla y obtener los resultados esperados, y que en conjunto apuntan a que el desarrollo de la innovación requiere afrontar contextos desfavorables: una de las primeras aproximaciones a este respecto es establecida por Godoe (2000), quién sugiere que las innovaciones radicales llegan a materializarse en condiciones de aleatoriedad o incluso de casualidad. Tushman & Nadler (1986) advierten que cuando se están desarrollando procesos de innovación, es especialmente difícil ajustarse a los cambios del mercado. Más recientemente, Malena (2010) reconoce en la comercialización una fuente de dificultades para que un avance científico se convierta en un caso de negocio útil.

Autores como Freeman & Soete (1997), así como Hsu et al. (2014), asocian las dificultades para innovar con altas probabilidades de fracaso. Los primeros advierten que esto se debe a que la innovación constituye un problema complejo. Los últimos reconocen que el proceso de innovación es largo, idiosincrásico e impredecible. OCDE (2007) advierte los inconvenientes que acarrea la incertidumbre de innovar, que suelen conducir a lentitud en la recopilación de información, a afrontar dudas en las decisiones de cambio y a dificultar el acceso a la financiación.

Trabajos más recientes explican que esta situación de dificultades y fallos de la innovación es más crítica cuando se trata de innovaciones radicales: Slater, Mohr & Sengupta (2014) plantean que, si bien las tasas de éxito de la innovación de producto son modestas en general, cuando se trata de innovaciones radicales, estas involucran mayores problemas, asociados a la incertidumbre, a la adopción de los usuarios y al proceso de mercadeo. Bessant, Öberg & Trifilova (2014) apoyan esta idea, sosteniendo que las innovaciones tecnológicas radicales son de alta incertidumbre. Aarikka-Stenroos & Lehtimäki (2014) reconocen dificultades para el éxito en las innovaciones radicales, que hacen que el proceso suela prolongarse, y que normalmente no se tenga éxito en el primer intento. Kline & Rosenberg (2009) exponen que los productos derivados de tecnologías complejas suelen atravesar múltiples problemas en sus etapas de demostración, que pueden tomar años en resolverse, lo que a su vez condiciona la financiación, por el riesgo de que la tecnología entre en obsolescencia. Esta coyuntura problemática se identifica bajo la metáfora del Valle de la Muerte (VM), denominación que comprende un conjunto de dificultades a las que suelen enfrentarse los proyectos de innovación para pasar de la demostración de la tecnología, hasta las fases finales de explotación, en forma de nuevos productos comercializados.

El VM puede entenderse como una condición de bloqueo o latencia que viven los proyectos de innovación, para los que se ha avanzado en el desarrollo de dimensiones tecnológicas, pero aún falta madurar otras dimensiones del modelo de negocio, necesarias para llevar dichas innovaciones hasta etapas de desarrollo de nuevos productos (DNP), operación y comercialización.

La Tabla 1 recopila diversas definiciones del VM, en la literatura. Entre los autores que abordan el VM, se encuentra como factor común que lo describen como una brecha, "lugar", corredor, situación o fenómeno de fallo que separa el desarrollo tecnológico de la aplicación comercial. Esto sugiere que se debe afrontar el cruce del VM para llegar a las etapas de implementación de la innovación tecnológica en el mercado. También es evidente que en estas definiciones el objetivo final es la comercialización, lo que sugiere un énfasis en la innovación de producto.

Tabla 1. Definiciones típicas del VM en la literatura.

Autores	Descripción del VM
Frank et al. (1996)	Situación de falla de una tecnología que pasa de la fase de demostración al inicio de las actividades de comercialización. Según los autores, el fenómeno ocurre cuando los innovadores no pueden acceder a recursos financieros para realizar el proceso de escalamiento y fabricación.
Markham (2002a)	Brecha entre el reconocimiento técnico de una idea y los esfuerzos para comercializarla.
Auerswald & Branscomb (2003)	Estado de restricciones en proyectos tecnológicos que ya no se encuentran en etapas de investigación, pero no han avanzado lo suficiente para iniciar un plan de negocios. Estas restricciones son financieras, porque los estos proyectos ya no se pueden costear con recursos para investigaciones, mientras aún no son elegibles para ser financiados por un inversionista. Como expresión sinónima del VM, acuñan el término "mar darwiniano", para resaltar la naturaleza caótica y la lucha que deben afrontar los proyectos para sobrevivir en este punto.
Heller & Peterson (2005)	Lugar donde buenos descubrimientos del laboratorio o invenciones van a morir, porque no cuentan con los recursos o financiación necesarios para convertirse en productos comerciales.
Beard et al. (2009)	Fenómeno en el cual una tecnología falla en el objetivo de entrar al mercado por su inhabilidad de avanzar desde la fase de demostración de la tecnología hasta la de comercialización.
Markham et al. (2010)	Corredor entre las fases de investigación y DNP. Se encuentran más recursos y experiencia para desarrollar los procesos a los lados del VM, es decir en investigación y de DNP, mientras hay deficiencias en las capacidades ¹ para ejecutar los procesos del corredor intermedio.

1.2 Ámbito donde ocurre el VM

Para avanzar en la comprensión del VM, es pertinente reconocer en qué ámbito ocurre. En este aparte se exploran elementos comunes en las definiciones del VM, para reconocer que este fenómeno se relaciona fundamentalmente con las innovaciones de producto, puede explicarse como una desconexión en el proceso de I+D+i, y puede ser más crítico cuando se trata de proyectos que implican cambios tecnológicos radicales.

La primera consideración se deriva de las definiciones del aparte anterior, que establecen el inicio de actividades de desarrollo final de producto y comercialización, como condición de superación del VM. Dichas actividades están cobijadas como componentes del DNP, que de acuerdo con Markham et al. (2010) suele ser un proceso formal y estructurado. Esta condición implica que los autores que han abordado el VM están considerando innovaciones de producto, de acuerdo con las tipologías de innovación del Manual de Oslo (OCDE, 2007).

Las definiciones del VM se refieren a una brecha, fallo, lugar o corredor, al que ingresan proyectos que han pasado por fases de investigación, pero que experimentan dificultades para avanzar hacia fases finales de DNP (Markham, 2002a; Markham et al., 2010), o de desarrollo de producto, producción y comercialización (Auerswald & Branscomb, 2003). Esta descripción muestra similitud con la que presentan Frank et al. (1996), donde las tecnologías resultantes de investigación superan una fase inicial de demostración, pero se quedan rezagadas en la etapa siguiente. De forma similar, Raven & Geels (2010) presentan al VM como una brecha entre las fases de investigación y de introducción al mercado de productos, con la salvedad de que asocian este problema a las innovaciones radicales.

Con estas indicaciones, será posible ubicar el VM. Para ello, resultan útiles algunas aproximaciones que coinciden en localizarlo en el marco de un proceso secuencial:

¹ Este trabajo usa el término "capacidades" en lugar de "recursos y capacidades", acogiendo la perspectiva de Grant (1991) en la que las capacidades integran a los recursos. Es usual que la literatura hable sólo de capacidades, entendiendo que los recursos son integrantes de las mismas. Solo se usará "recursos y capacidades", en referencias a autores que utilicen los dos términos.

- Beard et al. (2009), proponen una secuencia de innovación en tres etapas: en la primera se hace investigación, en una intermedia se manifiesta el VM, y en una etapa final se difunde y comercializa el nuevo producto.
- Auerswald & Branscomb (2003) proponen un proceso de innovación secuencial con retroalimentaciones entre etapas. Tras concluir actividades de investigación, invención y conceptualización, los proyectos suelen resultar en un prototipo funcional, avanzando a una fase denominada Early Stage Technology Development (ESTD) donde se valida el negocio y se desarrolla la tecnología final. Para que se convierta en innovación, se debe pasar a una fase de desarrollo de producto, producción y comercialización. Sin embargo, en ESTD se presenta el VM, manifestándose un patrón de restricciones que dificulta conceptualizar y validar un modelo de negocio, dificultando el avance a desarrollo de producto, producción, y comercialización.
- Markham et al. (2010), presentan el VM como un problema que se manifiesta en la transición entre una fase de I+D, y una etapa final de DNP y comercialización. En esta transición se debe avanzar en el perfilamiento de la oportunidad comercial, demostrar su viabilidad y efectuar gestiones para estimular las decisiones que lleven a la transferencia del proyecto hacia la fase de DNP.
- Dean et al. (2022) representan el VM como una brecha entre el descubrimiento científico y el desarrollo comercial de nuevos productos, debida a las dificultades que implica la transición de proyectos que están basados en un enfoque de invención e investigativo, a una etapa que se basa en desarrollo de productos.

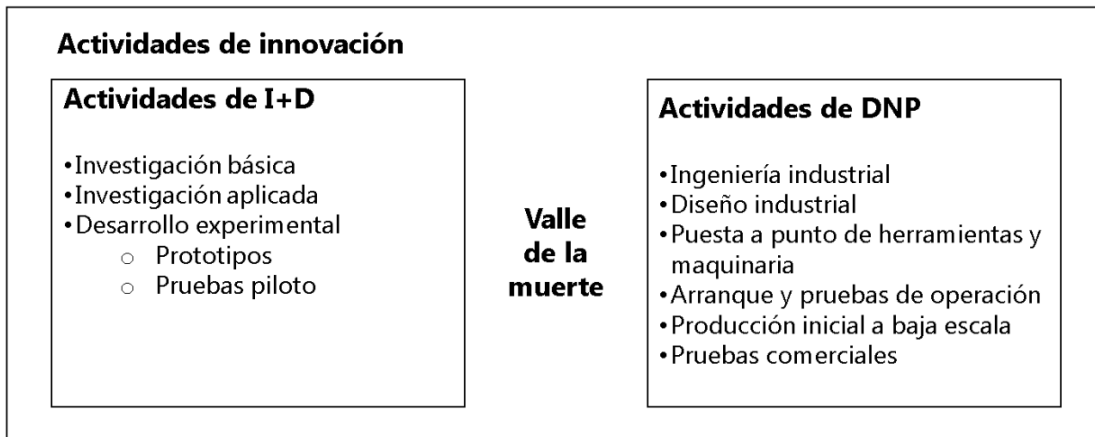
En las descripciones, el VM se manifiesta en una etapa intermedia del proceso desde la investigación hasta la finalización de la innovación. Resulta pertinente interpretar esta descripción utilizando terminología homologada sobre lo que es I+D+i, para facilitar el entendimiento del VM en el marco del proceso de I+D+i.

Según OCDE (2015), la I+D hace parte de las actividades de innovación. Existen otras que son de innovación, pero están por fuera de la I+D, como: diseños industriales para procesos de producción, ingeniería industrial y puesta a punto de máquinas y herramientas antes de producción, y actividades de desarrollo previo a la producción. También están aquellas que corresponden al desarrollo de producto, incluyendo su comercialización, ingeniería de diseño final, demostraciones al usuario e incluso producción inicial a pequeña escala. Esta enumeración de actividades permite entender la I+D como un subsistema dentro de un sistema mayor de actividades de innovación.

De otra parte, se ha difundido el término I+D+i, para referirse al conjunto de actividades de investigación, desarrollo e innovación (AENOR, 2006; ICONTEC, 2008), que también ubica la I+D como un subsistema de la I+D+i. Bajo esta consideración, los resultados de I+D, como nuevos conocimientos, o principios funcionales probados experimentalmente, se complementan con actividades financieras, de mercadeo y organizacionales. Esto incluye algunas actividades de innovación por fuera de I+D: adquisición de tecnología, puesta a punto de las herramientas, ingeniería industrial, diseño industrial, adquisiciones de capital, arranque del proceso de operación y comercialización. Se resalta que se deben ejecutar actividades técnicas, comerciales, organizacionales y financieras, necesarias para la puesta en marcha de nuevos productos, o la explotación de nuevos procesos.

Comparando los conceptos anteriores con un modelo planteado por Markham et al. (2010), se puede describir el VM como un fenómeno de desconexión o ruptura de puente entre las actividades de I+D y las de DNP, que comprende actividades de innovación que no son I+D. Esto se presenta en la Figura 1.

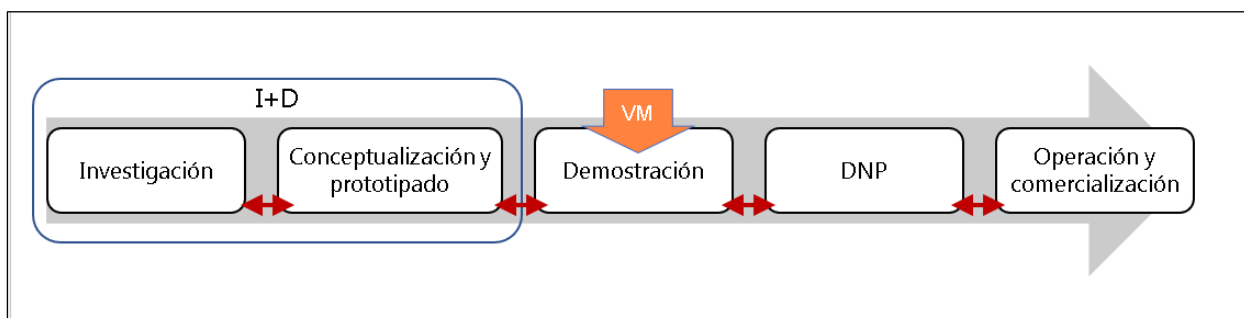
Figura 1. El VM como brecha en el proceso de innovación.



El VM como puente roto entre dos subsistemas de la I+D+i no necesariamente alude a un proceso secuencial, pero puede volverse así si los ejecutores de los proyectos siguen una ruta en serie. La aproximación secuencial suele darse cuando los proyectos inician con actividades de investigación, luego de desarrollo experimental, y así sucesivamente. En este caso, el VM se manifiesta en una etapa de transición entre I+D y DNP: la etapa de ESTD (Auerswald & Branscomb, 2003; Ellwood et al., 2022), interfaz difusa o *fuzzy front-end* (Markham 2002a; Markham et al., 2010; Schoonmaker et al., 2013; Midler, 2019), o fase de demostración (Nemet et al., 2018; Borys, 2020). Aunque en la literatura, algunos autores llegan a cuestionar el VM como parte de un proceso secuencial (Beard et al., 2009; Nemet et al., 2018), en la práctica se mantienen múltiples representaciones del mismo bajo el formato de secuencia.

Aunque los modelos de innovación contemporáneos prefieren representar el proceso de la idea al mercado bajo esquemas concurrentes e iterativos, en la práctica se puede reconocer que, de iniciarse bajo una lógica secuencial, comenzando con una fase de I+D, para luego explorar posibilidades de innovación con las tecnologías resultantes, como resultado se materializa un proceso secuencial, donde el VM constituye una etapa intermedia. Las universidades son un ejemplo de esta aproximación, probablemente asociado a que estas entidades cuentan con capacidades más desarrolladas para I+D, y modelos organizacionales que estimulan la generación de nuevo conocimiento con actividades investigativas, de las que se desprenden desarrollos experimentales. La Figura 2 presenta el VM en un proceso secuencial con retroalimentación entre etapas, representadas mediante flechas bidireccionales, que sugieren la posibilidad de iterar.

Figura 2. El VM en un proceso secuencial de I+D+i. Adaptado de Auerswald & Branscomb (2003).



Para completar la identificación de ámbito donde ocurre el VM, trabajos previos sugieren que este fenómeno se da con mayor criticidad en innovaciones radicales:

- Auerswald & Branscomb (2003) manifiestan que el VM sucede en situaciones de cambio tecnológico radical, en el cual es crítica la capacidad de convertir invenciones basadas en ciencia, en innovaciones comercialmente viables. Para los financiadores es preferible asumir un riesgo moderado, por lo cual cuando afrontan

innovaciones radicales, prefieren esperar a invertir después de que se haya superado el VM, es decir, en proyectos que hayan avanzado hasta DNP o incluso hasta operación y comercialización. Al postergar la decisión de invertir, se genera una brecha de acceso a la financiación en la fase de demostración.

- Raven & Geels (2010) presentan al VM como una brecha en la que incurren las innovaciones radicales, resultante de factores específicos de este tipo de innovaciones. Indican además que la resolución de dichos factores requiere un tiempo significativo, que eventualmente puede ser décadas.

Explicaciones complementarias dan énfasis a situaciones específicas de la innovación radical: Griffin et al. (2014) argumentan que en la transición entre I+D y los procesos formales de desarrollo, estos últimos resultan inadecuados frente a la incertidumbre de las innovaciones radicales. En cambio, en las innovaciones incrementales los procesos formales de DNP se adaptan con facilidad para tramitar dichas iniciativas. Bessant et al. (2014) indican que las organizaciones cuentan con modos de pensar, procedimientos operacionales y de toma de decisiones que funcionan bien cuando se aplican a innovaciones incrementales, que implican poco riesgo y no desafían el *statu quo*. En cambio, una innovación radical involucra altos niveles de incertidumbre. Esto obliga a moverse en etapas exploratorias, a asumir mayores riesgos y a ejecutar actividades no soportadas con las bases de conocimiento preexistentes. Así, al actuar diferente a lo conocido, se aplican patrones de decisión semejantes a hacer apuestas. Siguiendo estos argumentos, es plausible considerar que las innovaciones radicales tendrán un trámite más complejo que las incrementales, al pasar de la fase de demostración a la de DNP.

1.3 Otros valles de la muerte

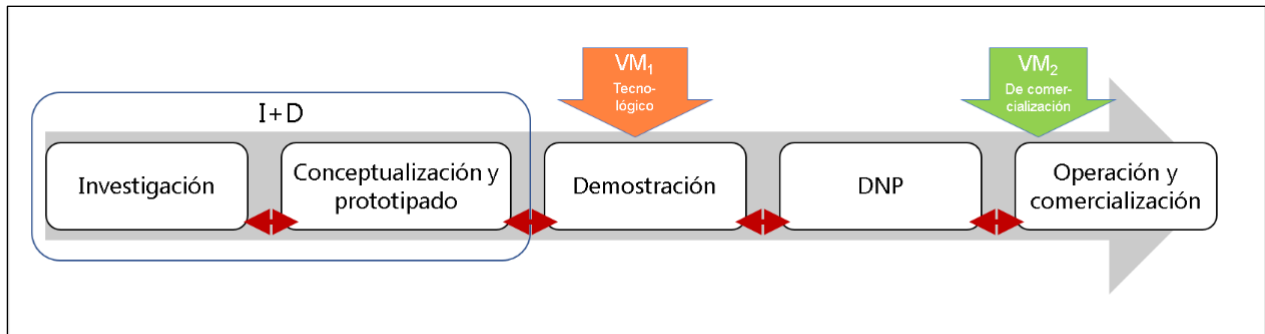
El objeto de este estudio es el fenómeno de restricciones que suelen afrontar proyectos de I+D+i que se encuentran en la transición entre I+D y el inicio de actividades de DNP, denominado VM, de acuerdo con Auerswald & Branscomb (2003), Beard et al. (2009), Markham et al. (2010) y Raven & Geels (2010), entre otros. Sin embargo, la literatura aporta otros antecedentes donde el término VM describe brechas en otros ámbitos. Esto puede ser una señal de que dicha denominación ha alcanzado cierta difusión, extendiéndose a diferentes campos de aplicación.

Es necesario reconocer los otros usos, para evitar confusiones: Bandera et al. (2016) advierten que el término VM representa líneas de demarcación en muchas disciplinas. Además de la transición entre I+D y la generación de beneficios por ventas, también reportan el uso del VM para representar la transición empresarial entre innovación y eficiencia. También indican que en estrategias de negocios se entiende el VM como una fase de migración entre el refinamiento de un modelo de negocio y su verificación a través de su implementación. Se suma un uso del término en gestión de conocimiento, para expresar una brecha en la mutación del conocimiento tácito a explícito.

El término es utilizado ampliamente en los campos médico y farmacéutico, específicamente en investigación traslacional: el VM ilustra el paso requerido para transferir nuevos conocimientos en salud y convertirlos en procedimientos médicos, medicamentos, entre otros. Involucra fases de ensayos clínicos, entre otras cosas. Trabajos que interpretan el VM en la investigación traslacional en salud, incluyen a Cokkinos (2014), Park et al. (2014), Boltze et al. (2016), Dessain & Fishman (2017), Etzkowitz et al. (2018), Yerxa (2018) y Calza et al. (2021). Aunque la investigación traslacional tiene elementos comunes con los que busca este trabajo, no son tenidos en cuenta, porque se centra en un ámbito reducido, abordando problemas particulares de los sectores médico y farmacéutico.

De regreso a la I+D+i, Gou et al. (2013) sugieren la presencia de dos VM, que se ilustran en la Figura 3. el primero (VM1) entre los procesos de I+D y el desarrollo de productos, afin con las descripciones de VM de los apartes anteriores. Tras superar el VM1, se encuentra un VM2, donde se abordan problemas relacionados con la consolidación de las innovaciones en la industria, tales como ajustar la oferta de valor de cara al cliente, acoplar el diseño a las necesidades del mercado y resolver asuntos relacionados con el ambiente externo, asociados a la industrialización de las tecnologías emergentes. El VM2 guarda relación con fenómenos del abismo de Moore (2014) en la literatura sobre difusión de las innovaciones, en el cual se atienden problemas para integrar una innovación en el mercado, y resolver barreras para que el producto alcance un nivel de adopción adecuado.

Figura 3. Dos VM en el proceso secuencial de I+D+i. Adaptado de Auerswald & Branscomb (2003).



Upadyayula et al. (2018) coinciden en los dos VM. Indican que el VM1 es **tecnológico**, y sucede cuando las tecnologías se encuentran en los niveles TRL5 a TRL6, porque en esta fase se dificulta interesar a los inversionistas y conseguir los recursos para avanzar hacia niveles posteriores de alistamiento. A partir de TRL7 se llega al VM2, **de comercialización**, que es atribuido a la falta de capacidades para operar a escala comercial. Wilson et al. (2018), indican que el VM1 atiende brechas de financiación para pasar de los resultados de investigación a la formulación de un plan de negocio, mientras el VM2 implica financiar el crecimiento en el mercado.

Helmstetter (2018) indica que para el éxito de la innovación es necesario superar dos brechas: una brecha de innovación que se asemeja al VM1, seguida de una brecha de adopción en el mercado, que es identificada con el abismo de Moore (2014), y corresponde al VM2. Este último involucra altas las probabilidades de que desaparezca la unidad de negocios innovadora, hasta generar un flujo de ingresos estable (Aragón Amonarriz et al., 2020).

Para aumentar la heterogeneidad de conceptos y definiciones, Lee et al. (2017), presentan un VM que se resuelve tras solucionar los flujos de caja negativos y obtener beneficios de la comercialización. Además de este, introducen una brecha posterior a la que denominan el mar darwiniano, reinterpretando un término previamente acuñado por Auerswald & Branscomb (2003), con un nuevo significado. Para Lee et al. (2017) el mar darwiniano es una brecha posterior al proceso de I+D+i, donde se deben resolver problemas de expansión en el mercado. Girdauskiene et al. (2015), denomina VM a un gran periodo de restricciones, desde la entrada en operación del nuevo negocio hasta aproximadamente el quinto año. Esta última brecha está fuera del alcance de este trabajo.

Ward et al. (2018) proponen que el VM hace parte de una situación de restricciones mayor, que denominan VM ampliado (*long valley of death*). El VM interior corresponde a una brecha entre la investigación y la aplicación, en la que se deben resolver todos los problemas para operar a escala completa, y eliminar los riesgos para la inversión. Por su parte, el VM ampliado requiere que adicionalmente se aborden asuntos como configurar una capacidad de respuesta frente al cliente, articular una cadena de suministro y canales de distribución. Así, el VM ampliado de Ward et al. (2018) contiene al VM1 y VM2, sin limitarse a ellos.

Dada la variedad de usos del término VM acuñados en la literatura, existe el riesgo de confundir o mezclar conceptos. Es prudente indicar cuál VM aborda este trabajo, haciendo explícito que se descartan otras aplicaciones del término: **Este trabajo se enfocará exclusivamente en el VM tecnológico o VM1**, quedando fuera de alcance el VM comercial, el VM ampliado, el mar darwiniano, o el abismo de Moore. Se reitera que este trabajo aborda el VM que se da entre las actividades de I+D y de DNP, ilustrado en la Figura 1, y que se muestra como VM tecnológico en la Figura 2. Esta selección se hizo por varios motivos:

- Este VM se relaciona directamente con la innovación tecnológica y la gestión de I+D, que son campos nucleares de la disciplina de gestión tecnológica. Por ello, es pertinente su estudio en términos disciplinares.
- Existen antecedentes en la literatura que establecen modelos explicativos del VM (Frank et al., 1996; Auerswald & Branscomb, 2003; Beard et al., 2009; Markham et al., 2010), que sirven de referencia para el propósito de este estudio. Dichos modelos se enfocan en la transición entre I+D y DNP, es decir en el VM tecnológico, no en la difusión, posicionamiento y expansión en el mercado, que guardan más relación con el VM comercial.

- Upadhyayula et al. (2018) indican que la mayoría de las innovaciones radicales de origen universitario se quedan luchando por salir del VM tecnológico, y no llegan a la fase de comercialización. Superar el VM tecnológico es condición necesaria para enfrentar posteriormente los problemas comprendidos en el VM comercial. Esto significa que, si se aporta al entendimiento del primer VM, se podrá ayudar al aumento de proyectos que llegan al VM de comercialización, y con ello propiciar su abordaje futuro.
- Una consideración práctica para preferir el estudio del VM tecnológico, consiste en que, a la hora de desarrollar el trabajo de campo, se encuentran pocos proyectos que han superado el VM tecnológico y aún menos que sobrepasan el VM comercial. Al considerar la parte empírica de este trabajo, se prevé mayor disponibilidad de proyectos que cruzan el VM1, mientras que los proyectos que atraviesan el VM2 deben ser más escasos. Así, al focalizar el trabajo sobre el VM1, será menor la dificultad para hacer el trabajo de campo.

Cabe aclarar que los dos VM no están aislados entre sí, pues comparten condiciones de riesgos y criterios de decisión, entre otros elementos. Esto significa que cuando se gestionan proyectos en el VM1, pueden surgir consideraciones que se manifestarán posteriormente, en VM2, como es la respuesta del mercado ante el nuevo producto, o la capacidad para expandir las operaciones.

1.4 El VM como problema financiero

Cabe preguntarse cómo se ha explicado el VM, para comprender las causas del fenómeno. La literatura plantea diversas aproximaciones. La línea predominante (Auerswald & Branscomb, 2003; Heller & Peterson, 2005; Nemet et al., 2018; Wilson et al., 2018) plantea que la causa fundamental del VM es que los recursos para sufragar actividades de I+D se agotan al terminar esta fase, manifestándose un déficit para financiar las etapas posteriores. Esto motiva el bloqueo y eventual muerte de los proyectos. Varios autores entienden el VM como una brecha financiera:

- Auerswald & Branscomb (2003) plantean que el término VM dramatiza lo que en realidad es una **brecha de capital** de la etapa de demostración.
- Wessner (2005) define el VM como una **brecha de capital** para etapa de demostración.
- Heller & Peterson (2005) plantean que el VM es un periodo de **brecha en la financiación** de capital, que debe ser atravesado por los descubrimientos de laboratorio para convertirse en productos comerciales.
- Ford et al. (2007), Beard et al. (2009), D'Amico et al. (2013) y McIntyre (2014) utilizan el término **"funding gap"** como sinónimo de VM.
- Otros autores asocian al VM una brecha o restricción de fondos (Belz et al., 2019; Dean et al., 2022; Ellwood, Williams & Egan, 2022), o se refieren al **"financial valley of death"** (Daldrup, Krahl & Burger, 2020).

Los exámenes al VM como brecha financiera permiten entender en parte las condiciones del bloqueo. En estas aproximaciones, el VM es consecuencia de utilizar recursos propios del innovador, hasta su agotamiento, y la baja disposición de fuentes externas a aportar los faltantes, tras consumir los fondos propios. Frank et al. (1996) entienden que la brecha de financiación es causada porque en las fases de I+D es fácil obtener recursos de fondos destinados a desarrollar y demostrar las tecnologías, pero logrados estos objetivos, la financiación se detiene. Así se genera el cuello de botella, porque se requiere financiación adicional para completar la ampliación de la capacidad, que permita producir en masa, comercializar y asegurar los contratos necesarios para comercializar, pero estos recursos son difíciles de obtener. Los recursos propios del innovador son escasos y el acceso a financiamiento externo disminuye. En esta situación, los proyectos de innovación tecnológica corren el riesgo de quedarse en el VM.

Auerswald & Branscomb (2003) indican que normalmente hay disponibilidad de recursos para actividades de I+D a partir de fuentes propias, agencias del gobierno y, eventualmente, bienes personales. Así mismo, es probable acceder a capital de riesgo para financiar las actividades de DNP y posteriores. En cambio, son escasos los recursos en la fase de demostración, formando un cuello de botella. En este punto, proyectos que ya no reciben financiación de fondos

para I+D, aún no son atractivos para las fuentes de capital de riesgo. Dadas estas condiciones, y bajo la **perspectiva de los innovadores**, experimentan una escasez de recursos al entrar al VM.

Pero, bajo la **perspectiva de los financiadores** no necesariamente se valida la conjetura del agotamiento de recursos, pues algunos fondos se quedan frecuentemente sin invertir. Esto se da porque los proyectos en fase de demostración tienen incertidumbres técnicas y de mercado significativas. Por ello los financiadores evitan financiar un proyecto que puede ser especulativo, esperando hasta que madure el caso de negocio y la oportunidad de inversión sea más clara (Auerswald & Branscomb, 2003). Según esta perspectiva, aunque haya recursos disponibles, las decisiones de inversión tienden a postergarse.

Beard et al. (2009) señalan una distancia entre el inversionista y el proyecto, que se vuelve causa de una prima de riesgo, y ésta motiva una reducción de inversiones en la etapa intermedia. Los autores reconocen asimetrías de información entre los innovadores y los financiadores. Usualmente, los financiadores tienen un conocimiento bajo del proyecto, respecto a los innovadores que lo presentan. Por ello, los financiadores perciben un riesgo alto, que se deriva en un alto costo de capital. En cambio, los innovadores conocen mejor el proyecto y por esto tienen una menor percepción de incertidumbre, lo que los lleva a estimar un costo de capital menor que los financiadores. Por estos motivos, la prima de riesgo (*risk premium*) requerida, es calculada de forma diferente por innovadores y financiadores, dificultando los acuerdos entre ambas partes. Esta divergencia inhibe las inversiones de recursos externos en etapa de demostración.

Hall (2002) y Hall & Lerner (2010) confirman una brecha entre el rendimiento requerido por los inversionistas externos y las tasas asumidas por los innovadores que invierten sus propios fondos. La expectativa de retornos más elevada por parte del inversionista externo es explicada por: la suma de asimetrías de información entre inversionista e innovador; riesgo moral al entregarle al innovador el gobierno de recursos del inversionista; así como posibles diferencias tributarias, que eleven el gravamen de recursos obtenidos de fuentes externas, con respecto a los recursos propios. Estos motivos elevan el costo de capital de terceros. Hall (2009) reporta que suele ser extensa la brecha entre las tasas de retorno requeridas por el innovador y las que esperan los inversionistas externos.

A la asimetría de información y el riesgo moral, Hervé, & Schwienbacher (2018) agregan las dificultades que suelen tener los proyectos de innovación para ofrecer colaterales, a manera de garantía para los financiadores, lo que se suma a las condiciones que desincentivan la financiación de innovaciones.

Por su parte, los innovadores no sólo tienen la dificultad de los mayores costos de capital, sino que además tienden a ser reacios a la deuda u otras formas de financiación externa. Por estas razones, usualmente se financian con recursos propios (Hall et al., 2015) hasta su agotamiento, tras lo cual consideran fuentes externas. Usando evidencia empírica, Hottenrott & Peters (2012) confirman que es usual recurrir a recursos internos para financiar innovaciones en lugar de deuda y fuentes externas. Dado que las fuentes internas de financiación son limitadas, mientras la adquisición de recursos externos es costosa e incluso indeseada, todo esto resulta en una brecha de financiación.

Mientras tanto, los financiadores suelen ubicarse más allá de la etapa de demostración, esperando que los proyectos alcancen mayor madurez y el riesgo percibido sea menor. Pero esta estrategia no resuelve el déficit de financiación en la etapa de demostración y en consecuencia agrava el VM (Beard et al., 2009).

1.5 Pertinencia de abordajes no financieros para el VM

Una primera aproximación permitió identificar antecedentes en los que el VM es entendido como un problema financiero, y en consecuencia se exploran soluciones de la misma índole. Los referentes del aparte anterior ilustran el proceso de evaluación financiera de los proyectos y decisión a la hora de asignar los recursos para salir del VM, así como las condiciones que inhiben dicha decisión. Sin embargo, estas explicaciones se limitan a la perspectiva del financiador, diciendo muy poco respecto a lo que sucede en los proyectos, y a las características que los pueden hacer más o menos aceptables en la evaluación financiera. Por este motivo, queda incompleto el entendimiento de

por qué se da el VM, porque sólo se revisa una de las caras de la moneda. Al no entenderse qué proyectos están en mejores condiciones para una evaluación financiera positiva, es difícil tomar decisiones para gestionarlos.

Adicionalmente, si el problema fuera exclusivamente financiero, la solución parecería confinarse a dicho ámbito, y significaría que la forma de solucionar el VM pasa por incrementar el valor de los fondos, así como explorar instrumentos para cubrir la brecha de financiación del VM, como: subvenciones y mecanismos de financiación pública (Olmos et al., 2012), fondos de capital semilla (Munari et al., 2015), *crowdfunding* (Daldrup et al., 2020), inversionistas ángeles y fondos de capital de riesgo (Auerswald & Branscomb, 2003). En el marco de la I+D+i de origen universitario, esta mirada suscita cuestionamientos y esfuerzos de exploración de diversos instrumentos de financiación, que ayuden a resolver el problema. Pero estas soluciones pueden ser costosas, porque se basan en incrementar recursos económicos. Si no se consideran también los aspectos no financieros que hacen parte de la situación de los proyectos evaluados para inversión, se puede incurrir en la pérdida de los capitales inyectados. Por ello, resulta pertinente estudiar también el VM bajo una perspectiva no financiera, que complemente la mirada de la brecha de financiación y así establezca un entendimiento más holístico.

Algunos autores de la corriente del VM como problema financiero, consideran factores complementarios, como parte del contexto de restricciones del VM: Frank et al. (1996) interpretan que en el VM coexisten barreras financieras, institucionales, organizacionales, de mercado, tecnológicas y de articulación. Sin embargo, sólo profundizan en las primeras, y consideran instrumentos de financiación para salir del VM. Auerswald & Branscomb (2003) entienden el VM como un mar Darwiniano, de naturaleza caótica, en el que además de las limitaciones de financiación, surgen retos técnicos, de mercado, de acceso e integración de recursos e infraestructura, y factores humanos. Pese a reconocer estos asuntos adicionales, se concentran en el análisis de alternativas financieras. Así, aunque se reconocen retos y restricciones en múltiples perspectivas, el limitar las propuestas a la esfera financiera impide plantear estrategias en otras dimensiones, que lleven a soluciones sistémicas y posiblemente más efectivas.

Frente a la necesidad de entender cómo participan dimensiones no financieras, resulta útil una revisión de literatura que recoja los trabajos que han abordado el VM, y reconozca los que aportan a la perspectiva financiera, y a otras alternativas, para mejorar la comprensión holística del VM. Se presentará dicha revisión en el numeral 0.

2. Estado del arte

Este capítulo comprende cuatro secciones. Inicia con un conjunto de términos relevantes en el desarrollo de la investigación, en los que se proponen definiciones en el marco de este trabajo. A continuación se presenta una síntesis de la literatura científica relevante en el campo de estudio, que sirve como referencia para el desarrollo de la investigación que se presenta.

También hace parte del estado del arte una contextualización, donde se reporta la situación de Medellín y Colombia en materia de I+D+i. Esta revisión se orienta a encontrar indicios de la manifestación del VM en Medellín y su área metropolitana, y en especial en las universidades localizadas en esta región. Este análisis es de interés para orientar y validar este estudio, que estará enfocado en estudiar el fenómeno del VM en las universidades de esta localidad.

Las definiciones establecidas, junto con los hallazgos de la revisión de literatura y de la contextualización del problema, sirven de base para identificar, organizar y exponer un marco conceptual, servirá como base para el desarrollo del proceso investigativo, hasta la generación, interpretación y discusión de resultados.

2.1 Definiciones

Para facilitar la lectura de este texto, es pertinente exponer cómo son entendidos algunos términos en este trabajo. Uno de los conceptos principales es el de **proyecto de I+D+i**, debido a que constituye la unidad de análisis que se adoptará en la investigación. También es fundamental establecer una definición de **VM** para este trabajo, pues, aunque en el capítulo anterior se presentan definiciones disponibles en la literatura previa, es necesario especificarlo en el marco de este trabajo.

Los conceptos anteriores son complementados por otros, que ayudan a reconocer el comportamiento dinámico de los proyectos, y determinar si están dentro del VM o lo han superado. Esto es posible a partir de las definiciones de dos etapas en el ciclo de vida de los proyectos de I+D+i, que en este trabajo son denominadas fase de **demonstración** y de **DNP**. De otra parte, y reconociendo que estas fases se dan el marco de un proceso de innovación de producto, resulta conveniente plantear una definición del término **producto**.

Otros términos merecen ser presentados porque tienden a ser parte del lenguaje en la literatura especializada en el problema del VM, tales como **brecha de financiación** y **calidad para la inversión**.

Finalmente, se manifiesta interés en estudiar el VM bajo una perspectiva de sistemas. Por este motivo, es sustancial manifestar cómo entiende el término **sistémico**.

A continuación, se proponen definiciones para estos términos, en el marco de este trabajo.

2.1.1 Proyecto de I+D+i

Guevara et al. (2017, pág. 113) plantea que un proyecto es "un emprendimiento temporal que se lleva a cabo para crear un producto o servicio", retomando algunos conceptos del PMI y la guía PMBOK. Por su parte, la Real Academia Española (RAE, 2021a) define el término emprender como: "acometer y comenzar una obra, un negocio, un empeño, especialmente si encierran dificultad o peligro." Así, un proyecto de I+D+i puede entenderse como un emprendimiento, de carácter temporal, encaminado a desarrollar un ciclo de I+D+i completo. Esto significa que tiene la intención de materializar una innovación. Este proyecto se caracteriza por un objetivo asociado a materializar una innovación, y se compone de actividades y tareas que se ejecutan gradualmente (Guevara et al., 2017).

Este trabajo se enfoca en proyectos de I+D+i de origen universitario, cuyo resultado esperado es una innovación de producto. Al usar el término **proyecto** en este documento, se hace referencia a iniciativas de este tipo.

En el marco conceptual, desarrollo de casos y modelo de simulación, se abordarán los proyectos como sistemas de recursos y capacidades, que se desarrollan e integran hasta que se pueda soportar la puesta en operación de una nueva unidad de negocio, encargada de materializar y comercializar el nuevo producto innovador. Bajo esta consideración, el grupo humano involucrado en el proyecto hace parte de dicho sistema.

2.1.2 Fase de demostración

En organizaciones como las universidades, es usual que el proceso de I+D+i se ejecute secuencialmente, usualmente iniciando por I+D. Cuando esto sucede, los problemas del VM son reconocibles en una fase intermedia: en la transición entre la I+D, donde las preocupaciones y objetivos suelen asociarse a la generación de conocimiento y productos que lo contengan, y una fase posterior, donde el énfasis pasa a ser la conformación y puesta en funcionamiento de una unidad de negocios. La etapa intermedia, que lidia con dicho cambio de perspectiva, fue denominada etapa de desarrollo tecnológico temprano (*early stage technology development*) por Auerswald & Branscomb (2003), término que es resumido por autores posteriores como etapa de desarrollo temprano, o etapa temprana, a secas.

Autores en la perspectiva del DNP (Markham et al., 2010, Schoonmaker et al., 2013) reconocen esta etapa como una interfaz o *front end*, caracterizada por su falta de estructura y comportamientos caóticos, por lo cual adoptan el término *fuzzy front end* para referirse a esta etapa intermedia.

Nemet et al. (2018) prefieren referirse a proyectos en fase de demostración. Describen que estos se encuentran en una fase incómoda, a mitad de camino en el proceso de innovación, pues ya han concluido las actividades de investigación, pero aún no han establecido productos comercializables. En la fase de demostración es necesario avanzar en la definición de una organización, diseño y capacidad de gestión que permitan considerar un riesgo menor para las partes involucradas en la innovación. Así, superar esta fase involucra demostrar confiabilidad, rendimiento, así como probar y desarrollar interacciones con terceros. La fase de demostración involucra pruebas, que amplían la comprensión de las posibilidades de la innovación en ciernes.

En este trabajo se acoge la denominación "fase de demostración", pese a que las otras tienen mayor tradición. Los términos de etapa temprana o interfaz difusa no son muy dicentes de lo que se espera lograr en esta etapa, mientras que el concepto "demostración" evoca mejor los retos y acciones que se asumen en esta etapa.

2.1.3 DNP

Markham & Mugge (2015) enuncian un conjunto de actividades que se ejecutan tras la fase de demostración, una vez superado el VM. Estas incluyen el diseño y desarrollo formal de los productos en su versión definitiva para entrar al mercado, diseño industrial, ingeniería de procesos de manufactura, definición de mezcla de mercadotecnia (precio, posicionamiento, promoción). Estas actividades, previas a la puesta en operación y comercialización del producto innovador, hacen parte de procesos denominados desarrollo de nuevos productos, que en este trabajo se abrevia bajo la sigla DNP.

Conciliando las descripciones de las actividades de DNP (Markham et al., 2010; Markham & Mugge, 2015), con las actividades de innovación del Manual de Oslo (OECD, 2007), se identifican varias acciones a desarrollar en el proceso de innovación, y que no corresponden a I+D. Dichas actividades, que comprenden ingeniería industrial, diseño industrial final, puesta a punto de herramientas, maquinaria e infraestructura tecnológica operativa, producción inicial a baja escala, pruebas comerciales, caben en el marco de acción de DNP, en el cual se ejecutan acciones donde se finaliza el desarrollo, se estandariza el producto y la forma de obtenerlo, y se adecúan procesos y plataformas de operación, alistando a la unidad productiva para iniciar la operación y comercialización.

2.1.4 Producto

A veces es ambiguo el uso del término producto, pues en ocasiones se diferencian los productos de los servicios, lo que obliga a hablar de productos y servicios para referirse a la suma de ambos. En otros casos, se usa solo el término producto, asumiendo los servicios como productos intangibles, que no se materializan en un objeto físico, sino en un conjunto de actividades que generan valor para el receptor. En este trabajo se adopta dicha perspectiva, de modo que al hablar de productos se podrán considerar bienes y servicios.

En el contexto universitario y de sus proyectos de I+D+i, es normal que los proyectos desarrollen productos de conocimiento, durante la I+D. En esta investigación, sin embargo, el término productos hace referencia a bienes o servicios que interesan llevar al mercado, y explotar en la fase de operación y comercialización, de la Figura 2.

2.1.5 Brecha de financiación

Siguiendo a Cressy (2002), una brecha de financiación es definida en términos positivos, como una situación en la que la cantidad de capital prestado es inferior a la que debería emerger en mercados competitivos. En cambio, en términos normativos, la describe como una falla en el mercado y en las políticas apropiadas para responder a ella, para promover un incremento en el volumen de créditos.

Es usual explicar el VM como una brecha de financiación que experimentan los proyectos de I+D+i en la fase de demostración, en lo que se encuentra consenso de diversos autores del tema (Heller & Peterson, 2005; Ford et al., 2007; D'Amico et al., 2013; McIntyre, 2014; Auerswald & Branscomb, 2003; Wessner, 2005; Belz et al., 2019; Daldrup et al., 2020; Dean et al., 2022; Ellwood, Williams & Egan, 2022).

En este trabajo se tomará una perspectiva concurrente, que reconoce que la brecha de financiación coexiste con otros factores, de naturaleza no financiera, formando un problema más complejo. La brecha de financiación se entenderá como una situación en el ámbito micro, de los proyectos de I+D+i. Se manifiesta como restricción o barrera para que éstos accedan al capital necesario, para avanzar en el desarrollo del proyecto, hasta completar los requerimientos de la fase de demostración y pasar a las etapas finales, de DNP y alistamiento para operación.

Aunque esta investigación explora la posibilidad de que el VM sea un fenómeno mayor que la brecha de financiación, sí puede entenderse que dicha brecha no solo es parte del VM, sino que puede considerarse una impronta del mismo. Esto se debe a que es fácilmente reconocible cuando un proyecto entra en condiciones de restricción de recursos. Del mismo modo, se pueden identificar los eventos en los cuáles un proyecto resuelve esta brecha, y avanzar hacia DNP, lo que puede utilizarse como indicio de la superación del VM.

2.1.6 VM

En la literatura sobre el tema, se reitera en definir el VM como una brecha de financiación sufrida por proyectos de I+D+i en la fase de demostración. En este trabajo se busca una perspectiva más amplia, donde se describa el fenómeno del VM como resultado de un proceso sistémico, donde las restricciones de financiación interactúan con otros factores no financieros, del ámbito de los proyectos y de las universidades donde éstos se desarrollan.

Bajo esta perspectiva, el VM será entendido como una situación de restricciones múltiples, que interactúan entre ellas, generando situaciones que bloquean el avance de los proyectos en la fase de demostración. Esta aproximación al VM, abre la posibilidad de que se formen estructuras de cuellos de botella, en tanto las restricciones interactúen realimentándose entre sí. La brecha de financiación constituye una de dichas restricciones, pero no es la única.

2.1.7 Calidad para la inversión

Las condiciones de calidad para la inversión se refieren a expectativas que debe cumplir un proyecto de innovación, como prerrequisito para que sea reconocido por un financiador como una oportunidad de inversión atractiva. Munari et al. (2016) establecen que las deficiencias de calidad en los proyectos, limitan sus posibilidades para acceder a fuentes de capital externas.

2.1.8 Sistémico

De acuerdo con la RAE (2021b), el término sistémico es definido como "pertenciente o relativo a la totalidad de un sistema", así como "pertenciente o relativo a un organismo en su conjunto". También advierte que es aplicable en oposición al término "local".

De acuerdo con lo encontrado en la RAE, es pertinente definir qué es sistema, para precisar qué se entiende por sistémico, en este trabajo. Ackoff (1999) define un sistema como un conjunto de múltiples elementos, en el cual el comportamiento de cada elemento tiene efecto en la conducta del conjunto. Los elementos son interdependientes, por lo cual el sistema no puede ser dividido, porque si se separa un subsistema del conjunto se pierden sus propiedades, y el subsistema no podrá operar como lo hacía antes de ser removido. Así mismo, al separar un sistema, éste pierde sus propiedades esenciales, porque se desactivan las interacciones. En consecuencia, un sistema es un conjunto total o global, que no puede ser comprendido mediante análisis aislado de sus partes.

De las propiedades anteriores se deriva que una de las características principales de un sistema consiste en que el comportamiento global es resultado de las interacciones de las partes, mientras que las acciones no se desarrollan de forma separada.

En este trabajo, se asume una perspectiva sistémica para el fenómeno objeto de estudio: Se busca entender un conjunto de factores que interactúan entre sí, en el marco de un conjunto de proyectos. El resultado atiende a un propósito superior, que es la superación del VM por parte de la mayor cantidad de proyectos que sea posible. Un mayor entendimiento del sistema aportará a mejorar la cantidad de proyectos que pasan el VM, aunque esto no signifique que haya una expectativa de que todos los proyectos del conjunto alcancen las condiciones de salida del VM.

Se reconocerá y se explicará un conjunto de factores que, a través de su interacción, pueden llevar a un estado favorable o desfavorable del sistema. Un estado favorable habilita un proyecto para pasar el VM, mientras el estado contrario del sistema condiciona al proyecto a permanecer atrapado en el VM. En síntesis, al estudiar el VM bajo una perspectiva sistémica, se espera explicar este fenómeno como resultado de un conjunto de interacciones entre múltiples factores. También implica que no se tratará de explicar los factores actuando de forma aislada, ni se considerará que el comportamiento total sea la suma de efectos de cada factor. Esta condición implica que la interacción puede materializar comportamientos no lineales.

2.2 Revisión de literatura sobre el VM

Para reconocer el estado del arte en la literatura respecto al VM, se hizo una revisión a partir de bases de datos científicas. Al diseñar la revisión se tuvo en cuenta que, en una aproximación preliminar, predominaron los trabajos que sustentan la brecha de capital y consideran instrumentos de financiación para cubrirla. El rastreo, clasificación y revisión de fuentes documentales se desarrolló a partir de abril de 2018, y posteriormente se hicieron actualizaciones, para identificar y aprovechar nuevos trabajos en la literatura. La última actualización de esta revisión se hizo en noviembre de 2020. A continuación se describen las consideraciones para ejecutar esta revisión.

2.2.1 Plan para la revisión de literatura

Para guiar la revisión de literatura se definieron preguntas guía, así como algunas condiciones para la búsqueda, selección, eliminación y clasificación de las fuentes en la literatura.

Guía de preguntas para la revisión:

- ¿Predomina la perspectiva financiera en la literatura sobre el VM?
- ¿Qué otras perspectivas se utilizan para estudiar el VM?
- ¿En qué escalas (micro o agregada) se estudia el VM?
- ¿Qué trabajos aportan explicaciones del VM basadas en relaciones causales, o en modelos de sistemas?
- ¿Existe una línea teórica dominante, bajo la cual se explica el VM?

Ecuación de búsqueda y bases de datos

Para definir la ecuación de búsqueda, el tema de interés fue "*Valley of death*"; entre comillas para que la búsqueda correspondiera a un término exacto. Tras advertir el uso de "*funding gap*"; este se incluyó como término alternativo. Dado que los términos anteriores pueden ser aplicados en temáticas diferentes a I+D+i, se definió un segundo bloque de términos, como filtro: *R&D, technology e innovation*. De acuerdo con esto, la ecuación de búsqueda fue:

("valley of death" OR "funding gap") AND (technolog* OR innovation OR R&D).

Se aplicó el carácter comodín (*), para considerar variaciones a technology, por ejemplo, technological.

La búsqueda se hizo en dos bases de datos de literatura científica internacional: **Scopus** y **Web of Science**, obteniendo dos listados de documentos, que posteriormente se consolidaron.

Filtrado de documentos

El primer filtro se aplicó directamente en las plataformas de Scopus y Web of Science, así:

- Web of Science permite filtrar los documentos por áreas de investigación. Se limitó la búsqueda a: *Business & economics* (clasificado en Web of Science dentro la categoría de ciencias sociales) y *Science & technology other topics, Engineering* (que hacen parte de la categoría de tecnología). Se descartaron los documentos tipo *proceeding papers*, para centrar los resultados en artículos en revistas indexadas.
- En Scopus, el filtrado correspondiente es por áreas. Se incluyeron documentos de: Engineering; Business, management and accounting; Economics, econometrics and finance, y Social Sciences. Se descartaron documentos tipo short survey, conference review, editorial, note, review, business article.

A continuación se aplicó una segunda etapa de depuración, a partir de una revisión rápida de los documentos que superaron el primer filtro: los documentos fueron revisados a través de sus títulos, resúmenes y palabras claves, así como una revisión rápida del contenido de los artículos, para verificar si el objeto de análisis en los documentos corresponde al VM o la brecha de financiación asociada a la interfaz entre I+D y las fases finales de innovación. Al aplicar este criterio, se descartaron trabajos que, aunque utilizan los términos buscados, abordan otro tipo de problemas, usualmente de diversas áreas de ingeniería o tecnologías específicas. También se descartaron trabajos relacionados con investigación traslacional en medicina.

Clasificación de literatura seleccionada

Los documentos que pasaron las dos etapas de filtrado, fueron clasificadas en función de varias de las preguntas que dieron inicio a la revisión:

- Para cada trabajo seleccionado, se identificó si aborda el VM bajo una perspectiva financiera o no financiera. Al desarrollar esta clasificación, se encontraron algunos documentos que consideran tanto elementos de la

perspectiva financiera, como otros de tipo no financiero. Estos trabajos fueron clasificados en una nueva clasificación (emergente), denominada "aproximación concurrente".

- Los trabajos en la aproximación no financiera, junto con los concurrentes, fueron revisados para identificar elementos conceptuales comunes entre ellos. Con ello se trató de precisar qué perspectivas, alternativas a la financiera, han sido utilizadas en la literatura para estudiar el VM. Esto llevó a agrupar trabajos en algunas perspectivas, que emergieron como marcos de trabajo promisorios: institucional, de sistemas de innovación, de recursos y capacidades, de DNP, entre otras.
- Cada trabajo se clasificó de acuerdo con la escala de análisis que aplica. Esta escala fue clasificada como
 - "Micro", cuando el documento se centra en organizaciones o incluso en proyectos.
 - "Macro", cuando las unidades de análisis son países o regiones multinacionales, como la Unión Europea.
 - "Meso", cuando la unidad de análisis tiene un nivel intermedio de agregación, mayor que el de organizaciones y proyectos, pero menor que el de países. Ejemplos de escala meso, encontradas en la literatura revisado, son industrias, o sistemas regionales o sectoriales de innovación. En esta categoría se incluyó un trabajo cuya unidad de análisis se basa en conceptos de trayectorias y paradigmas tecno-económicos.
- Se identificaron trabajos que plantearan perspectivas o modelos de sistemas . Adicionalmente, se identificaron trabajos que aunque no abordaran elementos de sistemas de forma manifiesta, sí incluyeran conceptos como "sistémico", "complejo", "caótico", "emergente", en su discurso sobre el VM.

A continuación, se sintetizan los resultados de dicha búsqueda de literatura.

2.2.2 Literatura bajo perspectiva financiera

Se encuentran algunos trabajos que fueron presentados en el capítulo 0, y entienden el VM como una brecha de financiación que debe ser cubierta para que las innovaciones vayan hacia instancias finales: Frank et al. (1996) describen y comparan posibles mecanismos potenciales de financiación tanto públicos como privados. Auerswald & Branscomb (2003) analizan mecanismos como los fondos de capital de riesgo y los inversionistas ángeles.

Cressy (2002) revisa los problemas teóricos detrás de las aproximaciones dadas a la brecha de financiación y la forma como el mercado de capitales responde a la misma. Hall (2002) y Hall & Lerner (2010) explican el problema de asimetrías de información, incrementos en las primas de riesgo y consecuentes aumentos en los costos de capital, que explican la brecha de financiación en el VM y motivan una preferencia de los innovadores a financiarse con recursos propios. Aunque Beard et al. (2009) revisan este planteamiento, proponiendo que la brecha de financiación es resultado de que los proyectos pasen por fases distintas, con criterios de selección y asignación de recursos son diferentes. Por su parte, Lin et al. (2015) confirman con datos empíricos que las inversiones sobre proyectos de I+D tienen tasas de riesgo más altas, así como mayor variabilidad en las ganancias que inversiones tradicionales. También identifican que cuando los proyectos de innovación cumplen con reglas contables, tienen más posibilidades de solucionar la brecha de financiación, por reducción de las asimetrías de información.

Al asumir que el problema es fundamentalmente una brecha de financiación, se deriva que esta se puede exacerbar con los ciclos económicos. Block & Sandner (2009) y Block et al. (2010) consideran los efectos de las crisis financieras sobre la brecha de financiación, reconociendo dos comportamientos que inducen a un incremento en las restricciones de financiación: como efecto directo, la disminución en flujos de capital hace que los financiadores tengan menos recursos para invertir. Adicionalmente, se estima que en fases de recesión los negocios innovadores tienen dificultades para generar ingresos en el mercado. En consecuencia, al evaluar estos proyectos se estima un mayor de riesgo, que incide en mayores costos de capital, restringiendo aún más el acceso a la financiación. Siguiendo esta misma línea de análisis, Baldock et al. (2015) encuentran que, durante crisis financieras, emprendimientos de base tecnológica tuvieron dificultades para acceder a financiación, tanto a través de deuda como de patrimonio, lo cual fue más intenso para desarrollos en etapa de demostración y para emprendimientos intensivos en I+D.

Olmos et al. (2012) interpretan que la brecha de financiación depende de dos factores sometidos a incertidumbre en los proyectos de innovación: los costos y la rentabilidad esperada. La rentabilidad depende de la probabilidad de alcanzar el mercado oportunamente y obtener beneficios, en lo cual hay incertidumbre de mercado. Mientras tanto, los costos para completar el proyecto de innovación dependen de la madurez de la tecnología y su intensidad en costos, la dependencia de infraestructura o de otras tecnologías para operar, el tipo de conocimiento requerido para operar los procesos de innovación, lo cual es más complejo cuando se trata de innovaciones radicales. Finalmente, las condiciones regulatorias también constituyen un factor que puede incidir en la conclusión del proyecto.

Si esta aproximación interpreta que el VM es consecuencia de restricciones de financiación y acceso a fuentes de la misma, los autores en esta corriente exploran instrumentos de financiación concebidos para cubrir las necesidades de recursos monetarios de los proyectos de I+D+i en etapa de demostración. Es usual que, al explorar estos instrumentos, se aborde una perspectiva institucional relacionada con la concepción y regulación de los instrumentos de financiación. Algunos planteamientos en esta vía son:

- Colombo & Grilli (2006) revisan dificultades para que *start-ups* tecnológicas obtengan financiación externa.
- McIntyre (2014) describe que, en el ciclo desde la ideación hasta la producción a gran escala, los costos aumentan rápidamente de una etapa a otra, mientras los riesgos disminuyen de forma gradual. Cuando se han concluido pruebas de prototipos en laboratorio y se debe avanzar a fases posteriores, todavía es significativo el riesgo de inversión para las etapas subsiguientes, mientras los costos han aumentado considerablemente. Esto causa las dificultades de acceso a la financiación. Por este motivo proponen el rol de agencias de financiación que seleccionen los proyectos a financiar, buscando centrarse en innovaciones que sean estratégicas para los negocios o que desarrollen nuevas capacidades a escala de la economía nacional.
- Olmos et al. (2012) consideran instrumentos para estimular financieramente las innovaciones y contribuir a mitigar la brecha de financiación, con un costo público moderado: subvenciones públicas, contratos públicos, créditos tributarios, préstamos públicos, inversión de capital, bonificaciones, premios y exenciones fiscales.
- Munari et al. (2015) exploran hasta qué punto los fondos de capital semilla ayudan a que una oportunidad de innovación pueda entrar en fase de oferta pública inicial, como ruta de resolución de la brecha de financiación. Vonmont (2014) hace una aproximación similar, considerando el mérito de aplicar fondos privados en calidad de pre-semilla, para actividades tempranas en el VM.
- Gubitta et al. (2016) analizan la mezcla de decisiones de inversión y uso de instrumentos de financiamiento como factores relacionados con la superación de la brecha de financiación, en el contexto de *spin-off* universitarias. En este marco, revisan si las subvenciones funcionan como señales para que los inversionistas identifiquen oportunidades de innovación elegibles para invertir.
- Daldrup et al. (2020) analizan la financiación mediante el esquema de *crowdfunding*, como complemento a otros instrumentos de financiación. Herve & Schwenbacher (2018) también revisan la figura de *crowdfunding*, validando que esta tiene el potencial de cubrir en parte la brecha de financiación de los proyectos en etapa de demostración. Además, advierten que estos instrumentos complementan a otras fuentes de financiación, pero no son sustitutos.
- Morales-Alonso et al. (2019) discuten el rol de inversionistas ángeles para solucionar la brecha de recursos en el VM, y caracterizan inversionistas ángeles informales, reconociendo el surgimiento de individuos que empiezan a cumplir dicho rol, a escala global.
- Van den Burg et al. (2017) analizan el comportamiento del inversionista de cara al VM. Asumen factores racionales del comportamiento del inversionista para identificar sus motivaciones. Con esta perspectiva reconocen consideraciones como las expectativas del retorno a la inversión y la aversión al riesgo como elementos relevantes en las decisiones de los inversionistas.
- Partiendo de los incentivos financieros con recursos públicos para superar el VM, Borys (2020) sugiere que estos se apliquen con prioridad en proyectos de demostración de tecnologías, para propiciar la resolución de incertidumbres respecto a viabilidad de llegar al despliegue comercial. Connell (2009) revisa los efectos de la contratación pública a innovaciones, como uno de estos mecanismos de fomento, para pasar el VM.

2.2.3 Aproximaciones al VM, alternativas a la financiera

La aproximación al VM como una restricción financiera resulta problemática: Aunque Beard et al. (2009) parten de la perspectiva de la brecha de financiación, argumentan que las explicaciones típicas de subinversión en I+D no logran reconocer la causa del VM. En su lugar, dan luces para indagar problemas de naturaleza sistémica, como la no-linealidad en los procesos de innovación, asimetrías de información y comportamientos no-económicos de agentes, como factores que inciden en la no financiación.

Esta aproximación motiva la búsqueda de perspectivas alternativas del VM, que se apartan del ámbito financiero, o que consideran la financiación como parte de un entramado complejo, con múltiples factores. A continuación, se exponen trabajos en dichas perspectivas.

2.2.3.1 Perspectiva institucional

En esta aproximación, las instituciones son sistemas de normas o reglas que delimitan la interacción (North, 1991). Se encuentran trabajos que han dado énfasis a contextos institucionales universitarios, con configuraciones que deben adecuarse para que sus proyectos de I+D+i sean gestionados para su salida del VM. Esta visión parte de asumir la expectativa de que estas entidades desarrollen la denominada tercera misión, convirtiéndose en partícipes de los procesos de innovación. En este contexto, se encuentran explicaciones del VM en términos de brechas institucionales:

Gulbrandsen (2009) interpreta el fenómeno del VM para las universidades, en relación con la valoración que se establece a la actividad de transferencia y a la búsqueda de éxitos en este proceso por parte de diferentes grupos de interés. La autora hace reflexiones respecto a la transferencia de tecnología, donde reconoce una tensión de origen institucional, entre el entendimiento del rol tradicional de la universidad y uno nuevo, de tipo empresarial. Desde este punto de vista la formación del VM se asocia con las valoraciones y argumentos que han posicionado la transferencia de tecnología, en contraposición con el entendimiento tradicional de las actividades de ciencia y tecnología en el estamento universitario.

Abereijo (2015) establece que los antecedentes del VM están relacionadas con el cambio de demandas institucionales hacia las universidades, pues estas han pasado de ser vistas como entidades dedicadas a la formación y la investigación, a requerirse de ellas contribuciones proactivas para el desarrollo tecnológico y económico. Esto implica incorporar una tercera misión de las universidades, y que la universidad se comporte de una manera empresarial, por ejemplo, generando *spin-off* académicos e innovaciones. El autor reconoce que este requerimiento ha sido incorporado en políticas universitarias en todo el mundo, y ha movilizó iniciativas de gobierno para incrementar la participación universitaria en emprendimiento e innovación. Sin embargo, este cambio da por sentado un cambio en las estructuras sociales y modelos universitarios, y que los investigadores académicos ahora tienen esquemas mentales empresariales. Sin embargo, entre el rol empresarial y académico hay diferencias entre las habilidades, aptitudes, percepciones y contextos, por lo cual los investigadores y las universidades tienen dificultades para conectar el conocimiento con las oportunidades de negocio. Todo esto explica el VM desde una perspectiva institucional y cognitiva.

Meyer et al. (2011) analizan que las presiones de la sociedad hacia las universidades, para convertirse en innovadores y productores de nuevas tecnologías, ha generado las dificultades que se reconocen en el VM. Para superarlo deben atenderse una brecha de tecnología, una de comercialización y una de capital. El manejo de esas brechas ha implicado introducir en el modelo universitario una nueva función de comercialización de tecnología, lo cual lleva a las universidades a enfrentar contradicciones entre aprendizaje, descubrimiento y actividad comercial. También involucra factores institucionales que incluyen cultura universitaria, normas sociales, actitudes y comportamiento entre miembros de la facultad, sistemas de recompensas a la investigación y a la comercialización, así como políticas y procedimientos para la transferencia de tecnología. Los determinantes organizacionales corresponden a recursos y capacidades proporcionadas por la universidad, incluyendo su presupuesto para I+D, la presencia de investigadores *senior* y la existencia de organismos internos como la oficina de transferencia de tecnología e

incubadoras universitarias. Determinantes externos incluyen las políticas públicas, el acceso al capital de riesgo y de la proximidad a *clusters*.

Upadhyayula et al. (2018) exponen que al llegar al VM tecnológico, las innovaciones de origen académico se enfrentan a la falta de un marco estructurado para evaluar las tecnologías, considerando el panorama general. A ello se le suman problemas de falta de cultura emprendedora y de motivación de los investigadores.

Gulbranson & Audrestsch (2008) proponen el diseño institucional universitario de instrumentos que faciliten los *spillover* de resultados de investigación, bajo la figura de centros de pruebas de concepto. Munari et al. (2016) profundizan la revisión de programas de pruebas de concepto, identificando factores críticos para que éstos faciliten el alistamiento de los proyectos de innovación, para cumplir las expectativas de los inversionistas.

Cambiando a una escala nacional, Weyant (2011) analiza mecanismos institucionales y políticas para ayudar a la superación del VM en países como EUA, incluyendo fondos públicos de I+D segmentados por etapas, y estímulos especializados en temas de interés nacional. También considera subsidios diferenciales a la I+D, estándares tecnológicos, programas de información y suministro de financiación de bajo costo. Islam et al. (2018) sustentan la importancia de fortalecer las subvenciones gubernamentales a los proyectos de innovación, planteando que estas subvenciones constituyen un marcador de potencial innovador para los proyectos apoyados. Dicho marcador facilita a los inversionistas la identificación de proyectos meritorios, para su eventual financiación.

Nemet et al. (2018), sin embargo, hacen un análisis crítico a la financiación pública, haciendo visibles ineficiencias al tomar las decisiones de asignar fondos públicos a los proyectos de innovación, lo cual disminuye la contribución de estas fuentes para resolver el VM. Dichas ineficiencias se deben a que los entes de gobierno no participan en el mercado y por ese motivo tienen un acceso pobre a la información, por ejemplo, respecto a precios, tecnologías o preferencias del consumidor. Esto aumenta el efecto de la asimetría de información. Esta situación puede estar acompañada por fenómenos de *lobby*, donde grupos de interés pueden incidir en la priorización de proyectos de interés para dichos grupos. De esa manera disminuyen las probabilidades de que los entes de gobierno financien los proyectos de innovación que constituyen las mejores opciones. Goldstein et al. (2020) siguen esta discusión, analizando un programa de financiación pública para I+D en el sector energético de EUA. Tras revisar el impacto de dicha financiación, se encuentra que este mecanismo no tuvo un efecto en las empresas financiadas en términos de innovación y éxito de negocios, en un periodo de 10 a 15 años tras la financiación.

Bonnin Roca & O'Sullivan (2022) se centran en otros aspectos institucionales que inciden en el VM, y que corresponden a riesgos de no aprobación normativa de los productos innovadores, que son tenidos como inhibidores de la decisión de invertir. Dichos riesgos incluyen cambios regulatorios no previsible, que por ejemplo obligan a cambios en la infraestructura, esquemas regulatorios vigentes que no están diseñados para las nuevas tecnologías, e incertidumbre de que los productos finales cumplan con las exigencias normativas. Dichos factores se reconocen como riesgos en la fase de demostración, pero no pueden responderse hasta completar etapas finales. Esto causa incertidumbre que puede inhibir al inversionista.

2.2.3.2 Perspectiva de sistemas de innovación

Algunos autores abordan el VM bajo perspectivas macro que involucran factores de los sistemas de innovación: Raven & Geels (2010) y Weiss & Bonvillian (2013) utilizan conceptos de la economía evolucionista para analizar procesos de desarrollo tecnológico que involucran superar el VM. Esto implica reconocer la interacción de elementos de entorno, paradigmas tecnológicos, redes de actores, aprendizajes colectivos y condiciones institucionales. Lai et al. (2012) interpretan la superación del VM en función de interacciones e instituciones en el sistema. Jucevicius et al. (2016) representan un modelo donde el VM se relaciona con la forma como se integra la estructura y se establecen dinámicas del sistema de innovación.

Aragón Amonarriz et al. (2017), consideran el VM en el marco de los sistemas regionales de innovación, interpretando que éste es consecuencia de la falta de interacción entre grupos de agentes, como los financiadores, generadores de política y empresas. Fernández et al. (2019) asocian el desarrollo de procesos de innovación que

apunten al sobrepaso del VM, con esfuerzos de orquestación y colaboración de los agentes de la triple hélice, así como la aplicación de esquemas de innovación abierta, en el marco de los ecosistemas de innovación.

Pons et al. (2014) se concentran en la interacción entre el sector público y las empresas, concluyendo que el VM resulta de una fragmentación entre estos dos agentes. Si el sector público considera que su responsabilidad finaliza al desarrollar la tecnología, deben ser las empresas las que asumen el rol de completar el desarrollo y comercialización de los nuevos productos. Sin embargo, esta transición no se logra dar de forma correcta, porque se parte de una simplificación de las empresas y el mercado, que resulta en una falta de financiación por parte de los agentes de política.

Lee et al. (2017) estudian las dinámicas del ciclo de vida de un negocio innovador en el marco de ecosistemas de negocio. Revisan el cómo las interacciones ayudan al recaudo de fondos para superar el VM. De forma semejante, Munari et al. (2018) interpretan condiciones de las universidades y su sistema de innovación cercano. Consideran el efecto del tamaño y nivel de recursos de las oficinas de transferencia, así como la preexistencia de fondos de financiación externos a la universidad, como factores para resolver la brecha de financiación.

Makarov & Ugnich (2015) revisan la brecha de financiación en sistemas regionales de innovación, partiendo de la premisa de que ésta se debe a falta de alistamiento de los proyectos para las expectativas de los inversionistas. Por ello proponen "catalizadores" regionales de nuevos negocios, que aporten capacidades en gestión, construcción de modelos de negocio, mercados y propiedad intelectual. Samford et al. (2017) revisan mecanismos regionales formadores de infraestructuras tecnológicas e industriales compartidas, a manera de bienes industriales públicos, y analizan su contribución a reducir las restricciones de financiación y facilitar el paso por el VM.

2.2.3.3 Perspectiva de recursos y capacidades

Tassey (2014) considera la construcción de capacidades que permitan ser competitivos en los mercados de alta tecnología. Esto se concreta en la configuración de plataformas de pruebas de concepto y el dominio de capacidades en torno a: herramientas analíticas, manejo de estándares, métricas, métodos de validación. Al contar con dichas plataformas y herramientas se cuentan con las capacidades para superar el VM.

Ward et al. (2018) analizan la necesidad de que desde las etapas de fundación o preoperativas, se conformen capacidades para operar a escala real. Estas capacidades comprenden la preparación tecnológica, el acondicionamiento de la cadena de suministro y el ajuste del producto dentro del ciclo de vida adecuado.

Islam (2017) considera la necesidad de avanzar en una integración multifuncional, para la cual se requieren múltiples capacidades, como requisito para madurar las innovaciones y cruzar el VM. Una vía para ello es involucrar intermediarios que aporten recursos y capacidades que viabilicen la comercialización, y que los desarrolladores de tecnología se puedan concentrar en capacidades de exploración. Esto significa distribuir el proceso de innovación a lo largo de una cadena de valor. Los intermediarios también actúan como coordinadores que enlazan capacidades de manufactura.

Liening et al. (2018) consideran el VM en el contexto universitario, interpretándolo como una brecha de recursos en una fase intermedia, tras la investigación, donde se cuenta con recursos universitarios, y antes de la comercialización, donde el sector empresarial aporta los recursos correspondientes. Los recursos requeridos incluyen capital; infraestructuras de laboratorios, equipos, materiales; así como conocimiento, habilidades, competencias personales, y acceso a redes. Así mismo, Barron & Amoros (2020) interpretan que el VM es consecuencia de deficiencias de capacidades por parte de universidades, centros y entidades relacionadas con el desarrollo científico y tecnológico. Estas deficiencias de capacidad limitan la llegada exitosa a la comercialización. Para resolver el VM, plantean construir mecanismos a manera de puentes. Ejemplo de ello son las incubadoras de negocios, que ayudan a los innovadores a obtener conocimiento, experiencia, entrenamiento y retroalimentación. Los autores señalan la importancia de trabajar en la transformación de modos de pensar y visiones de los equipos innovadores, para que consideren perspectivas de mercado además de las científicas. Son et al. (2022) revisan la constitución de firmas a manera de *holding* de *spin-off* universitarios, para mejorar el acceso a recursos y capacidades que requiere la salida del VM. Encuentran que las universidades que poseen tales *holdings* mejoran su desempeño comercial, pese a que su

desempeño investigativo no se diferencia que las universidades sin *holding*. Por su parte, Takata et al. (2022) estudian el rol de los profesionales de transferencia de tecnología para ayudar a resolver estas brechas, mediante el aporte de sus competencias, rol y comportamiento.

2.2.3.4 Perspectiva de DNP

Harmancioglu et al. (2009) identifican la aproximación de DNP como una línea dentro de la teoría de recursos y capacidades. Se optó por separar los análisis previos de VM bajo las miradas de capacidades y DNP, aunque se encuentra continuidad conceptual entre el aparte previo y los trabajos a continuación:

Markham (2002a) y Markham et al. (2010) visualizan el VM bajo un modelo de roles en el proceso de DNP. Markham (2002a) presenta el papel de individuos que actúan como defensores (*champions*) del producto como clave para completar el descubrimiento y lanzamiento. Así, la superación del VM depende del despliegue de las habilidades del defensor. Markham et al. (2010) amplían la interpretación, reconociendo varios roles, correspondientes a defensores, patrocinadores y guardianes, para promover la salida del VM. Dichos individuos emergen informalmente. Al desempeñar estos roles, gestionan la resolución de vacíos de recursos y capacidades. Con ello viabilizan la ejecución de actividades relacionadas con: viabilidad técnica, concepto de producto, investigación de mercado y preparación de casos de negocios. También se plantean elementos que introducen complejidad en el entendimiento del VM, incluyendo deficiencias organizacionales, de estructura, recursos y experiencia (Markham, 2002a); así como de recursos, procesos y roles entre procesos formales Markham et al. (2010).

Zhou & Wang (2020) aprovechan la teoría de roles en DNP de Markham et al. (2010), para estudiar cómo la interacción con servicios de gestión de negocios intensivos en conocimiento puede complementar los recursos y capacidades necesarios para atravesar el VM. En específico estudia cómo estos servicios acompañan iniciativas de innovación de firmas de manufactura con poca capacidad de gestión de mercados. Se reconoce que dichos servicios de conocimiento facilitan el acceso a los recursos y capacidades faltantes, incluyendo el cumplimiento de los roles de patrocinadores, defensores, guardianes y mentores. Adicionalmente, esta interacción facilita el desarrollo de capacidades absorptivas en las empresas innovadoras.

Schoonmaker et al. (2013) se enfocan en la interfaz entre I+D y el proceso formal de DNP. Exploran la aplicación de actividades de marketing y su efecto en la obtención de recursos y capacidades para la superación del VM. Schoonmaker & Rau (2014) continúan este análisis, donde se entiende el VM como una etapa caracterizada por altos riesgos y escasez de recursos financieros, humanos y físicos. Así, las actividades de marketing facilitan la promoción de las oportunidades de innovación y comunicación de la oferta de valor, lo cual ayuda a acceder a recursos y capacidades de aliados e inversionistas.

D'Amico et al. (2013) consideran un proceso de transición que permita llevar tecnologías resultantes de I+D hasta fases de despliegue operacional, acercamiento y entrega a los usuarios. Aunque describen el VM como una brecha de financiación, reconocen que para que se pueda ejecutar el proceso transicional se requieren habilidades, financiación, infraestructura y hacer mediciones de éxito en diferentes etapas.

Maughan et al. (2013) plantean un conjunto de razones que dificultan la transición por el VM. Estas incluyen habilidades y tipos de personalidad del equipo innovador, falta de incentivos al logro en los procesos de transición, dificultades para acceder a financiación. También consideran que la colaboración entre investigadores, empresas y usuarios durante todas las fases del proceso de transición son claves para el paso exitoso del VM.

Belz et al. (2019) analizan la relación entre la financiación y el nivel de desarrollo de la tecnología a lo largo del ciclo de vida de un nuevo producto, descubriendo que a medida que se avanza en el desarrollo de la tecnología los costos de desarrollo posteriores se incrementan. Por ello la financiación de fases avanzadas, como es la demostración del desempeño de la tecnología, se vuelve cada vez más difícil de obtener.

Midler (2019) cuestiona la efectividad de herramientas de DNP como el *Stage-Gate*, asociando el VM con fallas al pasar las compuertas: a medida que los proyectos de innovación avanzan en el *State-Gate*, se enfrentan a exigencias cada vez mayores, que llevan a distorsionar muchos proyectos, o degradarlos hasta convertirlos en innovaciones incrementales, que son más aptas para completar el tránsito por el sistema de etapas y compuertas. Consideran que

este fallo se da porque *Stage-Gate* asume que ya se tiene una estrategia de negocio que es correcta, lo que puede ser verídico en innovaciones incrementales, pero no si se trata de un cambio radical. Como alternativa, Midler propone que las organizaciones que gestionan portafolios de proyectos de innovación implementen capacidades de diseño y de desarrollo que sean diferentes, y que se confronten las incertidumbres que se van dando a medida que se avanza en el desarrollo de productos innovadores.

2.2.3.5 VM como brecha múltiple

Sohl (1999) plantea que las restricciones de capital que se dan en la fase de demostración se asocian a la combinación de dos brechas, una de capital y otra de información. Frente a ello, analiza las condiciones de estructuración institucional de fondos y mecanismos para la operación de capitales ángeles, que jueguen un rol en la financiación durante esta etapa. Esta idea es explorada posteriormente por Auerswald & Branscomb (2003). Ambos trabajos reconocen que los inversionistas ángeles son más adecuados para atender las brechas de financiación en etapa de demostración, mientras que los fondos de capital de riesgo lo son en etapas finales de los proyectos.

Barr et al. (2009) presentan el VM como un eslabón perdido en la transición que lleva de una tecnología a la materialización de un negocio atractivo, impulsado por el mercado. Dicho eslabón es simultáneamente una brecha financiera, institucional y de capacidades.

Colombo & Piva (2008) abordan el VM como una doble brecha de financiación y de conocimiento, entendiendo esta última bajo la concepción de los recursos y capacidades. En innovaciones radicales universitarias, basadas en alta tecnología, las capacidades del proyecto tienden a coincidir con el conocimiento y habilidades personales de los innovadores. Además, observa que, en condiciones de alta incertidumbre, el capital humano es idiosincrásico y difícil de acceder a él. Así, en proyectos donde los innovadores tienen capacidades fuertemente orientadas al dominio técnico, es usual la falta de capacidades para reconocer oportunidades de negocios y opciones para explotarlo. Adicionalmente, la brecha de conocimiento se asocia a que el aprovechamiento de estas oportunidades de innovación requerirá integrar conocimiento complementario, específico a los contextos de cada negocio y su industria. Esto incluye conocimiento de tecnologías complementarias, gerencial y comercial, que suele estar disperso entre diferentes individuos. Así, las características de los fundadores, y sus habilidades terminan configurando una brecha de conocimiento en las oportunidades de innovación de origen académico.

2.2.3.6 Otras perspectivas

Verhoeff & Menzel (2011) parten de la premisa de que el cruce del VM requiere capital social y financiero. Utilizando simulaciones exploran cómo el capital social ayuda a generar condiciones favorables para la superación del VM. Honjo et al. (2014) evalúan el efecto del capital humano sobre la brecha de financiación en proyectos de I+D, reconociendo que cuando el equipo de proyecto tiene una formación mayor, tienden a incrementarse los requisitos de capital para completar el proyecto, mientras las probabilidades de obtener financiamiento no aumentan.

Dean et al. (2022) analizan el impacto de factores relacionados con la complejidad de las organizaciones que desarrollan los proyectos de innovación, la complejidad de los productos y el nivel de turbulencia del mercado, para reconocer su incidencia en el potencial de superación del VM. Concluyen que el nivel de complejidad de los productos, entendido en función de la cantidad de componentes que integra y la turbulencia de mercado, tienen un efecto positivo. En cambio, el grado de complejidad organizacional, interpretado según la cantidad de estructuras y nodos de comunicación que se deban abordar para coordinar una actividad en la organización, tienen un efecto negativo, pues limitan el logro de las acciones necesarias para afrontar el VM.

Ellwood et al. (2022) identifican cinco procesos que mediante su ejecución ayudan a superar las restricciones del VM. Los procesos son concurrentes entre sí. Por este motivo no se ejecutan siguiendo un patrón establecido, sino que se avanza en ellos en función de las contingencias de cada proyecto. Además, los aprendizajes de un proyecto pueden alimentar a los otros. Así, pueden seguirse múltiples rutas de procesos para cruzar el VM.

Bajo la aproximación de trayectorias tecno-económicas, Lettner et al. (2020) explican el VM como consecuencia de fallas de información en diferentes dimensiones del desarrollo de las innovaciones, debido a que las actividades iniciales de I+D suelen enfocarse en el desarrollo tecnológico. Así, al avanzar en el proyecto, el alistamiento tecnológico suele estar avanzado, mientras otras dimensiones suelen estar inmaduras. Las dimensiones incipientes se relacionan con el mercado, aspectos socio-tecnológicos, cumplimiento de parámetros técnicos y niveles de calidad, desconocimiento de precios, no contar con una capacidad de manufactura capaz de incorporar las nuevas tecnologías, y costos asociados con el acceso a nuevos proveedores. Estas condiciones incipientes causan incertidumbre. Esto significa que el conocimiento insuficiente de las dimensiones anteriores hace parte de las asimetrías de información que impiden salir del VM. La búsqueda de soluciones pasa por la colaboración sectorial y cooperación con grupos de interés en la cadena de valor, que ayuden a integrar los elementos pendientes y reducir la incertidumbre. También plantean que, en las dimensiones con asimetrías de información, se generan oportunidades para desarrollar capacidades.

Stefanelli et al. (2020), analizan si las relaciones entre *spin-offs* y universidades tienen un efecto positivo sobre el desempeño de las *spin-offs*, que sea relevante para ayudar a superar el VM. Identifican un impacto positivo sobre las *spin-off* como consecuencia de dicha interacción. Esto puede ser visto favorablemente por los financiadores, pues dicha contribución puede fortalecer a las empresas y favorecer su eficiencia, lo cual se refleja favorablemente en su evaluación financiera. Sin embargo, si la relación es demasiado cercana, por ejemplo, cuando las *spin-off* realizan actividades bajo el nombre de la universidad, se evalúa negativamente porque puede llevar a una relación de dependencia, que limite el desarrollo de capacidades para que la *spin-off* salga del VM.

2.2.4 Síntesis y discusión

En la revisión se encontraron múltiples documentos que describen el VM bajo diferentes perspectivas, escalas, e incluso aproximaciones teóricas. En la mayoría se relaciona el VM con brechas financieras, de recursos, institucionales, de interacción, entre otros. La revisión de factores es descriptiva y la fuerza de los análisis está más centrada en plantear soluciones. En esto se identifica una brecha de conocimiento, debido a que si las soluciones no están soportadas en una explicación robusta de por qué se forma el VM, las estrategias e instrumentos de solución no necesariamente son los más efectivos.

Adicionalmente, en dichos trabajos se encuentra una cantidad amplia de factores considerados como parte de la explicación del VM. Muchos antecedentes en la literatura abordan explicaciones fragmentarias, en las que se relaciona el VM con uno o unos cuantos factores, para pasar pronto a las soluciones. Un grupo significativo de trabajos aborda el VM como brecha o restricción asociada a un factor determinado. Así se agrega una colección de explicaciones simplificadas, enfocadas a problemas de capacidades (Tassey, 2014; Ward et al., 2018; Islam, 2017; Liening et al., 2018 y Barron & Amoros, 2020), talento humano (Honjo et al., 2014 y Maugham et al., 2013), instituciones (Gulbrandsen, 2009 y Gulbranson & Audrestsch, 2018), información y conocimiento (Sohl, 1999; Colombo & Piva, 2008 y Lettner et al., 2020), interacciones en red (Aragón Amonarriz et al., 2017; Lee et al., 2017 y Stefanelli et al., 2020). Los antecedentes anteriores integran un conjunto abundante de abordajes del VM, cada uno considerando pocos factores, pero que en perspectiva sugieren un problema compuesto, donde cada aproximación muestra una imagen parcial.

Adicionalmente, se encuentran algunos trabajos que enumeran múltiples factores en relación con el VM, pero su intención es ilustrar la complejidad del fenómeno, sin profundizar en los factores, ni en sus relaciones. Algunos autores reconocen la naturaleza caótica y sistémica asociada a la formación del VM, y finalmente unos cuantos trabajos del ámbito micro avanzan hacia la incorporación de relaciones causales. Autores que hacen recuento no detallado de múltiples factores, incluyen:

Auerswald & Branscomb (2008) consideran un agregado de riesgos técnicos, financieros, de mercado y de gestión. El VM se comporta como un "mar Darwiniano" (Auerswald & Branscomb, 2003) de naturaleza caótica, que obliga a los proyectos de innovación a adaptarse para sobrevivir en un proceso complejo, que es la transición de la invención a la innovación, y que implica solucionar riesgos técnicos, identificar mercados ausentes, y vincular personal y

recursos de fuentes dispersas. Entre tanto, hay divergencias entre desarrolladores de tecnología y empresarios, restricciones en las fuentes de financiación, escasez de infraestructura habilitadora y motivaciones para la investigación que difieren de objetivos comerciales. Atravesar el VM involucra interrelaciones complejas entre diferentes etapas, evolución institucional, y resolver diferencias entre desarrolladores de tecnología y personas de negocios (Branscomb & Auerswald, 2002).

Raven & Geels (2010), explican que atravesar el VM requiere: alistamiento tecnológico y escalamiento industrial; desarrollo de un nuevo mercado y adopción de la innovación por los usuarios; articulación de características funcionales con requerimientos de recursos, infraestructura y redes, tecnologías complementarias, regulaciones, incentivos; manejo de expectativas, creencias y percepciones de los participantes en las innovaciones, y atención a variaciones en los contextos específicos de aplicación. Al converger todos estos factores en el VM resulta difícil superarlo, especialmente cuando se trata de innovaciones radicales.

Aportes de Stephen Markham en coautoría, son multifactoriales: Barr et al. (2009), ven en el VM un agregado de brechas institucionales, financieras y de competencias, que obligan a actuar y tomar decisiones bajo condiciones de complejidad e incertidumbre. Markham et al. (2010) condicionan la superación del VM a la participación de gestores, que facilitan el acceder a recursos, avanzar en el perfilamiento y desarrollo de la oportunidad, y promover los proyectos frente a instancias de decisión. En resumen, canalizan recursos y capacidades, hasta cruzar el VM. Markham & Mugge (2015) describen que antes y después del VM, (en I+D y DNP), hay recursos, capacidades y procesos estructurados, adecuados para los proyectos. En cambio, la etapa intermedia, donde se presenta el VM, manifiesta deficiencias de capacidad, recursos, estructuras y experiencia, lo que induce a tomar decisiones vagas y mal definidas. Por estas diferencias, el VM parece un lugar caótico, siendo en realidad un espacio intermedio entre dos procesos mejor estructurados. Los campeones, patrocinadores y guardianes, compensan con su capacidad de gestión en condiciones complejas y poco estructuradas, aportando a solucionar el problema (Markham et al., 2010).

Nemet et al. (2018), tras reconocer la complejidad de la innovación, interpretan que la falta de financiación en el VM, se debe a dificultades para alcanzar la escala de operación, funcionalidad técnica no comprobada, incertidumbre respecto a la aceptación del mercado, y falta de garantías de apropiación de beneficios de la innovación. Hottenrott & Peters (2012) hacen un planteamiento similar, al reconocer que la complejidad, especificidad e incertidumbre de los proyectos de innovación son causantes de las asimetrías de información en la evaluación financiera de proyectos, que elevan la percepción de riesgo y los costos de capital exigidos, configurando así la brecha de financiación.

Los planteamientos anteriores ilustran la multiplicidad de elementos que confluyen en el VM, y que deben ser resueltos para superarlo. Esta diversidad de elementos en interacción hace plausible la calificación del VM como fenómeno complejo. Si embargo, estos trabajos no hacen mucho para avanzar del reconocimiento de la complejidad, a la exploración de relaciones causales.

Del lado financiero, se encontraron algunas explicaciones mejor sustentadas respecto a cómo se origina la brecha de financiación, pero dicha explicación considera fundamentalmente factores relacionados con los recursos financieros, la toma de decisiones, el riesgo de inversión y las asimetrías de información durante la evaluación financiera de los proyectos:

Beard et al. (2009) analizan el proceso de I+D+i en tres etapas. Los síntomas del VM son visibles en la etapa intermedia, pero sus causas se dan durante la etapa inicial de I+D. Esto se debe a que durante I+D, los proyectos son financiados a partir de decisiones no económicas, por ejemplo, bajo criterios científicos y de aporte a nuevo conocimiento. Los proyectos aprobados en la primera etapa bajo tales criterios cumplen con el cometido de mejorar la base de conocimiento científico, que contribuye a la innovación, pero su efecto inmediato sucede al concluir la I+D y pasar a una fase posterior, donde se someten a decisiones basadas en la racionalidad económica, como la maximización de beneficios. Al cambiar de criterios de selección y financiación, algunos proyectos que tuvieron sentido en la fase inicial, en la siguiente no cumplen con las condiciones para ser financiados. Esta explicación es cercana a la que hacen Gou et al. (2013), quienes plantean que el VM se forma en un proceso dinámico y complejo, donde diversas etapas tienen características y requerimientos diferentes, induciendo complejidad en las decisiones.

Los trabajos de Hall (2002), Hall (2009), Hall & Lerner (2010) y Hall et al. (2015) permiten reconocer una ruta de relaciones causales tras la brecha de financiación: diferencias entre los innovadores y financiadores respecto a su

conocimiento de los detalles del proyecto, constituyen asimetrías de información. Estas conducen a diferencias entre las dos partes respecto a la percepción de riesgo, lo cual induce una disparidad en la estimación de la prima de riesgo. Esta disparidad causa una divergencia entre el costo de capital que exige el financiador, y el costo de capital que el innovador considera adecuado. Como consecuencia de estas discrepancias, los innovadores tienden a utilizar, e incluso a preferir, capital propio en lugar de recursos de terceros, para financiar sus proyectos de I+D+i.

La literatura de la aproximación financiera o brecha de financiación no sólo muestra una ligera ventaja en cuanto a la cantidad de trabajos previos, sino que también presenta una mayor profundidad en la descripción causal de dicha brecha. Desafortunadamente, estas explicaciones causales del lado de la oferta en el mercado financiero no son adecuadas para profundizar en el entendimiento del problema del VM del lado de los demandantes de dicha financiación, es decir, de los proyectos de I+D+i.

En la revisión se destacan tres trabajos, por dar un paso más allá de la descripción de relaciones causales, e incursionando en modelos de simulación. Dos de ellos se ubican en la perspectiva financiera (Beard et al., 2009; Islam et al., 2018), otro trabajo aborda factores no financieros, a escala de sistemas regionales de innovación (Verhoeff & Menzel (2011).

Tabla 2: Resumen revisión de literatura.

Aprox.	Ámbito micro	Ámbito meso	Ámbito macro
Financiera	Hall (2002), Beard et al. (2009), Honjo et al. (2014), Munari et al. (2015), Gubitta et al. (2016), Islam, M. et al. (2018), Baldock et al. (2015), Block et al. (2010), Belz et al. (2019), Colombo et al. (2006), Daldrup (2020), Goldstein et al. (2020) ² , Hall (2009), Hall & Lerner (2010), Hervé & Schwienbacher (2018), Lin et al. (2016), Morales-Alonso et al. (2019), Munari et al. (2018), Nemet et al. (2018), Son et al. (2022) y Van den Burg et al. (2017).	Frank et al. (1996) y Lee et al. (2017).	Auerswald & Branscomb (2003), Borys (2020), Connell (2009), Cressy (2002), McIntyre (2014), Olmos et al. (2012), Sohl (1999) y Vonmont (2014).
Concurrente	Colombo & Piva (2008), Munari et al. (2016), D'Amico et al. (2013), Islam (2017) y Stefanelli et al. (2020).	Tassej (2014) y Pons et al. (2014).	Jucevicius et al. (2016) y Weyant (2011).
No Financiera	Markham et al. (2010), Markham (2002a), Yadav et al. (2006), Schoonmaker et al. (2013), Ward et al. (2018), Islam, N. (2017), Abereijo (2015), Barron & Amoros (2020), Dean et al. (2022), Ellwood et al. (2022), Liening et al. (2018), Maughan et al. (2013), Meyer et al. (2011), Midler (2019), Schoonmaker & Rau (2014), Takata et al. (2022), Verhoeff & Menzel (2011) y Zhou & Wang (2020).	Raven & Geels (2010), Lai et al. (2012), Weiss & Bonvillian (2013), Aragón Amonarriz et al. (2017), Lai et al. (2012), Lettner et al. (2020), Makarov & Ugnich (2015) y Samford et al. (2017).	Bonnin Roca & O'Sullivan (2022), Fernández et al. (2019).

La diversidad en la literatura no sólo está dada por la diversidad en los factores abordados, más la existencia de una perspectiva financiera y otra no financiera, sino que también se encuentran varias escalas usadas para el análisis del

² En el momento de la consulta en bases de datos, Bonnin Roca & O'Sullivan (2022), Dean et al. (2022), Ellwood et al. (2022), Goldstein et al. (2020), Son et al. (2022), Stefanelli et al. (2020), Takata et al. (2022), se registraban como artículos en prensa.

fenómeno. La Tabla 2 resume los antecedentes encontrados en la revisión de literatura, precisando para cada trabajo, su aproximación y ámbito.

Se ha abordado el VM en perspectivas que van desde el ámbito micro, donde la unidad de análisis corresponde a proyectos de I+D+i, tecnologías u organizaciones individuales; pasando por un nivel meso o intermedio de agregación, que considera sectores, redes de agentes, sistemas regionales de innovación, o incluso trayectorias tecnológicas. Finalmente, algunos trabajos abordan una perspectiva macro, donde la unidad de análisis es un país o incluso un conglomerado supranacional. Esta diversidad de escalas muestra que el comportamiento del VM puede ser analizado en diferentes niveles de agregación. Se puede reconocer un predominio de las aproximaciones micro, abordando perspectivas financieras (21 artículos) y no financiera (18 artículos). Se encuentran pocos antecedentes que aborden un enfoque **concurrente, es decir, que considere factores financieros y no financieros**.

Un grupo de trabajos en la escala micro corresponde a Abereijo (2015), Barron y Amoros (2020), Daldrup et al. (2020), Meyer et al. (2011) y Colombo & Piva (2008), quienes analizan diversos aspectos del VM en el contexto de las universidades, incluyendo la participación de los investigadores. Ellwood et al. (2022), Hall & Lerner (2010), Midler (2019) y Nemet et al. (2018) analizan factores relacionados con los proyectos de innovación. D'Amico et al. (2013), Maughan et al. (2013) y Schoonmaker & Rau (2014), hacen análisis del fenómeno del VM en el ciclo de desarrollo de tecnologías, así como de licencias a tecnologías desarrolladas.

En la escala meso predomina la aproximación no financiera. Se encuentran revisiones del VM a través de las interacciones en sistemas de innovación de alcance local, regional y nacional. Estos trabajos reconocen múltiples interacciones, con lo cual la complejidad hace parte de sus perspectivas de análisis. En la escala macro predomina la perspectiva financiera, y se estudian instrumentos de fomento y financiación de alcance nacional o supranacional.

Encontrar diversas escalas de análisis resulta de interés para un entendimiento amplio del fenómeno. Sin embargo, al considerar las interacciones en una perspectiva que no es la del proyecto de I+D+i, sino de la presencia e interacción de factores agregados en una escala superior, no alcanzan a identificarse las condiciones que dirigen a un proyecto individual en el VM, o las que lo liberan del mismo. No puede perderse de vista que el VM sucede de forma directa en el ámbito de los proyectos de I+D+i, siendo éste el nivel básico para abordar una explicación de cómo se desencadenan los procesos que lo forman, así como las condiciones que llevan a que los proyectos eventualmente lo superen. Por este motivo, se reconoce la pertinencia de abordar el VM en una perspectiva de proyectos, considerando los factores que lo generan, o que lo solucionen, en términos de relaciones causales.

Al hacer la revisión de literatura, también interesaba reconocer alguna aproximación teórica que dominara los esfuerzos para abordar el VM. En la escala micro y perspectiva no financiera, se encontró que recursos y capacidades constituye uno de los marcos conceptuales más utilizados. También se encontró una cantidad significativa de trabajos bajo la aproximación del proceso de DNP, el cual también se nutre de la teoría de recursos y capacidades.

Esto llevó a reconocer que la selección de la teoría de recursos y capacidades como base conceptual para el trabajo que se está acometiendo, resulta promisorio, por la existencia de abundantes trabajos previos que abordan el VM bajo esta perspectiva, junto con la de DNP. Esto facilita encontrar piezas del rompecabezas conceptual para la explicación teórica que se espera completar. Adicionalmente la concentración de trabajos bajo esta perspectiva es interpretada como un indicio de que los recursos y capacidades constituye una aproximación apropiada para el estudio del VM.

Finalmente, el uso de conceptos propios de la teoría de recursos y capacidades resulta adecuada para el propósito de analizar el VM en la perspectiva micro, dado que esta teoría parte de conceptos como recursos, capacidades y rutinas, que son aptos para analizar fenómenos a la escala que se espera abordar. En específico, es posible interpretar los proyectos de I+D+i, los agentes que intervienen en ellos y las interacciones entre agentes, en función de procesos e interacciones para suministrar y desarrollar recursos y capacidades.

Harmancioglu (2009) reconoce la teoría de recursos y capacidades como una de las dos grandes corrientes académicas bajo las cuales se estudia la innovación, e identifica que esta aproximación se despliega en diversas líneas de trabajo, una de las cuales es la de DNP. Así mismo, Leonard-Barton (1992) señala la pertinencia de vincular el análisis del DNP con las capacidades. Por esto, no es de extrañar que al revisar antecedentes bajo las perspectivas

de recursos y capacidades y DNP, hubiera elementos comunes entre los dos grupos. En específico, los documentos de la aproximación del DNP, consideran factores relacionados con recursos y capacidades de diversa índole.

En el amplio grupo de trabajos que aborda la perspectiva financiera, se encontró un énfasis hacia el estudio del VM y la brecha de financiación, bajo aproximación de economía financiera, así como en teoría institucional. Esta última perspectiva se encontró en múltiples trabajos, que proponen o discuten la bondad de instrumentos para la financiación de proyectos que requieren completar las actividades que les permiten finalizar los proyectos.

Trabajos de perspectiva no financiera en la escala meso, utilizaron marcos conceptuales de ecosistemas locales y regionales de innovación, teoría de redes, capital social, así como algunos conceptos evolucionistas, como los paradigmas tecno-económicos. Sin embargo, el enfoque meso no corresponde a la que se busca profundizar en este trabajo, por lo cual dichas aproximaciones, así como la mirada institucional de instrumentos de financiación, no sirven como marcos de referencia para una perspectiva teórica de cara al trabajo que se busca desarrollar.

De tres trabajos que recurren a modelos de simulación, para explicar comportamientos del VM, dos de ellos son financieros, y el tercero es no financiero, pero basado en comportamientos agregados de escala meso (sistemas regionales de innovación). Aunque las estructuras explicativas de estos antecedentes tienen mérito, no aportan mucho para el tipo de explicación que se busca en este trabajo, donde se espera entender el comportamiento del VM considerando también factores no financieros, que se relacionan con la toma de decisión de inversión. Al relacionar factores no financieros y financieros, este trabajo busca hacer una aproximación concurrente.

Por último, se destaca que en ámbitos micro y meso se encontraron múltiples trabajos que exploran el VM en el contexto de las universidades, o de éstas en interacción con agentes del sistema regional de CTi. El énfasis en las universidades puede tener sentido, por el rol activo que suelen tener en las actividades de I+D+i, lo que implica que estas entidades pueden verse afectadas continuamente por el VM. Esto justifica el esfuerzo repetido de los autores que han buscado explicaciones del VM en el contexto universitario y mecanismos para explorarlo.

2.3 Contextualización: señales del VM en Colombia y en Medellín

La complejidad del VM no sólo es consecuencia de los múltiples factores, y las dificultades al entendimiento que involucra la existencia de diversas aproximaciones al fenómeno. También es una situación crítica por la intensidad de su presencia en las dinámicas reales de innovación, y por los efectos económicos que acarrea la misma.

Esta criticidad es descrita por Auerswald & Branscomb (2003), quienes indican que la problemática del VM existe incluso en países que cuentan con sistemas de innovación fuertes y productivos. Helmstetter (2018), así como Dean, et al. (2022), estiman que en las condiciones del VM, cuatro de cada cinco invenciones nunca logran llegar a comercialización. Markham & Mugge (2015), hacen un cálculo más conservador, estimando que una de cada 10 ideas innovadoras logra superar exitosamente el VM. Este estudio se enfoca en un grupo de universidades localizadas en la ciudad colombiana de Medellín, incluyendo su área metropolitana. Por ello, interesa entender el contexto bajo el cual se desarrollan actividades de I+D+i en esta región y en Colombia, así como recoger información que permita reconocer si en el contexto de esta ciudad se encuentran comportamientos como los reportados por en la literatura.

Este capítulo iniciará con el contexto colombiano en materia de financiación de la misma, ofreciendo una mirada panorámica de escala de país. A continuación, se concentrará en la región de Medellín y Antioquia para visualizar cómo es el contexto regional en materia de I+D+i. También se revisarán los registros del grupo de universidades de Medellín, sobre las que se quiere hacer el estudio, para establecer cuál ha sido su experiencia al afrontar el VM durante el desarrollo de sus proyectos de I+D+i.

Esta revisión presenta algunas limitaciones: aunque hay estadísticas sobre la innovación en Colombia y en Antioquia, estas no abordan directamente la etapa intermedia de demostración donde se manifiesta el VM. En general, el VM es un fenómeno poco estudiado, lo cual tiene una implicación inmediata a la hora de buscar información secundaria,

que permita dimensionar el nivel de incidencia del VM en contextos reales. Aunque se puedan encontrar trabajos que abordan el VM en contextos de regiones, países y organizaciones, en la práctica no se encuentra mucha información organizada que permita aprovechar fuentes secundarias, para evidenciar y dimensionar el grado de incidencia de este fenómeno en escenarios concretos.

Usando preliminarmente el proceso de innovación de Auerswald & Branscomb (2003) que se presentó en la Figura 2, se puede considerar que los proyectos que entran a la fase de demostración ya cuentan con un prototipo o concepto comprobado en laboratorio. Por su parte, la salida de dicha fase ocurre al pasar actividades de DNP, como ingeniería industrial, escalamiento, puesta a punto, e inicio de producción y comercialización a baja escala. Así, en condiciones ideales, se puede dimensionar el VM a partir de registros de cantidad de proyectos de I+D+i que se encuentran en la etapa de demostración, en comparación con los que superaron dicha etapa. Así, se podría establecer un indicador de salida del VM, tomando un portafolio de proyectos de I+D+i, evaluar cuántos proyectos han entrado a la etapa de demostración, y compararlo con cuántos salieron de dicha etapa, tras entrar a ella. El indicador o tasa de salida del VM, sería igual a la división salidas/entradas.

Desafortunadamente, esta información no se encuentra en sistemas homologados de medición de indicadores, por lo cual no se pueden obtener directamente de entidades públicas de estadística. Eventualmente se pueden obtener dichos datos de organizaciones específicas, aunque esta posibilidad requiere contar con acceso a dicha información, así como a sus modelos internos de procesos y medición. Aunque esta limitación estuvo presente, se trató de levantar información por este medio, obteniendo resultados que se presentan en el numeral 0.

De otra parte, al entender el VM como problema sistémico, es posible aplicar estrategias para reconocer alguno de los síntomas o comportamientos asociados. Como se expuso previamente, una corriente dominante en la literatura explica dicho fenómeno como brecha de financiación (Auerswald & Branscomb, 2003; Beard et al., 2009; Hall & Lerner, 2010; Hottenrott & Peters, 2012 y Hall et al., 2015), que tiene como consecuencia que los innovadores encuentren dificultades para acceder a financiación externa, o incluso a que prefieran financiar con recursos propios. Esta situación implica un agotamiento de recursos para avanzar en los proyectos hasta completar la etapa de demostración, así como a un bajo apalancamiento financiero de dichos proyectos. Siguiendo esta lógica, un bajo nivel de financiación de fuentes externas, puede ser un indicio de que se está dependiendo de recursos propios para costear la innovación, asemejando las estructuras de financiación de la innovación que describen los autores de la perspectiva financiera del VM, donde se ha evidenciado una fuerte dependencia de la financiación con recursos propios y una baja participación de fuentes externas.

A continuación, se presentará un panorama general de la innovación en Colombia, y se revisará la distribución de las fuentes propias y externas en la financiación de las actividades de innovación, como punto de partida para comprender el contexto colombiano en relación con el VM.

2.3.1 Innovación y su financiación en Colombia

Según el Índice Global de Innovación (IGI) publicado por Cornell, INSEAD y WIPO, Colombia se ha ubicado en los últimos cuatro años hacia la mitad de la clasificación que establece el ranking, fluctuando entre las posiciones 63 y 68, de un total de 131 países (ver Tabla 3).

Tabla 3: Evolución de Colombia en IGI. Tomado de U. de Cornell, INSEAD y WIPO (2017, 2018, 2019, 2020).

Año	Calificación Colombia	Posición Colombia en ranking
2017	34,78	65
2018	33,78	63
2019	33,00	67
2020	30,84	68

El mismo informe clasifica a Colombia como país de ingreso medio-alto, y califica su desempeño innovador alineado con su nivel de desarrollo (Cornell, INSEAD y WIPO, 2020). La evolución de resultados de Colombia en la tabla

anterior, y en especial el comportamiento regresivo en la columna de calificación, sugieren un leve retroceso en términos de desempeño innovador en los últimos cuatro años. La calificación puede ser un medidor más estable que la posición, debido a que la cantidad de países sometidos a evaluación puede variar de un año a otro, mientras que el instrumento de calificación se ha mantenido estable. Se puede reconocer que entre 2017 y 2020, se ha tenido un retroceso en la calificación de 34,78 a 30,84.

El IGI es un índice compuesto por siete subíndices o pilares, con valores normalizados entre 0 y 100. La revisión de los pilares facilita identificar las falencias que llevan a la baja el desempeño innovador de Colombia:

- Producción tecnológica y de conocimiento, con calificación de 17,9 (posición 72 entre 131 países), que comprende la creación, difusión e impacto del conocimiento.
- Producción creativa, con calificación de 18,2 (posición 80), que incluye activos intangibles, bienes y servicios creativos, y creatividad en línea.
- Capital humano e investigación, con calificación de 25,9 (posición 82), que considera educación, educación terciaria e I+D.

Reiterando lo expuesto, la Asociación Nacional de Industriales de Colombia (ANDI, s.f.) corrobora un pobre desempeño de la actividad innovadora en Colombia, y aclara que esta situación es aún más crítica cuando se trata de innovaciones en sentido estricto.

Otra faceta que cabe revisar es la participación de recursos propios y de terceros en las actividades de innovación, dado que la perspectiva financiera del VM asocia este problema con estructuras de financiación donde predominan los recursos propios. Barona-Zuluaga et al. (2017), estudiaron las fuentes de financiación para la innovación en el sector servicios colombiano, entre 2010 y 2011. Reportan en sus hallazgos que la financiación de actividades de I+D+i en 2010 se hizo con un 62,14% de recursos propios, y en el año siguiente ascendió a 68,46%. Si bien la banca privada aportó un 18,5% de los recursos, destacan que dicha participación fue mucho menor cuando se trató de innovaciones estrictas, alcanzando 2,18% en 2010 y 1,04% en 2011.

Es posible ampliar el análisis anterior, dado que el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, efectúa una Encuesta de Desarrollo e Innovación Tecnológica, para los sectores de manufactura (Encuesta EDIT), servicios y comercio (Encuesta EDITS). Aprovechando la información sobre las inversiones en Actividades de Ciencia, Tecnología e Innovación (ACTI) durante una década, se hicieron cálculos para estimar sus fuentes de financiación, discriminando recursos propios y de otros orígenes, entre los cuales se incluyen bancos, otras empresas, cooperación internacional, fondos, y cooperación, entre otros.

Figura 4: Participación de la financiación con recursos propios en inversiones en ACTI en Colombia. Elaboración propia, con datos de EDIT (2008-2018) y EDITS (2008-2017)³.



³ Información recuperada de www.dane.gov.co

La Figura 4 presenta cómo ha sido la participación de los recursos propios en las inversiones en ACTI, para los sectores manufacturero, servicios y comercio, entre 2008 y 2018. Los cálculos entre 2008 y 2017 abarcaron manufactura, servicios y comercio, mientras el valor para 2018 corresponde solamente a Manufactura⁴. Por la forma de registro de la EDIT, las universidades son clasificadas como empresas de servicios de educación superior (CIIU 854) y entidades del sistema de CTi como empresas del código CIIU 72. Así, las inversiones registradas como "recursos propios", corresponden a aportes propios de las empresas, universidades y entidades de CTi. También se registraron los aportes de empresas de un mismo grupo económico, tales como *holding* y filiales, contabilizándolos como recursos propios.

Los resultados sugieren que en Colombia hay un fuerte predominio de la financiación con recursos propios, lo que además ha crecido en la última década. De forma persistente, los recursos propios son la fuente predominante para financiar las innovaciones, fluctuando en una franja entre 69,1% y 84,7%. En los últimos años, dicha participación se ha mantenido por encima del 80%.

En un cálculo semejante, utilizando información del OCYT, la ANDI (2019), revisa las fuentes de recursos que fueron empleadas en Colombia para la financiación de actividades de innovación entre 2012 y 2016, encontrando que el año en el cual la participación de recursos propios fue menor, correspondió al 75,8% en 2012, pero tuvo un comportamiento ascendente hasta el año 2016, en el cual dicha participación de los recursos propios fue del 84,7%. Aunque la fuente de datos no es la misma que la utilizada para la Figura 4, se encuentran comportamientos semejantes en ambos cálculos.

La ANDI reconoce lo significativo que es el apalancamiento de recursos propios en el desarrollo de las actividades de innovación en Colombia, y explica que cuando se requieren altas inversiones para completar innovaciones, bajo una expectativa de retornos en el largo plazo, en Colombia se tiende a invertir recursos propios. También señala que, de acuerdo con testimonios obtenidos en entrevistas, no es fácil acceder a las fuentes externas de financiación, sean fondos privados o recursos públicos, y estas dificultades conducen a que con frecuencia los proyectos de innovación sean interrumpidos (ANDI, 2019).

Hall (2002) y Hottenrott & Peters (2012), entre otros, advierten un patrón persistente de predominio de la financiación de actividades de innovación con recursos propios, lo cual es una característica destacada de la brecha de financiación asociada al VM. Con la información anterior, no se puede saber si el patrón observado en Colombia sucede con mayor o menor intensidad en la financiación de actividades en el VM, o en otras fases del proceso de innovación. Sin embargo, se puede reconocer una situación de baja utilización de fuentes externas para la innovación, que constituye el contexto bajo el cual se hacen esfuerzos de financiar los proyectos de I+D+i en la fase de demostración, para superar el VM.

En el escenario colombiano no sólo se reconoce un fuerte desbalance hacia el uso de recursos propios, pues las estadísticas del DANE muestran una relación de cuatro a uno entre los recursos propios y la financiación con recursos externos, sino que dicho desbalance muestra una tendencia de aumento, según se presentó en la Figura 4. Aparentemente, una relación de 4 a 1 en la distribución de fuentes de financiación, se muestra desbalanceada. Esto se puede comprobar buscando en otros países, a manera de referenciación, para validar si la composición de las participaciones que muestra Colombia puede ser interpretada como un desequilibrio.

2.3.2 Financiación en algunos referentes internacionales

Se hizo una búsqueda de información en internet, de países iberoamericanos en posiciones mejores o semejantes a la de Colombia en el IGI, que registren y publiquen datos sobre financiación de innovación con fuentes propias y externas.

⁴ A la fecha de elaboración de estos cálculos, el DANE no ha publicado resultados de la EDIT para servicios del año 2018.

El primer criterio llevó a considerar a Chile, que es el país mejor clasificado de la Región, en la posición 54 entre 131 países; Costa Rica, en la 56; Brasil en la 62, y Uruguay en la posición 69, inmediatamente detrás de Colombia. Al revisar el ranking del IGI, se puede reconocer una desventaja relativa en resultados de innovación entre Iberoamérica y otras regiones como Europa, Norte América o países asiáticos, lo cual se puede corroborar por la presencia intensa de países de estas regiones en posiciones del ranking del IGI superiores a la de Chile que, aunque es el primer país iberoamericano en esta calificación, apenas alcanza la posición 54.

Este análisis está limitado por las fuentes de información oficial de los países, siendo el acceso a informes sobre financiamiento de la innovación una restricción. También está condicionado por las diferencias entre los conceptos contabilizados en cada país, pues en algunos se encontraron estadísticas oficiales sobre las inversiones en I+D, mientras en otros se accedió a información sobre inversiones en actividades de innovación, lo cual impide una comparación entre todos los países. Del grupo de países de interés, se obtuvo información sobre financiación de actividades de innovación en Costa Rica, Brasil y Uruguay, mientras de Chile se encontró la información correspondiente para I+D.

- En Chile, el Instituto Nacional de Estadística, INE (2018), calcula el gasto nacional en I+D por fuentes de financiamiento. La financiación con fondos propios sumó el 57,94% de la inversión total, en 2016.
- En Costa Rica, el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT, s.f.), reporta que las actividades nacionales de innovación se financian principalmente a partir de fuentes internas de las empresas, correspondiendo un 60,8% a reinversión de utilidades, y 14% a aportes de socios, para un total de 74,8% de financiación por fuentes propias.
- En Brasil, el Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística (IBGE, 2017), recoge y analiza la encuesta de innovación PINTEC, encontrando que un 89% la financiación corresponde a fuentes propias.
- La Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay (ANII, 2015), informa las fuentes presupuestales durante de tres años, siendo el periodo 2010-2012 el último publicado en internet. Para dicho periodo fue reportado que la financiación de innovación con recursos propios sumó un 78%.

Pérez de Lema et al. (2013), en un estudio sobre financiación de la innovación en empresas de Iberoamérica, reportan que el acceso a financiación externa tiene mayor efecto sobre la actividad innovadora que el uso de recursos propios, pero al mismo tiempo manifiestan que en los países de esta región, las deficiencias del sistema financiero dificultan el acceso a dicho capital, limitando la innovación. Los niveles de financiación con recursos propios en Brasil y Uruguay muestran valores tan altos como los de Colombia, lo que apunta a una situación de dependencia de fuentes propias, donde es probable que aún no se hayan resuelto las condiciones mencionadas.

Costa Rica se aleja de este comportamiento, encontrando una dependencia un poco menor de fuentes propias. Cabe recordar que este país se encuentra en la posición 56 del ranking IGI, mucho mejor ubicado que Brasil, Uruguay y Colombia. El valor obtenido para Chile no puede compararse, pues este país reporta la financiación de I+D, en lugar de la de actividades de innovación⁵.

No se puede hacer una comparación longitudinal entre países, porque la información a la que se accedió para estas naciones corresponde a periodos de un año, a diferencia de Colombia. Esto dificulta identificar si los bajos niveles de apalancamiento financiero se deben a factores estructurales o coyunturales. No es este el caso para Colombia, pues de forma persistente por más de una década, se reconoce que la innovación se financia con recursos propios en una proporción dominante, limitando las fuentes externas a menos de uno de cada cinco pesos invertidos. Además, dicho desbalance se ha profundizado en la última década. Si en las actividades de innovación en Colombia predominan los recursos propios, esto no necesariamente se puede tomar como evidencia de la existencia del VM,

⁵ El mismo problema se tiene con información de países en otras regiones, como EUA y España. Para el primero, se calcularon participaciones de recursos propios sobre el gasto total en I+D que fluctúan entre 54,53% en 2010, y 59,92% en 2015, según cifras del National Science Board (2018). Para España, un estudio sobre el estado de la ciencia y la tecnología (Carbonell et al., 2019), reporta una participación de recursos propios en las actividades de I+D de 52,1 %, en 2017. Estas cifras son mejores que las de países iberoamericanos, excepto Chile, pero no se puede diferenciar hasta qué punto muestran una mejor distribución de las fuentes, y hasta qué punto es consecuencia de que las ACTI incluyen otras actividades, adicionales a I+D.

dado que, al contabilizar estas inversiones, quedan agrupadas iniciativas que no necesariamente correspondan a los proyectos de I+D+i, y a la financiación de actividades para pasar de la fase de demostración a DNP.

Adicionalmente, las cifras sobre origen de los recursos para actividades de innovación en Colombia, no discriminan entre innovaciones incrementales y radicales. Esta distinción es relevante porque Auerswald & Branscomb (2003) advierten que las iniciativas que implican un cambio tecnológico radical tienen mayores dificultades para acceder a recursos de financiadores. Olmos et al. (2012) respaldan esta consideración, indicando que el tamaño de la brecha de financiación aumenta para las innovaciones radicales. Sin embargo, la información para Colombia no discrimina entre inversiones por fuente para estos dos tipos de innovaciones, lo que no permite corroborar si hay diferencias en la intensidad de uso de recursos propios.

Tomando una perspectiva más cautelosa, se puede reconocer un contexto general de prevalencia del uso de recursos financieros propios para la innovación en general. Esto establece un marco de bajo uso de financiación externa, tanto para las iniciativas que pasan por el VM, como para otro tipo de innovaciones.

2.3.3 Innovación y señales del VM en Medellín

En este trabajo interesa estudiar el VM en un grupo de universidades de Medellín y su Área Metropolitana. Por ello, conviene focalizar la contextualización en este territorio, y dentro de él, en las universidades que tienen un peso significativo en las actividades de I+D+i. Una vía alternativa para reconocer el VM en el espacio, consiste en ir directamente a las entidades, para indagar si experimentan situaciones en sus proyectos de I+D+i, que puedan entenderse como características del VM. Esto es posible mediante entrevistas a los líderes de transferencia de tecnología de las universidades, para obtener información a partir de sus bases de datos de proyectos gestionados. A continuación, se presenta información general sobre Medellín y Antioquia, y luego se describen los resultados de la indagación directa en las universidades del territorio.

Antioquia, departamento colombiano cuya capital es Medellín, tiene una contribución importante en las dinámicas de CTi colombianas, participando con un 31,6% de las inversiones colombianas en I+D durante el periodo 2017-2019 (OCyT, 2020). Las inversiones antioqueñas en I+D y ACTI, como porcentaje del PIB, han estado históricamente por encima del agregado nacional, como se muestra en la Figura 5 y Figura 6, donde se comparan los valores de estas inversiones para Antioquia *versus* toda Colombia. El epicentro de esta actividad es su capital, Medellín, junto con su Área Metropolitana, donde se concentra gran parte de las empresas, universidades y otros agentes de CTi.

Figura 5: Inversión en ACTI como porcentaje del PIB. D. Elaboración propia, con datos de OCyT.

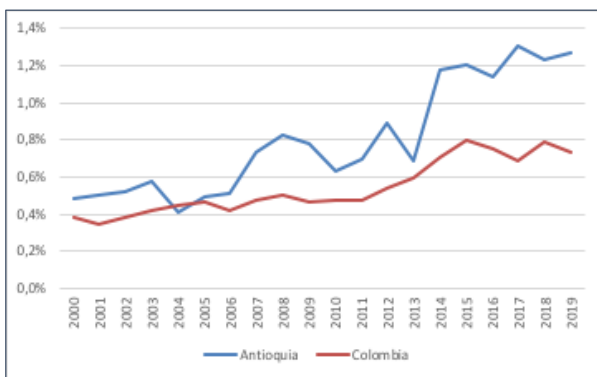
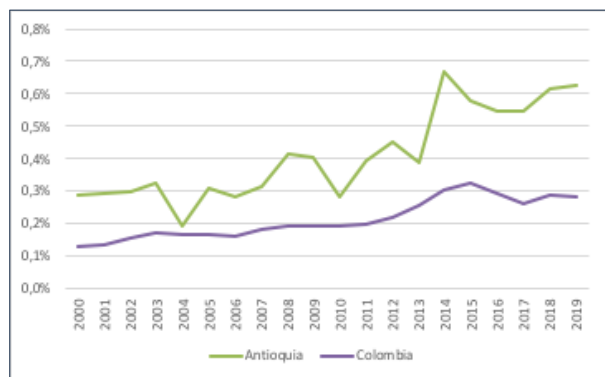


Figura 6: Inversión en I+D como porcentaje del PIB. Elaboración propia, con datos de OCyT.



Para que se desarrolle este nivel de actividad en CTi, en Medellín y Antioquia se han puesto en operación diversos instrumentos, gestionados por entes de CTi que han contribuido a estimular las iniciativas de desarrollo tecnológico

e innovación en la región. Uno de los primeros casos lo constituye el Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia (CTA), fundado en 1989 y que ha sido uno de los precursores del sistema regional de innovación. El CTA fue concebido como parte del despliegue de una política regional de ciencia y tecnología, actuando como el operador de dicha política e iniciativas derivadas. Posteriormente fue reconocido como centro de innovación y productividad. Durante tres décadas ha actuado de forma no interrumpida como catalizador del sistema regional de innovación para Medellín y Antioquia, lo que fue estimulando la idea de la colaboración como estrategia para la innovación.

A medida que en Antioquia toma fuerza la idea de la innovación bajo colaboración, se propició la constitución de un Comité Universidad-Empresa-Estado, concebido como espacio de concertación entre los actores de la triple hélice. Este Comité opera desde 2003, y aglutina a las grandes empresas de la Región, las principales universidades y los entes de gobierno municipal y departamental. Dado que dicho Comité no conformó una personería jurídica, ni cuenta con una estructura organizacional para operar iniciativas específicas, se desprendió como derivado una iniciativa de las principales ocho universidades, buscando aprendizajes conjuntos para mejorar sus capacidades de gestión de innovaciones asociadas a sus resultados de investigación. Este grupo es conocido como G8 y es conformado por: Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Universidad de Antioquia, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad EAFIT, Universidad de Medellín, Universidad EIA, Universidad CES y Corporación Universitaria Lasallista. Estas universidades estructuraron esquemas institucionales y organizacionales de transferencia de tecnología, buscando una mejor interacción con las empresas, con el propósito de integrar la innovación soportada en sus resultados de investigación.

En paralelo, el mismo G8 gestionó la constitución de estructuras y mecanismos externos de alcance colectivo para este propósito: una rueda anual de negocios para promover la interacción entre investigadores y empresarios, y desencadenar colaboraciones universidad-empresa. Los resultados de estas ruedas de negocios impulsaron a las universidades del G8 a conformar la corporación Tecnnova, que actúa simultáneamente como un brazo operativo del comité Universidad-Empresa-Estado, y como una OTRI transversal a las ocho universidades de dicho Grupo.

Las universidades del G8 son las más grandes y con mayor cantidad de grupos de investigación en Antioquia. Estas mismas universidades se han involucrado activamente en las dinámicas de aprendizaje conjunto en el marco del comité Universidad-Empresa-Estado, las ruedas de negocio, las iniciativas de Tecnnova, más la experiencia de cada una de sus oficinas de transferencia propias. Por estos motivos, este grupo de ocho universidades ha logrado una participación significativa en la actividad de CTi en Medellín y Antioquia.

En simultáneo, la Alcaldía de Medellín implementó iniciativas para participar en el desarrollo de la política regional de CTi, buscando estructurar instrumentos que le permitieran asumir un rol de liderazgo sobre el sistema local de innovación. De estas iniciativas se configuran dos instrumentos:

La Corporación Ruta N fue constituida como un centro de innovación para la ciudad de Medellín, que a manera de ente descentralizado cumple funciones de secretaria técnica de CTi para el gobierno municipal. Bajo este rol, articula acciones para dinamizar la innovación en el ámbito de Medellín. También hace las veces de gestor de nuevos negocios de conocimiento, de interés para la Ciudad.

De otra parte, la Alcaldía de Medellín aglutinó tres entidades de educación superior bajo la figura de Sapiencia, que integra a Institución Universitaria Pascual Bravo, el Colegio Mayor de Antioquia y el Instituto Tecnológico Metropolitano. Sapiencia se constituye en instrumento del gobierno municipal para participar en las actividades de educación superior e investigación. Bajo el referente del G8 y dada la participación de la Alcaldía de Medellín en el Comité Universidad-Empresa-Estado, se ha dirigido a Sapiencia a integrarse con el G8 y a medida que ese trabajo conjunto viene madurando, empieza a usarse informalmente la denominación del G11, para referirse a la agrupación de las universidades del G8 más las tres de Sapiencia.

Las 11 universidades mencionadas tienen un peso significativo en el acervo de capacidades de I+D+i de Antioquia. Esto se puede corroborar con información del Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia (Minciencias), quién registra y reconoce oficialmente, los grupos de I+D+i en todo el País. Según reportes suministrados por Minciencias (s.f.), en 2019 fueron reconocidos en Antioquia 830 grupos de I+D+i, de los cuales 596 (71,8% del total) se encuentran adscritos a las 11 universidades mencionadas. Si se consideran exclusivamente los grupos en las categorías A1 y A,

en Antioquia se localizan 331 grupos en dichas categorías, y 289 de ellos (87,3%) pertenecen a las 11 universidades del G8 más Sapiencia.

Las cifras anteriores muestran el peso de estas universidades en el componente de I+D+i del sistema regional de innovación de Medellín y Antioquia. Se considera que las universidades del G8 más Sapiencia son representativas en materia de la actividad de I+D+i en Medellín, por el nivel de concentración de las capacidades, medidas como grupos, y porque estas once universidades han sido proactivas en cuanto al establecimiento de políticas propicias a la transferencia de tecnologías, la innovación, el apoyo a *spin-offs* universitarias, entre otras. A esto se le suma el aprendizaje conjunto para la adopción de prácticas, procesos y estructuras de gestión tecnológica y transferencia de tecnología. Todo esto lo han hecho de una manera más rápida que otros entes de educación en la Región, no pertenecientes a los esquemas colegiados mencionados.

Al concentrarse gran parte de las capacidades de I+D+i de Medellín y Antioquia en las universidades de Sapiencia y el G8, resulta propicio enfocar el estudio de VM en ellas. Se consultó a personal de transferencia de tecnología en dichas entidades para recoger datos que permitieran reconocer si el fenómeno del VM les afecta. Se indagó:

- Cuántos desarrollos en el portafolio de proyectos están en la fase de demostración. Es decir que ya han cumplido con las fases de desarrollo de prototipos y pruebas a escala de laboratorio y se encuentran en gestión para avanzar hacia las etapas posteriores.
- De los desarrollos anteriores, cuántos han pasado exitosamente a las etapas de DNP o posteriores.

Así se buscó recopilar cuántos proyectos se pueden considerar que entraron al VM y cuántos lo superaron. En la práctica no se pudo acceder a la información equivalente para todas las universidades, pues no existe un proceso de registro de proyectos, homologado entre ellas. Cada universidad aplica esquemas de gestión de I+D+i, transferencia e innovación en condiciones diferentes, por lo cual no se pudo contar con datos equivalentes. Por este motivo la información obtenida debió ser tomada a manera ilustrativa, como forma de identificar si se presenta el cuello de botella propio del VM. Las mediciones obtenidas deben ser entendidas a manera descriptiva y como marcador de la existencia del VM, pero no necesariamente constituyen una estimación precisa de la magnitud del cuello de botella. Así mismo, los valores obtenidos no permiten hacer comparaciones entre una entidad y otra.

En la Universidad EIA se reportó un portafolio constituido a partir de 2016, con 17 desarrollos que fueron sometidos a gestiones para buscar alternativas de transferencia. Ninguno de esos desarrollos pasó a etapas finales. En 2020 la oficina de transferencia se concentró en un portafolio más pequeño en el cual se seleccionaron seis tecnologías resultantes de investigaciones y en condiciones para considerarse en etapa de demostración. A final del año uno de esos seis desarrollos está cercano a completar pruebas requeridas para obtener permisos de comercialización, y se considera que tiene altas probabilidades de salir del VM en 2021, pero, en rigor, aún se encuentra en el VM.

La Universidad CES reportó 42 proyectos gestionados por el programa de innovación. Se informó que ocho de ellos están en fase de operación y comercialización. Uno de dichos proyectos es compartido con la Universidad Eafit. Se mencionó que el avance de estos proyectos ha sido facilitado por la existencia de un fondo capital riesgo de la propia Universidad, que ha permitido acceder a capital en el momento de tomar decisiones de inversión por parte de la Universidad.

En el caso de la Universidad Nacional, sede Medellín, el proceso de transferencia integra portafolios anuales de proyectos que cumplen las características de entrada al VM. En los dos últimos años se tuvieron en dicho portafolio cinco y ocho proyectos respectivamente. En la salida, un proyecto del primer año superó el VM, y ningún proyecto en el segundo. En suma, los resultados obtenidos para esta Universidad corresponden a un proyecto entre 13 que supera el VM.

En la UPB, el programa UPB Innova integra un portafolio de desarrollos resultantes de investigación, en los que es reconocido un potencial para derivar una innovación. A finales de 2017 se reportaban 41 desarrollos en dicho portafolio, y ninguno de ellos había atravesado el VM. Tras actualizaciones posteriores, para finales de 2020 el portafolio se encuentra reducido a 32 desarrollos, y se reporta que uno de ellos superó el VM.

La Universidad de Antioquia tiene en su programa de gestión tecnológica un portafolio de patentes de la Universidad, a las cuales se hace promoción y gestión comercial. En total tienen 162 tecnologías patentadas que corresponden a prospectos u oportunidades de innovación, de los cuales se recibieron 83 patentes concedidas y se han logrado comercializar 13 de ellas.

El ITM reportó que en 2018 y 2019, el portafolio de proyectos objeto de actividades de gestión de transferencia fue de 18. Uno de ellos superó el VM y se plantea que hay dos proyectos adicionales cerca de superarlo.

La Universidad Colegio Mayor de Antioquia gestiona en 2020 un portafolio integrado por 22 tecnologías, de ellas hay dos que han cruzado el VM, entrando en fases de operación, comercialización y ventas.

La Universidad de Medellín estructuró en 2008 un programa de innovación y transferencia. Desde su fundación, hasta 2020 recibió 229 casos de innovación, de los cuales siete lograron pasar el VM: cuatro de ellos están operando y comercializando de forma regular y otros tres se encuentran en actividades preoperativas.

La Institución Universitaria Pascual Bravo, presentó en 2019 un informe de gestión en el cual presenta un portafolio de 20 tecnologías, en estado avanzado de desarrollo tecnológico y susceptibles de ser transferidas. Dicho grupo de proyectos se mantuvo en gestión durante 2020. Ninguno de esos proyectos ha superado el VM.

En la Corporación Universitaria Lasallista, se facilitaron las memorias investigativas que son elaboradas cada año por la Vicerrectoría de Investigación. A partir de dichos informes entre 2017 y 2019, se identifican 19 desarrollos tecnológicos que han sido desarrollados de forma continua, y en algunos de ellos hay solicitudes de patentes. De estas tecnologías, se reportó que tres han entrado a fases comerciales o de preparación para ello, y un desarrollo más está cercano de seguir el mismo camino⁶.

Al levantar la información anterior en las universidades, se verificó con los entrevistados que el reporte dado, corresponden a desarrollos gestionados por el área responsable de transferencia de tecnología o equivalente, porque la universidad considera que tienen un potencial de explotación. Se aseguró con las fuentes que no se tratara de proyectos de investigación de la universidad que no cumplieran con el criterio anterior.

Por su parte, Ruta N ofrece una visión complementaria, en virtud de su rol como articulador de las dinámicas del sistema regional de innovación. Esta entidad interactúa con los diferentes agentes que están participando en iniciativas de I+D+i, en Medellín y su área metropolitana. Como parte de sus gestiones, Ruta N estructuró un mecanismo de monitoreo a los proyectos de I+D, que le son presentados por diversos agentes de CTI en la Ciudad. Cuando un proyecto de I+D entra a ser monitoreado, no significa necesariamente que Ruta N participa en su desarrollo o gestión, sino que lo tiene identificado. La última consolidación de información se hizo en 2018, reportándose 186 proyectos de I+D respaldados por un documento de estructuración y por una fase concluida de pruebas experimentales, por lo cual se considera que tienen las características necesarias para considerarlos en etapa de demostración. También se tenía reportado que cuatro proyectos habían pasado a fases de adecuación final de estructura de operación y comercialización o ya estaban en el mercado.

Los resultados anteriores muestran que, en cada una de las entidades consultadas, una fracción reducida de tecnologías que supera el VM, respecto a las que entran al mismo. La Universidad CES arrojó los mejores resultados, pues el 19% de los desarrollos gestionados tras entrar a la fase de demostración, cruzaron el VM. Este resultado es significativamente mejor que el de las otras entidades, aunque se encuentra dentro de los rangos planteados en la literatura (Helmstetter, 2018; Dean et al., 2022), donde se advierte que normalmente de cada cinco tecnologías que entran al VM, una logra atravesarlo. Según sus registros, el portafolio del CES se acerca a este nivel, mientras el resto de las entidades consultadas tienen resultados inferiores. Todo esto permite validar que todos los portafolios revisados para las universidades del G8 y Sapiencia, muestran un comportamiento acorde con la metáfora del VM.

⁶ Esta información se levantó a partir de las memorias investigativas (Lasallista, 2017; Lasallista, 2018; Lasallista, 2019), pues en la estructura de la Universidad no se cuenta con un responsable de integrar las funciones de transferencia de tecnología o innovación. Por ello no fue posible aplicar una entrevista.

Sería sencillo calcular una tasa de superación dividiendo las cantidades de desarrollos que salen respecto a los que entran a fase de demostración, para cada universidad. Sin embargo, se prefirió no hacerlo, pues la obtención de dichos indicadores llevaría a comparar entre entidades. Cabe advertir que es inadecuado intentar dicha comparación mediante un indicador, porque cada entidad aplica un modelo de gestión distinto, que involucra diferencias respecto a los tiempos de cobertura de los portafolios, la forma cómo se conciben los desarrollos cubiertos en los portafolios, e incluso los momentos de entrada y salida del área de transferencia o innovación. Adicionalmente, en el caso de Ruta N se trata de proyectos monitoreados y no de iniciativas propias. Previniendo una comparación, o incluso un intento de jerarquización, se optó por mantener los valores de entrada y salida, que es suficiente para reconocer en cada entidad la situación de represamiento, que lleva a confirmar la presencia del VM.

En todo caso, el objetivo del análisis anterior no fue comparar o hacer un escalafón, sino identificar si efectivamente las entidades sobre las que se focaliza este estudio experimentan el VM. Pese a la diversidad de la información recabada, en todas ellas hay señales de presencia de dicho fenómeno.

2.4 Marco conceptual

En la revisión de literatura se encontraron elementos para reconocer que el VM es un fenómeno complejo, donde participan múltiples factores. También se identificó que los antecedentes aportan diversas explicaciones que cubren fragmentos del fenómeno, con aproximaciones que divergen entre factores y perspectivas. Pero los antecedentes son limitados en cuanto a ofrecer un modelo que profundice en los factores y sus relaciones, y que sirva como base para explicar el VM bajo una perspectiva sistémica. Esto tiene una implicación sobre la forma de ganar un entendimiento del VM en términos de sistemas, pues en ausencia de una base teórica que sirva como línea de partida para avanzar mediante un proceso deductivo, en cambio resulta más promisorio una ruta de tipo inductivo, en la cual se construya dicha explicación sistémica después del trabajo empírico. Esta situación es sustentada en el capítulo 0, que presenta los métodos acogidos en este trabajo.

La consideración anterior implica que el punto inicial no es una teoría previa, sino que se cuenta con un conjunto de explicaciones parciales del fenómeno, a manera de piezas de un rompecabezas por armar. Cada antecedente aporta al entendimiento de uno o unos cuantos factores a integrar en una explicación sistémica. Sin embargo, avanzar de esta forma implica el riesgo de que diferentes factores sean explicados a partir de aproximaciones teóricas disímiles, componiendo un modelo ecléctico, donde a falta de una base teórica afín a los factores, se dificulte su comparación, así como la comprensión de cómo se relacionan. Por este motivo, una condición necesaria fue identificar una aproximación teórica que sirva como hilo conductor conceptual entre los factores a considerar.

Gran parte de los trabajos previos se basan en una perspectiva financiera del VM. Sin embargo, del lado no financiero y a escala micro, se encontraron trabajos previos que aprovechan la teoría de recursos y capacidades, así como la aproximación del DNP, como base de análisis al problema del VM. Este motivo es señal de favorabilidad de esta aproximación para un eventual marco conceptual en este trabajo.

La teoría de recursos y capacidades luce promisorio por dos motivos adicionales: de un lado, en este trabajo interesa explicar el comportamiento del VM a escala micro, es decir, entender las condiciones en el ámbito de los proyectos de I+D+i que llevan a que estos entren en situación del VM, o a que eventualmente tengan una salida de él. La teoría de recursos y capacidades se basa en elementos como recursos, capacidades, rutinas, que son de una escala adecuada para explicar el comportamiento de los proyectos de I+D+i.

De otra parte, se han utilizado los recursos y las capacidades en indagaciones sobre el comportamiento dinámico de la innovación y los procesos de I+D, entre otros. Estos antecedentes facilitan estudiar comportamientos sistémicos de la I+D+i bajo recursos y capacidades. Teece (2018) apoya la interpretación sistémica de las capacidades, indicando que la jerarquía de las capacidades consiste en un sistema de elementos y actividades que se anidan y se coordinan para alcanzar objetivos colectivos y de orden superior, por lo cual es viable el análisis de capacidades bajo modelos

de sistemas. Dado que en este trabajo interesa estudiar cómo se dan los comportamientos de formación y de salida del VM bajo una aproximación sistémica, esta aproximación se ve de nuevo adecuada.

La teoría de recursos y capacidades se enfoca primordialmente en el ámbito de una firma. Grant (1991) plantea que los recursos son insumos de los procesos tales como equipo, talento humano, patentes, marcas o financiación. Mientras las capacidades integran conjuntos de recursos para desarrollar determinadas tareas, pudiéndose entender como las habilidades que habilitan la ejecución de tareas y actividades, a partir del uso e integración de recursos. Una estrategia competitiva es habilitada por un conjunto de recursos y capacidades internas, desarrolladas en un marco de oportunidades y riesgos del entorno. De ello se desprende un marco bajo el cual las opciones estratégicas de una firma no son infinitas, sino que están limitadas por el conjunto de recursos y capacidades que posean o puedan desarrollar. Esto significa que hay heterogeneidad entre las firmas, pues dos de ellas nunca tendrán el mismo conjunto de recursos y capacidades, ni podrán desarrollar capacidades idénticas. Por ello, sus comportamientos y estrategias también serán diferentes (Grant (1991).

La consideración de la heterogeneidad ha sido aprovechada para estudiar la innovación bajo el lente de las capacidades, que facilita reconocer cómo el acceso a recursos especializados y desarrollo de capacidades clave, habilitan un comportamiento innovador. Por ejemplo, Eisenhardt & Martin (2000) describen procesos de innovación de producto como resultantes de la formación y coordinación de capacidades. Esta consideración da pie para relacionar el VM con eventuales problemas o brechas de capacidades.

Sin embargo, la literatura de recursos y capacidades no muestra una aproximación monolítica, sino que comprende un conjunto de corrientes. Por ello se revisaron algunas líneas dominantes dentro de esta aproximación:

De la teoría evolucionista (Nelson & Winter, 1982), se identifica su carácter dinámico como una favorable para este estudio, pero se reconoce que esta teoría da cuenta de cómo evolucionan las rutinas a partir del aprendizaje de firmas que ya están establecidas. Dado que la unidad de análisis de este trabajo son proyectos de I+D+i, estos no cumplen la condición de tratarse de unidades productivas previamente operando, por lo cual aún no se puede considerar que las capacidades a revisar cumplan con las características de una rutina.

Las capacidades absorptivas (Cohen y Levinthal, 1990), tienen el mismo punto de partida de los modelos evolucionistas, pues interpretan la asimilación de conocimiento y fortalecimiento de capacidades en el ámbito de firmas que ya existen. Esto dificulta su uso para el análisis de proyectos que apenas están empezando a conformar capacidades, en lugar de firmas en operación con capacidades previamente desarrolladas.

También se revisaron las capacidades dinámicas (Teece et al., 1997; Teece, 2017; Teece, 2018, Winter, 2003), consideradas de orden superior porque modifican, transforman o desarrollan capacidades ordinarias u operativas. En este trabajo, la unidad de análisis corresponderá al proyecto de I+D+i, que puede ser representado como un arreglo de capacidades ordinarias, eventualmente desarrolladas e intervenidas por capacidades dinámicas, que se manifiestan en las actividades de gestión e intervención de un mecanismo de gestión tecnológica, innovación o transferencia de tecnología. Si la unidad de análisis a abordar fueran las oficinas de transferencia, las universidades, otro mecanismo de gestión tecnológica, u otra organización, las capacidades dinámicas podrían ser ideales. Sin embargo, en este trabajo se requiere estudiar las capacidades ordinarias, que no se comportan como capacidades dinámicas, y están contenidas en los proyectos de I+D+i.

Cabe aclarar que las capacidades involucradas en un proyecto de I+D+i evolucionan, pero la literatura reserva el nombre de capacidades dinámicas para las de orden superior. Así, esta denominación se aplica a las capacidades que inducen al cambio a las ordinarias, mientras estas últimas capacidades se abordan superficialmente.

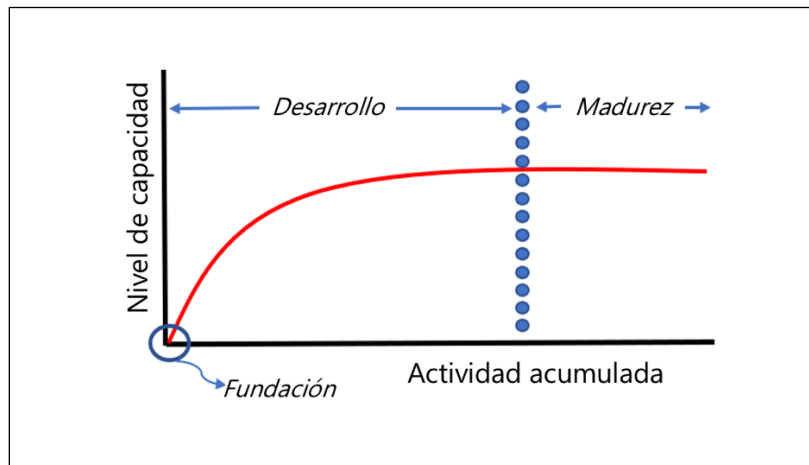
Sin embargo, el desarrollo de capacidades ordinarias no necesariamente depende de la expresión de capacidades dinámicas. Winter (2003) advierte la posibilidad de generar comportamientos de cambio mediante procesos de solución de problemas *ad-hoc*, que no obedecen a una rutina o patrón predefinido de búsqueda, aprovechamiento y transformación, y cuyo resultado es la formación o la evolución de capacidades ordinarias o de primer orden. En este caso, dichas capacidades son dinamizadas, sin que haya una capacidad dinámica o de segundo orden responsable de ello.

Siguiendo a Winter (2003), la posesión de capacidades dinámicas requiere involucrar recursos especializados durante largos periodos, lo cual implica asumir altos costos para disponer de dichas capacidades. En cambio, la ejecución de procesos de solución de problemas *ad-hoc* implica estructuras de costos más livianas, lo cual puede ser adecuado para servir al desarrollo de capacidades de innovación, con un costo menor a largo plazo. Esta situación, donde se desarrollan capacidades sin que intervenga una capacidad dinámica puede ser más cercana a los fenómenos de conformación inicial de capacidades, que se da en el marco de los proyectos de I+D+i universitarios. Adicionalmente, las universidades no necesariamente tienen capacidades previamente estructuradas y maduras, para gestionar dichos proyectos a lo largo de una fase posterior a I+D.

En síntesis, para la unidad de análisis de este estudio, se deberán considerar las capacidades que se conforman y desarrollan en un proyecto de I+D+i, e interesa la evolución de estas capacidades desde fases embrionarias hasta un nivel mayor de desarrollo. Para ello, no es relevante si las dinámicas de evolución de las capacidades de los proyectos son resultado de capacidades dinámicas o de procesos de solución de problemas *ad hoc*, sino el efecto de evolución en las capacidades del proyecto.

Una vertiente de las capacidades dinámicas ofrece una mejor perspectiva para este trabajo: Helfat & Peteraf (2003) interpretan la evolución de las capacidades a lo largo de un ciclo de vida (Ver Figura 7), en el cual se reconoce que las capacidades en general tienen un carácter dinámico, desde estados embrionarios hasta el declive, pasando por etapas reconocibles de crecimiento, madurez y agotamiento. Así como los productos siguen rutas de desarrollo en términos de ciclo de vida, con las capacidades sucede lo mismo.

Figura 7: Etapas que deben atravesar las capacidades, según el ciclo de vida. Fuente: Helfat & Peteraf (2003).



Bajo esta mirada, se puede interpretar un proyecto de I+D+i como un proceso formador de nuevas capacidades, en las cuales se puede reconocer el grado de avance en el ciclo de vida de las mismas. La meta final es materializar una innovación de producto a través de la materialización de los resultados del proyecto, posiblemente integrando una nueva unidad de negocio. Esto implica que, para alcanzar condiciones propicias a la operación de un nuevo negocio innovador, las capacidades asociadas a un proyecto de I+D+i particular fueron desarrolladas hasta alcanzar el estado de madurez. Logrado esto, las capacidades están listas para habilitar la operación de una nueva unidad de negocio.

Esta perspectiva de madurez simultánea de las capacidades y evolución de la oportunidad de innovación tiene sentido bajo la premisa de que los recursos (más las capacidades ligadas a ellos) y los productos están vinculados como dos caras de una misma moneda (Wernerfelt, 1984). Este entroncamiento también es explorado por Markham (2002b) y Markham & Mugge (2015), quienes reconocen una unidad capacidad-producto-mercado que, al evolucionar de forma integrada, habilita las condiciones para pasar el VM y etapas posteriores, hasta alcanzar la etapa operativa.

Tras entender la evolución que deben experimentar las capacidades integrantes de los proyectos de I+D+i, según el ciclo de vida de Helfat & Peteraf (2003), se podrá reconocer si brechas en el desarrollo de dichas capacidades actúan como parte del VM. Adicionalmente, el modelo de ciclo de vida define una secuencia de etapas en ese proceso de evolución de las capacidades, lo cual resulta útil para fines instrumentales, pues permitirá reconocer en qué punto del ciclo de vida se encuentra determinada capacidad, de un proyecto en particular. La Figura 7 representa las etapas que atraviesan las capacidades en el ciclo de vida. Estas son:

Fundación: sucede tras reconocer la necesidad de desarrollar una nueva capacidad. En la fundación se forman grupos de trabajo, se definen los objetivos que deberá cumplir la futura capacidad, y se empieza a gestionar los recursos para el desarrollo de la capacidad. Así se predefinen condiciones para que la capacidad emerja.

Desarrollo: tras la fundación, se activan procesos de solución de problemas, aprendizaje a través de la práctica, aplicación de ensayos, mejoras en los procesos y funcionalidades, entre otros. A medida que se avanza en esta fase, las funcionalidades para las cuales se están desarrollando las capacidades, avanzarán en un proceso de mejora acumulativa. Así se va incrementando la capacidad mediante aprendizaje, hasta llegar a un punto de saturación.

Madurez: se ha suspendido el desarrollo de capacidades, ya sea porque el desempeño es suficientemente bueno, y se toma la decisión de suspender el desarrollo. También se puede finalizar el desarrollo tras alcanzar límites, causados por las tecnologías disponibles, acceso a insumos, entre otras. En la etapa de madurez, la capacidad puede tomar la forma de rutinas si se ejecuta de forma regular. En todo caso se requiere darle mantenimiento a la capacidad, para mantener el nivel de desempeño y evitar que el conocimiento decaiga (Helfat & Peteraf, 2003).

Hasta este punto, se ha establecido que las capacidades pueden servir como base conceptual apta para interpretar el fenómeno del VM, y que el modelo de ciclo de vida de capacidades de Helfat & Peteraf (2003) aporta un marco para entender cómo se desarrollan las capacidades, durante el desarrollo de un proyecto de I+D+i. Posteriormente se podrá aprovechar esta idea para relacionar el VM con vacíos en el desarrollo de dichas capacidades. Pero para llegar a este punto, se requiere revisar conceptos que interpretan el VM en términos de múltiples brechas y factores que constituyen barreras, y aproximarlos a los conceptos de recursos y capacidades, hasta donde sea posible.

A continuación, se avanzará en el entendimiento del VM en términos factores que inciden de forma negativa, es decir, como barreras y brechas. Por razones de orden de presentación del marco conceptual, la explicación de estos elementos se desarrolla en este punto. Pero, en la práctica, el reconocimiento de cuáles son los factores relevantes para componer una explicación del VM, fue resultado del inicio del trabajo de campo, dado que se abordó el proceso de investigación bajo un método inductivo, de construcción de teoría a partir de estudio de casos (Eisenhardt, 1989), lo cual está justificado en el numeral 0.

Además de identificar que el concepto de capacidades resulta plausible como base para explicar el comportamiento de proyectos de I+D+i en el VM, interesa identificar factores que intervienen en el VM. Se da énfasis en factores del lado de la demanda, pues se busca una explicación del VM complementaria a las descripciones financieras. Un problema que surge es que literatura del VM es fragmentaria respecto al reconocimiento y estudio de dichos factores. Múltiples aproximaciones, abordan subconjuntos de los mismos, lo que dificulta un abordaje sistémico. Lo ideal sería encontrar trabajos previos que consideren integralmente los factores, con lo cual servirían como punto de partida para avanzar en la identificación sus relaciones. En cambio, se encuentran una cantidad de factores mencionados, con niveles de profundización mixtos: en algunos trabajos se analizan algunos factores, mientras que otros apenas se mencionan como parte del contexto del VM. Por tal motivo, escoger una de las fuentes en la literatura para tomar sus factores como insumo único para este estudio, introduciría un sesgo. Como alternativa, es posible listar los factores en la literatura, a partir de análisis de contenido, pero se corre el riesgo de un nuevo sesgo al interpretar las fuentes, y el resultado es un grupo de factores, sin una estructura que le dé soporte.

Se encuentran dos vías promisorias en la literatura, para reconocer los factores de interés. Una es el concepto de brechas, que aglutina factores de índole similar. Otro corresponde al término de barreras a la innovación, que son incorporadas repetidamente en las descripciones sobre restricciones involucradas en el VM.

2.4.1 El VM como expresión de brechas múltiples

Aunque en la literatura domina la expresión del VM como una brecha financiera, al profundizar se encuentran referencias adicionales a brechas de tipo institucional y de capacidades. Incluso se llega a reportar una brecha de información y capacidades, aunque esta parece ser parte de la interacción entre la brecha de capacidades y la brecha de financiación. A continuación, se expondrán las brechas anteriores, exponiendo cada una como un agregado de factores que contribuyen a la situación de bloqueo, que describe la metáfora del VM.

2.4.1.1 Brecha de capacidades

En uno de los trabajos seminales de esta aproximación, Grant (1991) plantea que los recursos y las capacidades son los elementos bajo los cuales una firma establece su propia identidad y delinea su estrategia, por lo cual las capacidades constituyen la base del desempeño. Con esta explicación de Grant, es fácil comprender la innovación como un proceso formador de nuevas capacidades. En consecuencia, anomalías en la formación de las capacidades para materializar una innovación, pueden bloquear o retrasar la culminación de la misma. Lo anterior permite conceptualizar el VM a partir de restricciones de recursos y capacidades.

Siguiendo los trabajos de Markham y sus coautores, se puede reconocer la participación de recursos y capacidades en el VM. En Markham (2002b) se describe el VM como una brecha de recursos, estructura y experiencia entre las etapas previas (de ideación e investigación) y posteriores (de desarrollo formal de nuevo producto y comercialización). Las organizaciones cuentan con recursos, personal y estructuras para las actividades anteriores y posteriores al VM, pero no se cuentan con los mismos en la etapa intermedia. Así, la deficiencia de capacidades, descrita por el autor en términos de recursos y experiencia, es lo que constituye el VM. Markham et al. (2010) postulan la participación de gestores, encargados de ejecutar las actividades necesarias para constituir capacidades de demostración técnica, de demostración del concepto de producto, de investigación de mercados y de desarrollo de caso de negocios. Al conformarse estas capacidades, se aporta a llevar los proyectos fuera del VM. Markham & Mugge (2015) consideran la identificación y articulación de capacidades internas y externas, como parte de los procesos para salvar el VM.

Aunque Auerswald & Branscomb (2003) son autores principales en la perspectiva financiera del VM, también advierten que para avanzar a DNP y comercialización, se requiere contar con recursos y capacidades, que incluyen infraestructuras de recursos habilitantes, acceso a insumos y a tecnologías complementarias; capacidad de ejecutar las operaciones que requieren los nuevos procesos de negocio, de dar entrenamiento en el uso de la tecnología, de integrar productos y plataformas complementarias según requerimientos del mercado, de operar canales de distribución y servicio. Para desplegar estrategias de primer jugador, propias de la innovación, también son necesarias dichas capacidades y recursos (Branscomb & Auerswald, 2002).

Bajo una perspectiva más amplia, de sistemas de innovación, Auerswald & Branscomb (2008), describen la importancia de contar con entornos locales donde las capacidades están distribuidas en redes. Así, las universidades integran redes de capacidades técnicas, legales, de gestión de negocios y habilidades específicas en las aplicaciones, que sirven como base para que en el ámbito de una región se cuente con habilidades de superación del VM. Las nuevas firmas, enfrentadas al VM, pueden combinar capacidades propias y otras accesibles a través de la red, que faciliten acceso a la financiación, talento humano, servicios de ingeniería, gestión regulatoria, acompañamiento en gestión financiera, entre otras.

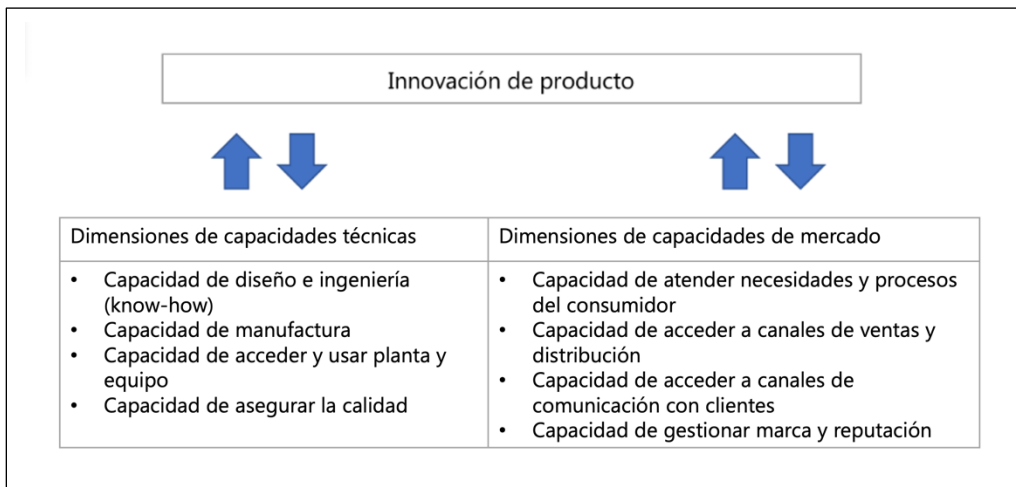
Visiones complementarias asocian la salida del VM con: acceder a plataformas y capacidades de prueba y estandarización de productos (Tassey, 2014), contar con capacidades tecnológicas en estado de alistamiento para operar, ajustar el producto a requerimientos e integrar la cadena de operaciones (Ward et al., 2018), integrar eslabones de manufactura y canales de comercialización (Islam, 2017). También se consideran capacidades de mercadeo (Schoonmaker et al., 2013) y de diseño (Midler, 2019). Estas perspectivas, junto con los argumentos previamente expuestos, de Auerswald & Branscomb, y de Markham en coautoría, sugieren que para pasar el VM, un

proyecto deberá desarrollar un conjunto de capacidades técnicas, industriales y de mercado, que deben ser maduras e integradas en el propio proyecto.

En este caso, el proyecto de I+D+i actúa como un proceso de solución de *problemas ad-hoc*, en términos de Winter (2003), cuyo programa de actividades está orientado a solucionar los diversos aspectos técnicos, comerciales e industriales, para madurar el propio proyecto hasta llevarlo a DNP, operación y comercialización. El aprendizaje a partir de las acciones tomadas para dar respuesta a cada aspecto del proyecto da lugar a la fundación y desarrollo de nuevas capacidades. En muchos casos, esto se da partiendo desde cero, y siguiendo una ruta como la descrita en el ciclo de vida de capacidades (Helfat y Peteraf, 2003).

Adoptar la proposición del VM como una brecha de capacidades implica identificarse las capacidades específicas a ser llenadas. Dicho de otra forma, cuáles las dimensiones hacen parte del vacío o restricción de capacidades. El compendio de trabajos previos da pie para visualizar una brecha de capacidades multidimensional, que, sin embargo, requiere ser ordenada. Danneels (2002), hace un aporte al respecto, al estructurar y proponer un conjunto de capacidades de tipo técnico-industrial y de mercado. Su propuesta reconoce que la presencia de tales capacidades promueve la innovación de productos, mientras que su ausencia dificulta la materialización de innovaciones. Estas capacidades son clasificadas en dos grandes dimensiones, técnica y de mercado, que a su vez integran subdimensiones de capacidad, como se presentan en la Figura 8:

Figura 8: Dimensiones de capacidad, para innovación de producto. Basado en Danneels (2002).



La Tabla 4 muestra cómo los autores del VM reconocen la necesidad de desarrollar capacidades afines a las clasificadas por Danneels (2002), como condiciones para cruzarlo y pasar a etapas finales:

Tabla 4: Capacidades reportadas por autores del VM versus dimensiones de capacidades de Danneels (2002).

Capacidad para innovación de producto	Capacidad requerida para superar el VM, según autores del tema.
De diseño e ingeniería (know-how)	Demostración técnica, demostración del concepto de producto (Markham et al., 2010), capacidades tecnológicas en estado de alistamiento para operar (Ward et al., 2018).
De manufactura	Ejecutar las operaciones que requieren los nuevos procesos de negocio, integrar productos y plataformas complementarias (Auerswald & Branscomb, 2003), integrar la cadena de operaciones (Ward et al., 2018), integrar eslabones de manufactura (Islam, 2017).
De acceder y usar planta y equipo	Infraestructuras de recursos habilitantes, insumos y a tecnologías complementarias, integrar productos y plataformas complementarias (Auerswald & Branscomb, 2003).
De asegurar la calidad	Integrar productos y plataformas complementarias según requerimientos del mercado, operar canales de servicio (Auerswald & Branscomb, 2003), ajustar el producto a requerimientos (Ward et al., 2018), plataformas y capacidades de prueba y estandarización de productos (Tassey, 2014).
De entender necesidades y procesos del consumidor	Investigación de mercados (Markham et al., 2010), capacidades de mercadeo (Schoonmaker et al., 2013).
De acceder a canales de ventas y distribución	De operar canales de distribución (Auerswald & Branscomb, 2003), canales de comercialización (Islam, 2017).
De acceder a canales de comunicación con clientes	De dar entrenamiento en el uso de la tecnología (Auerswald & Branscomb, 2003), capacidades de mercadeo (Schoonmaker et al., 2013).
De gestionar marca y reputación	Capacidades de mercadeo (Schoonmaker et al., 2013).

Aparte de estar estructurada y ajustada a partir de evidencia empírica, la clasificación de Danneels (2002) cubre en sus dimensiones la mayoría de las capacidades que fueron enunciadas por los autores que relacionan la superación del VM con el desarrollo de capacidades. Así pues, estas dimensiones sirven de referencia para reconocer el tipo de capacidades a considerar en la perspectiva de la brecha de capacidades del VM. La única excepción correspondió a la capacidad para desarrollar el caso de negocios, considerada por Markham et al. (2010). Sin embargo, esta última capacidad integra la información de las otras capacidades, por lo cual se puede considerar que está indirectamente representada, en el conjunto de las ocho dimensiones de capacidad de Danneels.

Bajo la perspectiva de capacidades, también se puede hacer una aproximación conceptual a algunos factores que posteriormente serán necesarios para describir el fenómeno del VM. Por razones de orden de presentación, a continuación, se hace una exposición conceptual de dichos factores. Sin embargo, la relevancia de presentarlos sólo será entendible al consultar el capítulo de trabajo de campo, debido al enfoque inductivo que se tomó para el desarrollo empírico de este estudio. Las primeras actividades de este trabajo de campo inductivo, que se detallan en el numeral 0, se orientaron a dilucidar cuáles son los factores más significativos para considerar en este trabajo. A continuación, se exponen dichos factores y su relación con las capacidades, en el comportamiento del VM.

2.4.1.1.1 Capacidades y alianzas

El trabajo colaborativo mediante alianzas es considerado un mecanismo que facilitan el paso por el VM. Frank et al. (1996) identifican prácticas de la colaboración y las alianzas estratégicas, que ayudaron a acelerar la comercialización de las innovaciones en la industria farmacéutica y el medio ambiente. Branscomb & Auerswald (2002) señalan que las asociaciones facilitan la resolución de problemas derivados de las limitaciones de recursos y experiencia técnica individuales. Posteriormente, Auerswald & Branscomb (2008) proponen esquemas para generar capacidades en red como estrategia para el VM, que denominan emprendimiento colectivo, basado en la combinación de capacidades propias y en red, que permitan acceder a relaciones, fuentes de financiación, talento, servicios, acompañamiento para atender asuntos regulatorios, acompañar en el modelamiento de negocios y dar soporte financiero. Barr et al. (2009) proponen redes de colaboración donde los equipos innovadores sean acompañados por asesores, gestores

e inversionistas, para ayudar a generar habilidades. Markham & Mugge (2015), consideran el trabajo bajo esquemas de innovación abierta como parte de sistemas organizacionales que gestionan el paso por el VM.

Para comprender cómo las alianzas pueden ayudar a establecer "puentes" que faciliten el cruce por el VM, se puede revisar dicha colaboración a la luz de la teoría de recursos y capacidades. A este respecto, se identifican dos perspectivas, aunque podrían ser complementarias: La primera mirada la ofrece Danneels (2002) quien reconoce que las alianzas pueden ser una vía para acceder a las capacidades que requiere la innovación en producto. Por ello propone la exploración de marcos de DNP a través de alianzas. Una idea semejante es planteada por Teece et al. (1997), quienes proponen un marco para entender la formación de rutinas y competencias organizacionales a través de procesos de integración, que pueden extenderse hasta los aliados.

Los referentes anteriores indican que, a través de alianzas, es posible acceder y utilizar las capacidades de los aliados e integrarlas para poder materializar los proyectos propios de innovación. Otros autores van más allá, planteando que el relacionamiento con los aliados no sólo permite acceder a capacidades complementarias, sino que activan procesos de aprendizaje, formadores de capacidades propias, en un plazo mayor:

- Eisenhardt & Martin (2000) indican que los vínculos externos facilitan el modificar la base de recursos y generar aprendizajes formadores de capacidades, incidiendo en el desempeño de la I + D. Esto se debe a que las alianzas promueven que nuevas rutinas puedan ser articuladas, codificadas, compartidas e internalizadas.
- Tidd (2000), relaciona diversos conceptos necesarios para comprender el rol de las alianzas en los procesos de innovación. Este autor asocia la formación de nuevas capacidades con ciclos de aprendizaje, uno de cuyos activadores es la adquisición a través de alianzas.
- Cohen & Levinthal (1990) plantean procesos de absorción de capacidades mediante captura, asimilación y aplicación de información y conocimiento de origen externo. Iniciativas de colaboración para la investigación (*cooperative research ventures*), son activadores de la absorción de capacidades.
- Madhok & Tallman (1998) exponen que las relaciones de colaboración implican aprovechar recursos y capacidades complementarias entre las partes, generando combinaciones sinérgicas.
- Davis & Eisenhardt (2011) abordan esquemas de organización bajo alianza para desarrollar innovaciones tecnológicas, encontrando que iniciativas exitosas operan bajo procesos organizativos dinámicos, que facilitan la recombinación y la complementariedad de capacidades de los aliados.

En síntesis, el recurrir a alianzas por parte de los proyectos de I+D+i en el VM, involucra el beneficio de acceder a capacidades complementarias. Esto habilita un aumento en el nivel de desempeño, para las dimensiones de capacidad que internamente no se poseen. Adicionalmente, es posible que la colaboración favorezca aprendizajes, conducentes a asimilar las capacidades e instalarlas al interior. Así se pueden validar las observaciones que hacen Auerswald & Branscomb (2008), Barr et al. (2009) y Markham & Mugge (2015) respecto a cómo las alianzas mejoran las capacidades de los proyectos, favoreciendo la superación del VM.

2.4.1.1.2 Capacidades y talento humano

Nelson y Winter (1982) introdujeron los procesos *ad hoc* de solución de problemas, como concepto auxiliar en la teoría de recursos y capacidades. Winter (2003) indican que estos procesos son no reutilizables, no repetitivos y no están determinados por patrones. Usualmente son respuesta a nuevos retos, por ejemplo, para responder al entorno. Los proyectos de I+D+i se pueden entender como procesos de solución de problemas *ad hoc*, pues cumplen con las características descritas por Winter. Esto tiene una implicación respecto a las capacidades que son desarrolladas en el marco de dicho proyecto: Los aprendizajes desarrollados en las fases de I+D no necesariamente conforman inmediatamente rutinas, dado que estas sólo serán necesarias cuando haya terminado el proyecto y en su lugar se inicie una operación empresarial. Sin embargo, estas capacidades no rutinarias deben estructurarse y tomar forma, por ejemplo, en el conocimiento tecnológico incorporado a prototipos y diseños, al dominio de procesos y a la experiencia acumulada en el equipo de trabajo que, si bien no conforma una rutina, desarrolla la destreza para resolver situaciones propias de la naturaleza del proyecto, su tecnología, su modelo de negocio, su mercado y su contexto. Esta destreza guarda similitud con la solución de problemas *ad hoc*.

Al faltar rutinas, las capacidades de los proyectos de I+D+i, dependen fuertemente del equipo de trabajo. Liening et al. (2018) proponen una estructura de habilidades, fundamentadas en conocimiento profesional, conocimiento empresarial y personalidad, que deben desarrollarse en las personas, como parte de los recursos que facilitan el paso del VM. En esta misma línea, Colombo & Piva (2008) advierten que, en los proyectos de alta tecnología, las capacidades coinciden aproximadamente con el conocimiento y las habilidades de sus fundadores. En estas condiciones, los proyectos universitarios de I+D+i afrontan dificultades para integrar las capacidades que requieren y superar el VM, pues parte de las capacidades requeridas son especializadas, lo que implica contar con talento humano muy específico, escaso y además idiosincrásico. Esta situación contribuye a la brecha de capacidades, pues dificulta acceder e integrar talento que suele estar disperso entre diferentes individuos, con competencias relacionadas con las tecnologías centrales y complementarias, más conocimiento gerencial y comercial específico de los contextos de cada negocio y su industria.

En un aparte previo se reconoció que se deben desarrollar múltiples dimensiones de capacidad, para que la oportunidad de innovación madure y eventualmente se reciba una evaluación favorable de financiadores. Esta labor implica que, además de requerirse talento humano con alto nivel de conocimiento y experiencia, también se requiere considerar la integración de equipos humanos interdisciplinarios. De otra forma se dificulta avanzar en el desarrollo de todas las dimensiones de capacidades. Diversos trabajos sobre el VM comparten esta perspectiva: Gulbrandsen (2009) propone que una buena ejecución de procesos de transferencia de tecnología, requiere equipos de composición interdisciplinar. Barr et al. (2009) se centran en habilidades del talento humano para abordar parte de las restricciones del VM. Para ello, consideran formar equipos interdisciplinarios, que faciliten el intercambio y un aprendizaje abierto y promuevan la cooperación entre disciplinas. Meyer et al. (2011) proponen programas de comercialización de tecnología diseñados bajo perspectiva interdisciplinaria.

2.4.1.1.3 Capacidades y modelos mentales

En la literatura del VM, aparece un factor adicional, relacionado con diferencias de mentalidad entre el rol del empresario y el del investigador, en muchos casos adscrito a una universidad. A juicio de varios autores, esta disparidad contribuye al problema: Frank et al. (1996) observan que, aunque los inversionistas muestran interés inicial en la tecnología, posteriormente su atención cambia hacia el potencial de mercado y el equipo innovador. Desarrollos tecnológicos que no han considerado estos aspectos, suelen quedarse en el VM.

Branscomb & Auerswald (2002) describen una imagen donde el VM tiene dos orillas. En cada una se ubica un personaje, el tecnólogo y el gerente inversionista. Los autores reconocen características diferentes, que dificultan su relación, profundizando el VM:

"On each side of the Darwinian Sea stands a quite different archetypal character: the technologist on one side, and the investor/manager on the other. Each has different training, expectations, information sources, and modes of expression. The technologist knows what is scientifically interesting, what is technically feasible, and what is fundamentally novel in the proposed approach. In the event of failure, the technologist risks a loss of reputation, as well as foregone pecuniary returns. The technologist is deeply invested in a vision of what could be. The investor/manager knows about the process of bringing new products to market, but may have to trust the technologist when it comes to technical particulars of the project in question. What the investor/manager is generally putting at risk is other people's money. The investor is deeply invested in producing a profitable return on investment, independent of the technology or market through which it is realized. The less the technologist and investor/manager trust one another the less they can communicate effectively, the deeper is the Darwinian Sea between invention and innovation". (Branscomb & Auerswald, 2002, pág. 36-37).

Markham (2002a) mantiene la imagen de dos orillas, y personas con características diferentes en cada una, al describir que a la izquierda (antes) del VM se ubica personal técnico, que encuentra valor en descubrir y mover fronteras de conocimiento, y en cambio suele desconocer las preocupaciones comerciales. A la derecha (después) del VM se encuentra personal comercial, que no comparte las preocupaciones técnicas, sino que buscan un producto para llevar al mercado. Pese a que se muestran divergencias semejantes a las descritas por Branscomb & Auerswald

(2002), Markham reconoce que entre ambas partes hay un punto de convergencia, pues ambos comparten el interés de convertir los resultados de investigación en productos innovadores, que generen valor en el mercado.

Esta preocupación es retomada posteriormente por Markham & Mugge (2015). Se parte del reconocimiento de tensiones entre roles en el proceso de innovación, específicamente entre el descubrimiento y la comercialización, así como entre la gestión financiera y la I+D. Las perspectivas diferentes llevan a que cada parte utilice su propio lenguaje y considere importantes sus propios resultados. Estas tensiones dificultan la materialización exitosa de las innovaciones. De nuevo, se asocia esta situación con diferencias en el tipo de educación formal, objetivos, esquemas de mediciones, recompensas y reconocimiento, lo que se puede reconocer, por ejemplo, en el hecho de que los investigadores tienen poca familiaridad con las dinámicas y restricciones de los negocios y los costos.

Otros autores reconocen disparidades en modos de pensar (*mindsets*): Verhoeff & Menzel (2011) consideran que parte del VM se debe a que los innovadores normalmente se concentran en el desarrollo y perfeccionamiento de la tecnología, mientras desconocen las necesidades del cliente, su posicionamiento en el mercado, el equipo humano o los proveedores requeridos. Abereijo (2015) y Liening et al. (2018) reconocen la necesidad de trabajar en la mentalidad del investigador para que sean más empresariales. Barron & Amorós (2020) describen comportamientos de innovadores universitarios, asociados a rasgos de mentalidad científica: dificultades para interactuar con personas en la industria, problemas para explicar sus proyectos en términos de negocios, y para trasladar sus ideas al lenguaje común, que usa el mercado. También identifican resistencia de los investigadores a plantear la utilidad y el mercado de su producto innovador. Las referencias anteriores coinciden en que las diferencias en los modos de pensar del investigador y el empresario participan en el problema del VM.

Todos estos planteamientos son interpretables con ayuda de las dimensiones de capacidad, pues se pueden resumir las observaciones anteriores en una consideración: los innovadores les dan énfasis a dimensiones tecnológicas, especialmente al *know-how*, teniendo por fuera de sus marcos de pensamiento otras dimensiones, relacionadas con el mercado, las ventas y los ingresos.

Sin embargo, el término “modo de pensar” corresponde a un concepto amplio, que puede abordarse desde múltiples aproximaciones. Por ello, es pertinente identificar una que facilite su integración dentro de la perspectiva de capacidades que se está desarrollando en este capítulo. Una forma para abordar los modos de pensar es a través de modelos mentales (MM). Kim (1998) describe los MM como imágenes arraigadas profundamente en la mente de los individuos, que representan su entendimiento de cómo funciona un aspecto de la realidad. Dichas imágenes intervienen en la forma de interpretar el mundo, y con ello en el tipo de decisiones que se toman y en las acciones acometidas. Estas representaciones están arraigadas en el conocimiento tácito de las personas, que muchas veces no son conscientes de sus MM (Senge, 2010). Sin embargo, es factible aplicar procesos para volver explícitos y presentar estructuradamente los MM. Por esta razón, los MM resultan útiles para abordar los modos de pensar advertidos en la literatura sobre el VM.

Otros trabajos previos ayudan a validar la conveniencia de usar los MM para reconocer estructuradamente los modos de pensar: Bessant et al. (2014) entienden los modos de pensar como marcos cognitivos, que a son utilizados para darle sentido al entorno. Tales características también son distintivas de los MM. Assink (2006), utiliza los MM para analizar barreras en los modos de pensar, y su incidencia como inhibidores a la innovación disruptiva. El autor reconoce una gran barrera de modos de pensar, constituida por MM obsoletos. Tollin (2008) y Strandvik et al. (2014) analizan procesos de marketing bajo los MM. Estos trabajos utilizan los modos de pensar y los MM como conceptos fuertemente relacionados. De hecho, Tollin (2008) los trata como sinónimos. En este trabajo se adopta una interpretación más cautelosa, entendiendo que los MM involucran una estructura cognitiva, que les permite actuar como herramienta para hacer explícitos y analizar los modos de pensar.

Si se toman los antecedentes anteriores como referencia, cabe considerar que los MM pueden aportar a identificar los modos de pensar que han sido reportados como factores que dificultan la resolución del VM. Una ventaja adicional de los MM, es que éstos han sido ampliamente utilizados en desarrollos de teoría y modelamiento de sistemas, lo cual resulta favorable para el desarrollo final de este trabajo.

Kim (1998) aporta elementos para entender en qué consisten los MM y cómo condicionar el comportamiento de individuos y grupos, lo cual es pertinente para comprender cómo inciden estos en la vida de los proyectos de I+D+i.

También aporta una visión de los procesos de aprendizaje ligados a la materialización y evolución de los MM, que permiten relacionarlos con la formación de capacidades. El autor explica que los MM ayudan a darle sentido a la realidad que se percibe y al tiempo, restringen la comprensión de dicha realidad, al establecer qué elementos son valorados como más relevantes y cuáles no. Los individuos y los grupos humanos utilizan los MM para interpretar la información del mundo real, y determinar qué tan relevante es dicha información con respecto a una situación, dando así un sentido de prioridad.

De esta forma, dimensiones reconocidas como relevantes en el MM, tienden a canalizar decisiones y acciones en el sentido de las mismas. En cambio, dimensiones con poco peso o incluso ausentes en el MM, son inhibidores de acciones y decisiones relacionadas con dichas dimensiones. Senge (2010) agrega que los MM determinan la forma cómo los individuos interpretan el mundo, a la vez que moldean sus actos.

Esta idea resulta promisoria para interpretar lo observado por autores del VM respecto a la divergencia en modos de pensar de los innovadores universitarios, en comparación con los empresarios e inversionistas. Si los innovadores de la academia construyen MM donde se concede un alto valor a las dimensiones tecnológicas, mientras no se consideran importantes las dimensiones de mercado (Markham, 2002a; Verhoeff & Menzel, 2011), se pueden prever efectos, si se interpreta lo expuesto por Kim: estos innovadores probablemente concentren sus esfuerzos en desarrollar las dimensiones técnicas, y no las de mercado, que son afines con el MM de los gerentes e inversionistas. (Markham, 2002a; Branscomb & Auerswald, 2002; Abereijo, 2015).

Explica Kim (1998) que los MM participan en un ciclo de aprendizaje, con dos componentes de naturaleza cognitiva. El primero es de tipo conceptual, relacionado con el entendimiento de por qué se deben buscar determinadas acciones o resultados, y qué tan prioritarios son. Estos componentes actúan como marcos para interpretar la información, tomar decisiones y actuar. El otro nivel corresponde a un aprendizaje operacional y procedimental, en el cual se asimilan los pasos o secuencias de acciones para ejecutar una tarea determinada, y que dan lugar a la formación de rutinas. Interpretando estos conceptos bajo el marco de recursos y capacidades, se entiende que el conocimiento de tipo procedimental se integra bajo la forma de capacidades, mientras los MM corresponden a los marcos cognitivos que le dan sentido, dirigen y activan la ejecución de acciones.

A la luz de Kim (1998), lo anterior implica que los MM determinan el desarrollo de capacidades, pues establecen reglas de decisión que influyen en la puesta en marcha de acciones, movilización de recursos y definición de dirección hacia donde se encauzan las acciones. Todo esto es parte del proceso conducente a la fundación y desarrollo de capacidades. Zollo & Winter (2002) ayudan a completar la conexión, explicando que a partir de las acciones ejecutadas (bajo el marco de los MM) se desencadena un proceso de acumulación de experiencia, conducente al desarrollo de capacidades de tipo operacional.

Gary & Wood (2011) identifican que firmas con MM diferentes adoptan estrategias distintas y obtienen niveles diferentes de éxito competitivo. Esta situación es explicable si se acepta que entre dichos modelos y los resultados, media el desarrollo de capacidades, que también son heterogéneas, y se vinculan de un lado con los MM, tal como se ha descrito, y de otro con la estrategia y los resultados competitivos (Grant, 1991; Nelson & Winter, 1982). Esta posibilidad se puede trasladar a un proyecto de I+D+i que se entiende como un sistema de capacidades:

Las capacidades del proyecto se desarrollan en el marco de una relación con un MM que define, así sea de forma inconsciente, un nivel de referencia o deber ser, respecto a cuáles capacidades son prioritarias, o qué tanto se deberían desarrollar. Un MM que represente el nivel de importancia respecto al desarrollo de cada capacidad de innovación de Danneels (2002), puede ayudar a reconocer de forma estructurada dichas características de mentalidad en los responsables de los proyectos. Si se pueden reconocer y hacer explícitos los MM de diferentes agentes involucrados en las acciones y decisiones sobre los proyectos de I+D+i, será posible comparar, por ejemplo, las diferencias entre MM de innovadores e inversionistas. También será posible reconocer la incidencia de determinados MM en la construcción de las capacidades que se requieren para superar el VM.

2.4.1.2 Brecha institucional

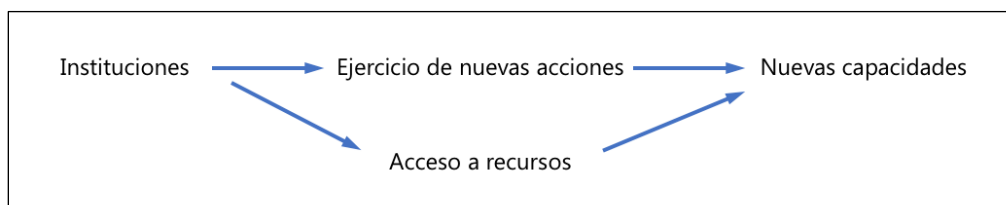
North (1991) describe las instituciones como sistemas normativos o de reglas de juego, que permiten estructurar la interacción entre agentes. Incluyen instituciones informales, como prácticas, tradiciones, códigos de conductas, tabús, entre otros, y de otra parte reglas formales tales como acuerdos, contratos, leyes o normas explícitas. Esta perspectiva implica condiciones institucionales de las universidades, así como del entorno. En la literatura de recursos y capacidades, se pueden encontrar asociaciones entre la formación de capacidades y las instituciones:

Leonard-Barton (1992) propone un conjunto de dimensiones que contribuyen a la formación de capacidades medulares. Una es el conjunto de valores y normas que delimitan patrones de comportamiento de las organizaciones, incorporándose a los procesos de aprendizaje y control. Así, elementos normativos inciden en la conformación de capacidades. La autora lleva este concepto hacia situaciones donde las organizaciones deben enfrentarse a lo nuevo, estableciéndose tensiones entre el *statu quo* y a innovación, porque las capacidades "institucionalizadas" generan inercia y rigidez, dificultando la formación de nuevas capacidades. Esta autora sugiere una relación bidireccional entre instituciones y capacidades, pues las capacidades ya dominadas y asimiladas en la rutina inciden en las normas aceptadas, y esto restringe las decisiones que llevan a formar nuevas capacidades.

Teece (2018), plantea un marco de integración de capacidades, donde las instituciones inciden en el suministro de recursos. Esto significa que restricciones institucionales pueden limitar el acceso a los recursos requeridos para construir capacidades. Esto se puede entender en tanto las reglas contenidas en el ámbito institucional, definen las decisiones de asignación de recursos dichas capacidades.

Situaciones institucionales desfavorables pueden dificultar la formación de nuevas capacidades, al inhibir la ejecución de acciones que estén fuera de la tradición o *statu quo*. Esta incidencia se incrementa cuando la institución conduce a una limitación de los recursos que se requieren para desarrollar las nuevas capacidades, o incluso para mantener capacidades previas. La estructura de relaciones sigue dos ramas, ilustradas en la Figura 9.

Figura 9. Incidencia de las instituciones sobre formación de nuevas capacidades.



De la literatura de aproximación financiera se puede sintetizar una idea frecuente, que se sintetiza en la rama de acceso a recursos, de la figura anterior: se deben resolver deficiencias en la definición de políticas y reglamentación de los instrumentos que financian a los proyectos de I+D+i en fase de demostración, así como otros instrumentos que inciden sobre recursos no financieros, como normas para asignar tiempo de personas o acceder a recursos físicos. De esta forma, se facilita el acceso e integración de los recursos que hacen falta para desarrollar las capacidades en los proyectos, lo cual es en parte condición para superar el VM y pasar a DNP, operación y comercialización.

En la primera rama, autores de la perspectiva financiera, entre ellos Auerswald & Branscomb (2003), reconocen que asuntos institucionales contribuyen a la brecha de financiación que se relató en el numeral 0. La falta de estructuración y reglamentación de instrumentos financieros adecuados para las características y necesidades de los proyectos de I+D+i en etapa de demostración. Esta idea conduce a explorar diversos mecanismos de financiamiento privado, que cubran la brecha de financiación del VM, más fondos de capital de riesgo y de inversionistas ángeles (Frank et al., 1996; Auerswald & Branscomb, 2003), créditos bancarios (Colombo & Grilli, 2006), fondos de capital semilla (Munari et al., 2015; Munari et al., 2018), *crowdfunding* (Herve & Schwienbacher, 2018; Daldrup et al., 2020). También se ha explorado la cobertura de la brecha de financiación a partir de políticas e instrumentos de financiación

pública (Weyant, 2011; Olmos et al, 2012, Islam et al., 2018; Nemet et al., 2018, Borys, 2020). Auerswald & Branscomb (2008) plantean ejemplos de regiones donde se habilitan fondos de capital de riesgo, inversionistas ángeles y otros mecanismos de financiación, combinados con políticas e instrumentos de fomento a la cultura empresarial y estímulo a servicios en red, buscando una mejora de condiciones locales para manejar el VM.

La segunda rama reconoce una relación entre brecha institucional y de capacidades. Se origina en dificultades universitarias para afrontar requerimientos de cambio institucional para atender necesidades de los negocios y la industria, asumiendo un rol emprendedor, preocupado por su impacto en el medio (Gulbrandsen, 2009; Meyer et al., 2011; Abereijo, 2015). Visto de forma más amplia, implica que la universidad participe en el desarrollo socioeconómico mediante la innovación. Este cambio se ha entendido como parte del cumplimiento de una tercera misión en la universidad (Abereijo, 2015; Munari et al., 2014; Munari et al., 2016).

Sin embargo, estas expectativas involucran tensiones entre el modelo clásico de universidad académica e investigativa y el de universidad innovadora: se pone en cuestionamiento el paradigma tradicional, de universidades concentradas en la investigación, mientras la actividad productiva corresponde a la industria (Gulbrandsen, 2009). Se espera que, en un nuevo modo de operación, la universidad sea competente en su rol tradicional, y también lo sea como universidad innovadora. Abereijo (2015) señala que se espera de las universidades un comportamiento empresarial, a través de la participación en innovaciones y en la generación de nuevas empresas de origen académico. Al manifestarse estas tensiones, junto con las dificultades para cumplir cabalmente el nuevo rol, uno de los efectos lo afrontan los proyectos, que encuentran restricciones para acceder a recursos cuando abordan actividades que ya no son de investigación. Esto dificulta la formación de las capacidades para avanzar en la I+D+i, y alargan la estadía en el VM.

Aunque se puede considerar el concepto de la tercera misión como parte de la evolución interna de las universidades, Gulbrandsen (2009) indica que el entorno, y especialmente el estado, ejercen presión para que las universidades intensifiquen su actividad en el modelo empresarial. Esta situación puede inducir cambios forzados o acelerados. El resultado de las presiones ha sido una brecha de capacidades de la universidad, para comercializar los resultados de investigación, que incide en la formación del VM en su contexto específico.

Detrás de esta tensión institucional, donde las universidades deben responder a reglas de juego diferentes, se identifica un problema de límites: las fronteras que establece el modelo universitario emprendedor son diferentes que las que establece el de la universidad investigadora. Para tener un comportamiento empresarial, es necesario que las universidades cuenten con otras capacidades, así como cambiar normas y procedimientos para promover agendas de investigación orientados a la colaboración y a la solución de problemas. Incluso implica expandir las disciplinas, y redefinir lo que es una comunidad de expertos y el tipo de actividades que ellos desarrollan. Finalmente, implica atender una discusión respecto a cuál puede ser un mejor esquema de medición para los resultados de investigación. Desencadenar estos cambios implica transformar esquemas normativos y definiciones de procedimiento. También requiere que las universidades acopien nuevas capacidades, lo que implica vencer las inercias a la formación de capacidades que describe Leonard-Barton (1992).

Los cambios enumerados son profundos, y merecen una reflexión en las universidades respecto a la adopción de la tercera misión, y la forma de integrarla con las misiones previas de formación e investigación, sin interferencias externas. Además, materializar las transformaciones requieren un esfuerzo deliberado e intenso. Sin embargo, Abereijo (2015) advierte que estos cambios se dan por sentados, asumiendo que ya las universidades han modificado modelos, estructuras e incluso esquemas mentales. En realidad, es persistente la diferencia entre lo que el entorno demanda de la universidad, y lo que ésta puede dar, en función de su nivel de evolución institucional. De ello se deriva una brecha, con la forma de una desconexión entre investigación e innovación, reconocible el VM.

De otra parte, la redefinición de límites institucionales para acoplarse a la tercera misión lleva a las universidades a una situación de sistemas abiertos, en los cuales las dificultades de ajuste no solamente están del lado de las universidades, sino también, en los otros agentes del proceso colaborativo de I+D+i. Gulbrandsen (2009) encuentra situaciones de resistencia empresarial para colaborar con las universidades, aduciendo razones como el alto riesgo de las inversiones, problemas de velocidad de respuesta de las universidades, estructuras de incentivos diferentes entre las universidades y las empresas, problemas de propiedad intelectual, y falta de comunicación. En esta relación

también incide la diferencia de valor que dan uno y otro al conocimiento teórico y al resultante de la práctica. Agrega la autora que estas fricciones son magnificadas por visiones del mundo divergentes, estructuras burocráticas, más la normativa de los agentes involucrados. Todo esto dificulta la colaboración entre universidad y empresa, que complemente las capacidades para llevar las tecnologías del VM al mercado.

Bajo este entramado de tensiones institucionales y capacidades no desarrolladas, se conciben los programas u oficinas de transferencia de tecnología, como mecanismos para facilitar la superación del VM. Gulbrandsen (2009) plantea que los problemas en el VM suelen ser entendidos en términos de solucionar restricciones a lo largo de un proceso lineal, donde el conocimiento se mueve en lapsos secuenciales, del científico al tecnológico, y luego al empresarial. Bajo esta interpretación lineal, subyace la idea de que los procesos de transferencia de tecnología son automáticos. Sin embargo, al tratarse de un proceso más complejo y tener involucradas tensiones institucionales y vacíos de capacidades no resueltos, se puede entender que los resultados de las oficinas de transferencia sean menores de lo que se puede prever.

La tensión relatada también afecta a los investigadores: Según Abereijo (2015), al figurarse que las universidades ya han cambiado de modelo, también se presume que los investigadores académicos han adquirido una mentalidad empresarial. En ello se desconoce que entre estos dos roles hay habilidades, aptitudes, percepciones y contextos diferentes, lo que dificulta la conexión entre el conocimiento y las oportunidades de negocio. Esto implica un vacío de roles que también contribuye al VM.

2.4.1.3 Brecha de financiación

La aproximación financiera del VM constituye la línea dominante, tal como se pudo reconocer en el capítulo de revisión de literatura. La idea del VM como brecha de financiación, apunta a que antes de la etapa de demostración se puede acceder a fuentes de financiación para I+D, incluyendo fuentes propias y agencias del gobierno, que normalmente están disponible para actividades de I+D. Dichas fuentes dejan de suministrar recursos cuando los proyectos llegan a la etapa de demostración. De otra parte, existen mecanismos adecuados para financiar los proyectos que han superado el VM e ingresado a DNP, operación y comercialización. Sin embargo, las condiciones de los proyectos en demostración son prematuras para que dichos instrumentos participen en la financiación (Auerswald & Branscomb, 2003). En síntesis, la brecha de financiación corresponde a un suministro insuficiente de recursos para proyectos en fase de demostración, que ya no son aptos para ser financiados con las fuentes iniciales de I+D, y aún no cumplen con condiciones para que lo hagan los fondos de inversión empresarial.

Si el VM es entendido como una brecha de financiación, tiene sentido explorar instrumentos financieros para solucionarla. Mecanismos considerados para financiar la etapa de demostración y resolver el VM, incluyen inversionistas ángeles, inversiones corporativas y universitarias, fondos de capital semilla, inversionistas ángeles soportados por deuda bancaria, fondos dirigidos o agencias gubernamentales. Estos mecanismos buscan resolver la falta recursos para salir del VM, y alinear motivaciones e incentivos entre los innovadores y los financiadores.

Sin embargo, miradas críticas cuestionan la efectividad de este abordaje, lo que apunta a que los instrumentos financieros son una solución incompleta, o, constituyen una condición necesaria pero no suficiente para tratar el VM. Auerswald & Branscomb (2003) interpretan que la proliferación de instrumentos para resolver la brecha de financiación, puede ser un síntoma de problemas de información y desacoples en el sistema. Advierten que, pese a la necesidad de financiación en el VM, es usual que los inversionistas se queden con recursos sin desembolsar. Esto implica que proyectos de I+D+i en el VM permanezcan esperando financiación, mientras las fuentes de financiación no encuentran proyectos en los cuales invertir. Esto refleja la complejidad del problema del VM, y aunque se debe reconocer el aporte de los mecanismos de financiación, estos resultan necesarios, pero insuficientes.

Beard et al. (2009) acompañan esta crítica, considerando los criterios bajo los cuales se aprueba la financiación de proyectos. Reconocen que en etapas iniciales de I+D, la decisión de financiar proyectos se basa en criterios no económicos, tales como generación de nuevo conocimiento; mientras al pasar a la etapa de demostración, la continuidad de los proyectos es decidida bajo criterios económicos. Esto significa que los proyectos son evaluados con criterios diferentes a los usados en su concepción y aprobación inicial. Por este motivo es de esperar que algunos

proyectos seleccionados y financiados en I+D, no sean evaluados favorablemente en la siguiente etapa, y en consecuencia no sean financiados. Este cambio genera la brecha de financiación del VM, según los autores.

Markham & Mugge (2015) se aproximan a la tesis anterior, indicando que es frecuente gestionar portafolios con exceso de proyectos, lo que lleva a distribución difusa de los recursos. Por esta razón, muchos proyectos no obtienen una financiación suficiente y no alcanzan a desarrollar las capacidades requeridas. El problema se agrava cuando proyectos que ya no pueden justificar su continuación y deberían ser abortados, son mantenidos en ejecución, consumiendo recursos, y limitando las probabilidades de superación del VM para todo el portafolio de proyectos.

Dados los cuestionamientos anteriores, es pertinente ahondar en las condiciones bajo las cuales los financiadores actúan a la hora de financiar los proyectos. En tanto el financiador decida desembolsar los recursos para financiar el proyecto, este tendrá posibilidades de salir del VM, pasar a DNP, y a etapas subsiguientes, hasta entrar en operación y comercialización. Sohl (1999) plantea que la brecha de financiación resulta de dos restricciones simultáneas, de capital e información. La última corresponde a deficiencias para acceder a información confiable para conectar las fuentes de financiación con las oportunidades. Esta descripción antecede a lo expuesto por Hall (2002) respecto a las asimetrías de información que afronta el financiador al analizar los proyectos de I+D+i en fase de demostración. El efecto de dichas asimetrías es un aumento en la percepción de riesgo, que se traduce en un mayor costo de capital. Así, el costo elevado actúa como barrera de entrada de los proyectos a la financiación requerida. También persuade a los innovadores de buscar financiación externa, optando preferencialmente por financiar con recursos propios (Hottenrott & Peters, 2012).

Lo anterior sugiere que la resolución de condiciones para acceder al capital y solucionar la brecha de financiación del VM, no sólo requiere que se resuelvan asuntos del lado de la oferta financiera, es decir, disponibilidad de capitales y adecuación de instrumentos. También se deben revisar las condiciones del lado de la demanda de dicho capital, en el ámbito de los proyectos de I+D+i. En el contexto de iniciativas de innovación universitarias, Munari et al. (2016) hacen una revisión estructurada de la brecha de financiación, de los lados de la oferta y de la demanda.

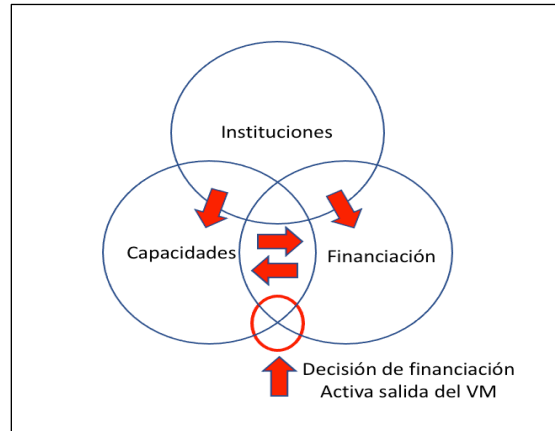
- En la oferta, se encuentran los asuntos relacionados con los instrumentos de financiación y los fondos. Involucran problemas de asimetrías de información, costos de transacción, riesgos y barreras de salida.
- Del lado de la demanda, el asunto fundamental está relacionado con que las oportunidades de inversión, es decir los proyectos, en muchos casos tienen deficiencias en sus condiciones de alistamiento para la inversión. Se argumenta que se deben cumplir unas condiciones de calidad para la inversión, entendida como el cumplimiento de un conjunto de expectativas para el financiador. Si éstas se cumplen, el inversionista puede considerar que el proyecto es una oportunidad de innovación atractiva. Sin embargo, es usual que los proyectos no cumplan con los requerimientos de calidad para la inversión, e incluso que los innovadores desconozcan dichos requerimientos. De aquí se desprende un punto de conexión entre la evaluación de los proyectos como oportunidades de financiación, y las capacidades que sustentan al proyecto de innovación.

Colombo & Piva (2008) advierten una doble brecha en el VM, de financiación y de conocimiento. La última está ligada a las capacidades de los innovadores, generadas por experiencia. Klein (2014) identifica que, al evaluar oportunidades de inversión, los financiadores consideran el perfil de capacidades, como indicativo del potencial de éxito de los negocios. Cuando el inversionista reconoce que se cuenta con las capacidades para la puesta en marcha del negocio, son más altas las probabilidades de que se invierta. De forma semejante, Maxwell (2011) revisa los criterios de evaluación de inversionistas ángeles, encontrando que estos consideran las capacidades, experiencia y rasgos de los equipos emprendedores. A niveles de capacidades y experiencia más altos, mayores probabilidades de acceder a una oferta de financiación. Complementando estas apreciaciones, Nemet et al. (2018), interpretan que la brecha de financiación resulta de la consideración de múltiples factores inherentes a los proyectos: dificultades para alcanzar la escala de operación, funcionalidad técnica no comprobada, incertidumbre respecto a la aceptación del mercado, y falta de garantías de apropiación de beneficios de la innovación.

En este punto, resultará útil una estructura de dimensiones de capacidad para la innovación de producto, necesaria para la materialización de una innovación de producto, según propuesta de Danneels (2002) y que se describen en el numeral 0. Si al final de la fase de demostración, las dimensiones de capacidad están en un estado razonable de desarrollo, se da respuesta a las preocupaciones que plantean Nemet et al. (2018). De manera semejante, los

requerimientos de calidad para la inversión indicados por Munari et al. (2016) pueden expresarse como umbrales mínimos, a cumplir por determinadas dimensiones de capacidad. Así, el arreglo de dimensiones de capacidades puede ser una representación que haga visibles a los financiadores qué tan desarrolladas se encuentran las capacidades de los proyectos objeto de evaluación. De esta forma, se establece una conexión entre la brecha de capacidades y la brecha de financiación.

Figura 10: Triple brecha asociada al VM y emergencia de decisión de salida.



Resumiendo lo planteado a lo largo del numeral 0, se puede reconocer una deficiencia en un sistema de brechas como el propuesto en la Figura 10. El reconocimiento de una brecha de capacidades por parte del evaluador corresponde al no cumplimiento de condiciones de calidad para la inversión (Munari et al., 2016). Esta evaluación desfavorable incide en parte en la formación de la brecha de financiación, al reducirse la disposición a invertir en proyectos de I+D+i donde aún es incipiente el desarrollo de las capacidades para poner en marcha el negocio.

También se puede reconocer que el evento desencadenante de la salida de un proyecto del VM, sucede cuando se rompe esta restricción y un financiador toma la decisión de invertir, para financiar las actividades de salida hacia fases finales de DNP, operación y comercialización. Si el inversionista toma una decisión favorable, esto se refleja en un proyecto que resuelve la brecha de financiación y supera el VM, como comportamiento emergente, tal como se representa en la Figura 10. Este asunto será relevante a la hora de considerar una representación del VM en términos sistémicos, lo que se desarrollará en el numeral 0.

Cabe aclarar que cuando se da esta decisión, el proyecto encuentra condiciones propicias para pasar a actividades de DNP. Sin embargo, aún no se puede asegurar un éxito en el lanzamiento y operación comercial del producto innovador, pues esto depende de condiciones adicionales, que se pueden manifestar en las actividades de DNP, operación y comercialización. Todo ello podría ser abordado en estudios posteriores, del VM2, o VM de comercialización.

2.4.2 Otros elementos en el VM: Factores y barreras a la innovación

Además de las brechas, se identifican en la literatura otros factores de bloqueo, calificados de forma genérica como barreras a la innovación. Surgen preguntas: de un lado, si las barreras a la innovación se manifiestan en el VM; de otro, si éstas pueden ser parte de los factores con los cuales explicar el problema de interés. En este aparte se presentan perspectivas en la literatura que mencionan las barreras a la innovación como factores participantes en el VM, o que proponen estrategias para removerlas.

Aunque puede entenderse el VM como la materialización de una gran brecha para la innovación (Lee et al. 2017; Dean et al., 2022), varios autores consideran que las barreras a la innovación son factores involucrados en él. Para Liening et al. (2018) el VM es efecto de falta de recursos en los proyectos de innovación académicos, que

Llevar a la manifestación de barreras que limitan el éxito de dichas innovaciones. Weiss & Bonvillian (2013) relacionan el VM en sectores tradicionales con la presencia de barreras a la innovación, que son difíciles de superar.

Pese a que las barreras a la innovación aparecen reiteradamente, no es mucho el desarrollo en cuanto a identificar cuáles son esas barreras. Un grupo de autores reconoce que las barreras a la innovación conforman el estado de restricciones del VM. En cada caso, la literatura se queda en la enumeración de algunas barreras, sin profundizar o dar detalles respecto a ellas. A continuación, se presentan autores que hacen este tipo de aproximaciones:

En uno de los primeros trabajos sobre el tema, Frank et al. (1996) reconoce diversos tipos de barreras, cuya presencia atemoriza a potenciales compradores e inversionistas, lo que retrasa los proyectos en el VM. El conjunto de barreras mencionadas, son:

- Institucionales: problemas de requisitos y permisos, falta de estándares y riesgos de exposición a responsabilidades por parte de los desarrolladores.
- Financieras: falta de financiación para el desarrollo tecnológico y datos insuficientes en costos y rendimiento tecnológico.
- Organizacionales: problemas de gestión empresarial, mentalidad de "no inventado aquí".
- Barreras de mercado: falta de entendimiento de las necesidades o del tamaño del mercado, incertidumbre en la ruta de comercialización y en la respuesta del mercado y, tiempos de comercialización prolongados.
- Tecnológicas: limitación de las aplicaciones para el sector privado.
- De articulación: falta de vínculos sólidos entre el desarrollo y la implementación de tecnología.

Branscomb & Auerswald (2002) reconocen barreras institucionales, de comportamiento, de mercado y financieras, que dificultan la etapa de demostración. Markham et al. (2010) apuntan que las barreras a la innovación hacen parte del VM, pero no las enumeran. Posteriormente, Markham & Mugge (2015) indican que múltiples barreras, que intervienen en el VM, van desde las limitaciones en dinero, personas y otros recursos, hasta fuerzas sociales, políticas y culturales. Estos autores usan los términos factor y barrera a la innovación como sinónimos. Calza et al. (2021) asocian la superación del VM con la solución de barreras relacionadas con la financiación, riesgo de fracaso, experiencia técnica, soporte de oficinas de transferencia de tecnología e incentivos a los investigadores.

Otros autores proponen estrategias que ayuden a remover barreras a la innovación, para pasar el VM: agencias de financiación que incluyan acompañamiento en innovación abierta, intercambio de conocimiento y reducción de riesgos (Mcintyre, 2014); integración inter-organizacional y participación de intermediarios (Islam, 2017); incubación (Barron & Amorós, 2020); Gulbrandsen (2009) conceptúa los programas de transferencia universitarios, como neutralizadores de múltiples barreras e instrumentadores de mecanismos a manera de puentes. Pese a que en la literatura se mencionan las barreras a la innovación, e incluso se equipan con factores en el VM, no se encuentra una exposición estructurada y detallada de las mismas.

Por ello, se optó por buscar propuestas ordenadas de barreras a la innovación, en otras fuentes, para después revisarlas dentro del ámbito del VM. Por ello se revisaron trabajos previos en la literatura sobre innovación, para encontrar trabajos que han analizado y clasificado barreras a la innovación. Fue de interés saber en qué consisten, cómo se abordan conceptualmente y cuál es la relación entre barreras y factores. Por ello, se buscaron documentos que hicieran una clasificación o taxonomía de barreras a la innovación, las cuáles suelen resultar de revisiones de literatura. En el anexo 6 se detalla la ecuación de búsqueda y criterios de filtrado.

Se obtuvieron tres documentos, que coinciden en que, si bien el término barrera actúa como aglutinante, se usan adicionalmente otras denominaciones: Sandberg & Aarikka-Stenroos (2014) identifican denominaciones como barreras, impedimentos, obstáculos, cuellos de botella, dificultades, problemas, retos o restricciones. Así mismo, Hadjimanolis (2003) reconoce las barreras como obstáculos, restricciones o inhibidores. Hueske & Guenther (2015) advierten que los términos barrera, impedimento u obstáculo son intercambiables. Esta variedad es controlada en las tres fuentes, que hacen clasificaciones ordenadas de barreras a la innovación a partir de la síntesis múltiples documentos, con diversas denominaciones para las barreras.

Adicionalmente, dos de las fuentes relacionan barreras y factores: Hueske & Guenther (2015) definen las barreras como factores que pueden impedir, demorar o bloquear la innovación. Hadjimanolis (2003) reconoce como barrera

a cualquier factor con influencia negativa en el desarrollo del proceso de innovación, mientras que factores con influencia positiva se pueden denominar facilitadores. Sin embargo, unos y otros están relacionados, pues dependiendo de las condiciones, los facilitadores se pueden convertir en barreras o, al contrario. Avanzando en esta idea, se puede considerar a las barreras a la innovación como factores que se encuentran en un estado negativo o desfavorable, bajo el cual inhiben o bloquean la innovación. El Manual de Oslo (OECD, 2018) coincide en que un factor puede actuar como barrera o como *driver* de la innovación.

Por ejemplo, si se considera la financiación como un factor que incide en la innovación, podría considerarse que la ausencia de financiación, o la dificultad para acceder a ella, corresponden a una barrera a la innovación.

Además de validar la relación entre barreras y factores, es relevante buscar una base conceptual que facilite su abordaje. Hadjimanolis (2003) interpreta las barreras a la innovación bajo la teoría de recursos y capacidades. Partiendo de la premisa de que la innovación depende de la disponibilidad de recursos, conocimiento y capacidades, propone que las deficiencias en ciertos recursos y capacidades pueden manifestarse como barreras internas a la innovación. Adicionalmente, acceder a recursos y capacidades desde el entorno, acarrea costos y dificultades, que pueden dar forma a barreras externas. Agrega el autor que las barreras pueden asociarse a la determinación de prioridades y decisiones de asignación, también abordables bajo la teoría de recursos y capacidades. En resumen, se considera que las dificultades de adquisición de recursos, más coordinación y desarrollo de capacidades, resulta en la formación de barreras a la innovación.

La perspectiva de Hueske & Guenther (2015) es un poco diferente, planteando un marco integrado entre la teoría de grupos de interés y las capacidades dinámicas, para el análisis de las barreras a la innovación. En las organizaciones, las deficiencias en capacidades dinámicas se manifiestan como barreras a la innovación, mientras que el comportamiento de grupos de interés condiciona el acceso y suministro de recursos para innovar, incluyendo insumos, talento humano y financiación. Cuando los grupos de interés restringen el acceso a recursos para la innovación, desencadenan barreras. Sin embargo, grupos externos como el estado y la sociedad, pueden motivar otras barreras, como marcos regulatorios restrictivos o preocupaciones sociales que obstaculicen la innovación.

Este hallazgo en la literatura resulta promisorio, pues muestra que lo que ya se conoce sobre barreras a la innovación puede aprovecharse para identificar en parte los factores incidentes en el VM. Los trabajos que han sistematizado las barreras constituyen una ventaja frente a las descripciones fragmentarias de factores en el VM. Sin embargo, se debe considerar que estas barreras han sido captadas en el ámbito de todo el proceso de innovación, del cual el VM apenas es un segmento. Esto implica que, al abordar una barrera a la innovación, será necesario validar si esta se manifiesta en el VM, y con qué características particulares. También será necesario aplicar algún mecanismo que permita incorporar otros factores, que se detecten como relevantes en el VM, y que no aparezcan relacionados en la literatura sobre barreras a la innovación.

Para avanzar en lo anterior, se procedió en dos pasos: primero se hizo una síntesis de las clasificaciones de barreras a la innovación, de las fuentes identificadas. A continuación, se hizo una verificación para reconocer si las barreras consideradas en la síntesis son consideradas por los autores del VM.

Sandberg & Aarikka-Stenroos (2014), Hueske & Guenther (2015) y Hadjimanolis (2003) aportan los listados de barreras. Se inició elaborando una síntesis de estas tres fuentes, obteniendo una lista más general de barreras a la innovación, respecto a la que se obtiene de cada uno de estos documentos, tomado individualmente. Hadjimanolis (2003) presentan una categorización de barreras a la innovación, a partir de la revisión y síntesis de 44 fuentes previas. Sandberg & Aarikka-Stenroos (2014) aplica una revisión sistemática y analítica de 103 artículos, sobre los que se aplican análisis de contenido. Hueske & Guenther (2015) revisan 188 estudios empíricos sobre barreras a la innovación como base para proponer una clasificación.

Para complementar los artículos anteriores, se encontraron dos documentos que identifican y clasifican barreras, presentadas como fallos o problemas sistémicos de la innovación. Al ser la perspectiva sistémica de la innovación en este estudio, se optó por revisar e incluir las barreras propuestas en estos trabajos, tras verificar su afinidad con las listadas previamente. Estos trabajos adicionales fueron Van Lancker et al. (2015) y Negro et al. (2012).

La Tabla 5 es una síntesis de las clasificaciones reportados por los artículos de referencia, y agrupadas, en 23 barreras a la innovación. Las fuentes citadas son (1) Hadjimanolis (2003); (2) Sandberg & Aarikka-Stenroos (2014); (3) Van Lancker et al. (2015); (4) Hueske & Guenther (2015); (5) Negro et al. (2012)⁷.

Tabla 5: Síntesis de barreras a la innovación.

Grupo	Descripción	Fuentes
Recursos y capacidades	Deficiencias en cadena de suministro: Falta de preparación o capacidades en proveedores, o falta de respuesta de proveedores o distribuidores.	(4)
Recursos y capacidades	Deficiencias en infraestructura: Plataformas, equipos y sistemas de recursos físicos, requeridos tanto para el desarrollo y prueba de prototipos y pilotos, como para operar a escala industrial.	(1), (2), (3)
Recursos y capacidades	Deficiencias en relacionamiento y redes: Pueden deberse a relacionamientos inadecuados con grupos de interés, interacciones muy fuertes con aliados, que condicionen la innovación (ej. pensamiento de grupo), o debilidad en las interacciones, lo que inhibe el aprendizaje y co-innovación.	(1), (3), (4), (5)
Recursos y capacidades	Escala operativa inadecuada: infraestructura de operación en escala inadecuada para escalamiento y operación en volúmenes reales.	(4)
Recursos y capacidades	Falta de acceso a conocimiento especializado: No disponibilidad de especialistas en aspectos clave para el desarrollo de componentes del proyecto, falta de entrenamiento.	(4), (5)
Recursos y capacidades	Falta de competencias y roles: Deficiencias para acceder a competencias individuales (skills), o dificultades para que se cumplan los roles requeridos para el despliegue de las competencias.	(1), (2), (3), (4), (5)
Recursos y capacidades	No dominio de las dimensiones: Falta de capacidad y conocimiento de una o varias dimensiones del futuro negocio (ej. formación de cadena de suministro, introducción al mercado, requerimientos normativos) conduce a una ceguera dimensional, que puede llevar al fallo de un proyecto de innovación.	(3)
Recursos y capacidades	Recursos internos insuficientes: No disponibilidad de herramientas, infraestructura información.	(2), (3)
Recursos y capacidades	MM inadecuados: Estructuras cognitivas que permiten a las personas interpretar el entorno, facilitando la creación de rutinas para responder a condiciones ambientales continuas, pero que generan rigidez, temor al fracaso y aversión al riesgo ante situaciones que impliquen cambios discontinuos.	(2)
Instituciones	Fallas institucionales: Comprende fallos en instituciones formales o informales (reglas y normas implícitas) en la organización	(1), (3), (5)
Instituciones	Marcos de regulación desfavorables: Políticas y regulaciones que inhiben el desarrollo de las innovaciones, llevan a implementaciones inadecuadas, imponen limitaciones operacionales, entre otras dificultades	(1), (2), (4)
Financiación	Falta de financiación: No disponibilidad o problemas para acceder a fuentes de capital internas o externas.	(1), (2), (3), (4)
Financiación	Visión de corto plazo: Limitación para invertir en innovaciones con impacto a largo plazo, por necesidad de atender requerimientos de beneficios rápidos.	(1)

⁷ Para el desarrollo de la síntesis, se utilizó como insumo inicial una clasificación de barreras a la innovación desarrollada por la MSc. Elizabeth Jiménez Medina, quién desarrolló un estudio denominado Factores que inciden en el Valle de la Muerte en proyectos de I+D+i en Medellín y su Área Metropolitana. El trabajo fue presentado y aprobado en 2018. Universidad Pontificia Bolivariana, Maestría en Gestión Tecnológica. Medellín.

Grupo	Descripción	Fuentes
Financiación	Dificultad para capturar rentas de la innovación: Problemas de apropiabilidad de los beneficios, cuando se lance la innovación, que si no se resuelven generan el riesgo de que las rentas sean capturadas por un tercero.	(1)
Organización	Aversión al riesgo: Atracción del statu-quo y temor frente a lo desconocido, o a asumir la responsabilidad por el fallo, afianzando una cultura incompatible con el cambio	(1), (4)
Organización	Esquemas de equipos y organización inadecuados: Problemas de estructura, procesos, comunicaciones en equipos e instancias organizacionales. Dificultades de coordinación, fallas de liderazgo para estimular la innovación y la toma de riesgos. Pueden deberse a concentración de poder o inercia estructural.	(1), (2), (4)
Organización	Estrategia de negocio ambigua: Falta de claridad en la conexión entre los objetivos del proyecto y las metas o estrategias a impactar.	(1), (4)
Organización	Problemas de sistemas organizacionales: Falta o exceso de iteraciones entre procesos en el ciclo de I+D+i. Sistemas inadecuados para acceder a información. Problemas de contabilidad o planeación.	(1), (3)
Mercado y entorno	Problemas de estructura de mercado: Problemas de articulación de mercado, externalidades negativas, riesgos de mercado.	(1), (5)
Mercado y entorno	Resistencia del cliente para adoptar la innovación: Dificultades de adopción, por desconocimiento de la innovación, problemas de adaptación, aversión al riesgo, entre otros.	(2), (4), (5)
Mercado y entorno	Rivalidad: El tipo y naturaleza de competencia, y las innovaciones que lanzan los competidores, actúan como barrera indirectamente. Mercado dominado por un rival fuerte	(1), (2), (4)
Mercado y entorno	Turbulencia: Volatilidad e incertidumbre por velocidad de reemplazo y obsolescencia de ciertas tecnologías, estrechando la ventana de oportunidad para aprovechar una innovación en el mercado.	(1), (2)
Mercado y entorno	Cultura local restrictiva: Creencias, valores y normas compartidas localmente, que condicionan la percepción de la innovación, la ciencia, el emprendimiento, etc., generando resistencia al comportamiento innovador	(1), (2), (4)

Se validó si la clasificación previa es apta para iniciar la búsqueda de factores incidentes en el VM. Para ello, se verificó si los autores del VM consideran las barreras anteriores en sus trabajos. La Tabla 6 resume esta revisión:

Tabla 6: Autores del VM que consideran cada barrera a la innovación.

Grupo	Barrera	Tratamiento por autores del VM
Recursos y capacidades	Deficiencias en cadena de suministro	Acceso a insumos (Auerswald & Branscomb, 2003)
Recursos y capacidades	Deficiencias en infraestructura	Integración de plataformas complementarias (Auerswald & Branscomb (2003), plataformas de prueba y estandarización de productos (Tassey 2014),
Recursos y capacidades	Deficiencias en relacionamiento y redes	Alianzas facilitan superación del VM (Frank et al., 1996; Auerswald & Branscomb, 2008; Barr et al., 2009). Alianzas ayudan a resolver limitaciones de recursos y experiencia técnica (Branscomb & Auerswald, 2002).
Recursos y capacidades	Escala operativa inadecuada	Capacidad de operar a escala (Nemet et al., 2018)
Recursos y capacidades	Falta de acceso a conocimiento especializado	Brechas de conocimiento y dificultades para resolverlas en áreas no técnicas, especialmente conocimiento comercial, dificultan implementar estrategias efectivas (Colombo & Piva 2008). Conocimiento previo de grupos de interés y acceso a conocimiento condicionan la efectividad de colaboración para superar VM (Lettner et al., 2020).
Recursos y capacidades	Falta de competencias y roles	Desarrollo de capacidades del proyecto de innovación limitado por el talento humano especializado disponible (Colombo & Piva, 2008). Relevancia de equipos interdisciplinarios (Barr et al., 2009; Gulbrandsen, 2009; Meyer et al., 2011)

Grupo	Barrera	Tratamiento por autores del VM
Recursos y capacidades	No dominio de las dimensiones	Incertidumbre por capacidad de operar a escala, completar funcionalidad técnica o generar aceptación del mercado inhibe financiación (Nemet et al., 2018). Paso por el VM involucra resolver asuntos operacionales, de integración tecnológica, de distribución y servicio.
Recursos y capacidades	Recursos internos insuficientes	Restricciones de recursos financieros y no financieros en el VM, requiriéndose recursos técnicos para soportar los proyectos (Branscomb & Auerswald, 2002). Necesidad de contar con capacidades y otros recursos para poder materializar la innovación (Auerswald & Branscomb, 2003)
Recursos y capacidades	MM inadecuados	Diferencias entre Modos de pensar de investigadores y empresarios (Abereijo, 2014). Necesidad de que innovadores universitarios adquieran esquemas mentales empresariales (Liening et al., 2018). Innovadores con esquemas mentales enfocados en el perfeccionamiento tecnológico, no en las necesidades del mercado (Verhoeff & Menzel, 2011). Diferencias en objetivos, resultados esperados, y sistemas de medición de las personas a cada lado de VM, es decir personal de I+D versus de DNP (Markham & Mugge, 2015).
Instituciones	Fallas institucionales	Tensión entre dos modelos de universidad (Abereijo, 2015; Gulbrandsen, 2009). Necesidad de co-evolucionar marcos institucionales entre la universidad y los otros componentes de la triple hélice, para cumplimiento de la tercera misión universitaria (Jucevicious et al., 2016).
Instituciones	Marcos de regulación no favorables	Regulaciones y aprobaciones reglamentarias (Raven & Geels, 2010), observación de condiciones de calidad en industrias reguladas (Ward et al., 2018). Relevancia de conocer reglamentación y procedimientos para para aprobación (Schoonmaker et al., 2013).
Financiación	Falta de financiación	VM se forma cuando innovadores no acceden a financiación para escalamiento y fabricación (Frank et al., 1996). Dificultad para acceder a financiación cuando los proyectos entran a etapa de demostración (Auerswald & Branscomb, 2003). Proyectos en fase de demostración enfrentan una serie de dificultades, que conducen a una inhibición de las inversiones (Nemet et al., 2018).
Financiación	Visión de corto plazo	Financiadores externos suelen tener expectativas de rendimiento en un plazo más corto que los innovadores originales, por ello el comportamiento de las empresas es diferente cuando se financia con recursos de fondos privados, respecto a cuando reutiliza ingresos por ventas (Dessain & Fishman, 2017).
Financiación	Dificultad para capturar rentas de la innovación	Dificultades de apropiación de beneficios (Nemet et al., 2018). En etapa de demostración, decisión de financiación afectada al reconocer riesgos y problemas de apropiación (Beard et al., 2009). Inversionistas en fase de desarrollo ven limitada su capacidad de capturar los beneficios de sus inversiones, generando una ineficiencia de mercado de capitales, donde proyectos quedan sin financiar y recursos sin desembolsar (Auerswald & Branscomb, 2003).
Organización	Aversión al riesgo	Investigadores universitarios con baja disposición a asumir los riesgos que implica avanzar a fases finales, y dificultades de financiadores para evaluar beneficios y riesgos de innovaciones disruptivas (Upadhyayula et al., 2018). Perfil averso al riesgo en inversionistas privados, solucionable si el gobierno asumiera perfil de aceptación de riesgo, para compensar el comportamiento privado (Nemet et al., 2018)
Organización	Esquemas de equipos y organización inadecuados	Necesidad de estructuras abiertas y conexiones multidisciplinarias (Gulbrandsen, 2009). Necesidad de nuevas estructuras (Markham & Mugge, 2015).
Organización	Estrategia de negocio ambigua	El paso de iniciativas por fase de demostración requiere identificar el valor de la oportunidad, y canalizar recursos a proyectos que cumplan con criterios de mérito (Markham et al., 2010).

Grupo	Barrera	Tratamiento por autores del VM
Organización	Problemas de sistemas organizacionales	Cambio en concepción de los sistemas para gestionar la investigación universitaria (Gulbrandsen, 2009). Propuesta de sistema de gestión <i>ad hoc</i> para innovaciones en el VM (Markham & Mugge, 2015).
Mercado y entorno	Problemas de estructura de mercado	Articulación inadecuada de necesidades y tamaño del mercado. Incertidumbre por cambio de necesidades (Frank et al., 1996).
Mercado y entorno	Resistencia del cliente para adoptar la innovación	Riesgo de que, en la difusión de la innovación, se afecte la adopción por asimetrías de información de grupos de interés (Lettner et al., 2020). Disposición a adoptar limitada por prevalencia de prácticas pasadas, capacidades disponibles limitadas, dificultades para pagar por la innovación (Yadav et al., 2006)
Mercado y entorno	Rivalidad	Rivalidad de competidores actúa influye en el potencial para que iniciativa en el VM evalúe su potencial de generar resultados en la cadena de valor (Dessain & Fishman, 2017). Análisis de estructura de la industria y rivalidad de competidores conduce considerar la suspensión de plan de comercialización (Meyer et al., 2011).
Mercado y entorno	Turbulencia	Cambio abrupto del mercado, por variabilidad en expectativas del usuario (Dean et al., 2022). Nuevos productos de alta tecnología suelen encontrarse con ambientes turbulentos, al efectuar mercadeo (Yadav et al., 2006).
Mercado y entorno	Cultura local restrictiva	Varios autores consideran necesidad de fomentar cultura empresarial en universidades (Meyer et al., 2011; Munari et al., 2015; Upadhyayula et al., 2018).

Cada barrera de la Tabla 6, es abordada por al menos un autor del VM, lo cual pesa favorablemente en la consideración de éstas como parte de los factores explicativos de dicho fenómeno.

Otro argumento favorable para partir de las barreras en la identificación de factores la aporta Hadjimanolis (2003), quién sostiene al tener una naturaleza dinámica, las barreras a la innovación suelen actuar en varias etapas de la I+D+i, aunque la forma de manifestarse puede variar de una etapa a otra. Si es así, se puede esperar que estas barreras actúen en la fase de demostración. De otra parte, la condición sistémica del proceso de innovación y del fenómeno del VM, involucra que los factores puedan originarse en una etapa y manifestar sus consecuencias en otra. Esto significa que para identificar factores incidentes en el VM el criterio debe ser el efecto del factor, no necesariamente que la génesis del factor se dé en el VM o en la fase de demostración.

Esto significa que entre las barreras a la innovación pueden encontrarse candidatas a ser factores incidentes en el VM. En consecuencia, son aprovechables para integrar una explicación sistémica. Sin embargo, será prudente aplicar un filtrado durante el trabajo de campo, para verificar cuales barreras son más relevantes. Adicionalmente, cabe encontrar factores que hagan parte del VM que no hubieran sido considerados en la literatura sobre barreras a la innovación, por lo cual se debe dejar abierta la posibilidad de identificarlos y considerarlos. Esto será resuelto en el capítulo 0, donde inicia el trabajo de campo.

3. Planteamiento de la investigación

3.1 El problema

En esta sección se presenta la relevancia de estudiar el VM bajo una aproximación sistémica, no centrada solamente en los aspectos financieros, y en el ámbito de los proyectos de I+D+i de origen universitario. De esta argumentación, se derivará el problema de investigación.

Kline & Rosenberg (2009), describen la innovación como compleja, incierta, incluso desordenada y sujeta a cambios dentro de una diversidad de dimensiones y procesos. Innovar implica resolver un conjunto de restricciones que son parte de un proceso sistémico. También se encuentran aproximaciones que describen el VM como un fenómeno complejo (Beard et al., 2009; Gou et al., 2013; Dean et al., 2022) y caótico (Auerswald & Branscomb, 2003; Markham et al., 2010; Schoonmaker et al., 2013), por la entrada en juego de múltiples factores que configuran las restricciones del VM. La síntesis de la revisión de literatura (numeral 0) reconoció dicha complejidad, vinculada a la diversidad de escalas en la literatura que se aproxima al VM, y a la multiplicidad de factores involucrados en el fenómeno.

Sin embargo, los trabajos de referencia ofrecen imágenes parciales del VM, a manera de *collage*, pues se concentran en uno o unos cuantos factores, sin ofrecer una perspectiva completa. Otros trabajos enuncian múltiples factores, pero no los desarrollan a profundidad. Así, se encuentran muchas explicaciones que ayudan a entender algún aspecto del VM, pero son fragmentarias. De otra parte, se encuentran algunos trabajos que reconocen que el problema es complejo y merece una aproximación sistémica, pero no hacen grandes avances en esa dirección.

No se encontró algún antecedente que hubiera estudiado en detalle, jerarquizado, priorizado, y relacionado un conjunto amplio de factores. En otro caso, se hubiera contado con un punto inicial para derivar nuevos trabajos, orientados a cuantificar dichos factores. Por ejemplo, mediante investigaciones para identificar qué tan frecuentes son los factores, cuánta es su incidencia sobre el bloqueo de proyectos en el VM, cuándo se presentan, en qué ámbitos geográficos o de los sistemas de innovación. No encontrar dicho antecedente, obliga a dar un paso atrás y considerar una investigación concentrada en la identificación de dichos factores, y en el entendimiento de cómo interactúan entre sí y con la salida del VM. Esta salida puede ser rastreada a partir de un evento: la asignación de recursos por parte del financiador, que tanto han estudiado los autores de la perspectiva financiera.

Este tipo de propuesta implica cambiar de una investigación cuya perspectiva hubiera sido entender cuánto, dónde, cuándo, a otra en la cual se pueden establecer preguntas de por qué y cómo: *¿Por qué se forma el VM? ¿Cómo intervienen factores de diversa índole para generar las condiciones de retraso, propias del VM?* Este tipo de cuestionamientos puede abordarse a partir de una aproximación sistémica. Un sistema da cuenta de factores relacionados entre sí, cuya acción conjunta aporta a un propósito superior, en este caso la superación del VM.

Adicionalmente, el distinguir múltiples factores en el fenómeno del VM, lleva a que en la literatura se reconozca que se trata de un problema complejo, aunque no abordado en rigor bajo la perspectiva de la complejidad. Los sistemas complejos pueden dar cuenta de las interacciones entre múltiples factores y agentes involucrados. En otras palabras, las condiciones encontradas respecto al VM, sugieren que la dificultad para entenderlo y resolverlo radica en que se trata de un problema de sistemas complejos.

Una segunda consideración es si es pertinente estudiar el problema bajo una perspectiva financiera o no financiera. A este respecto, se reconoce que hay mayor trabajo en la literatura en la perspectiva financiera.

Tras proponer una explicación en la que la brecha de financiación en realidad consta de una oferta financiera y una demanda de la misma, Munari et al. (2016) reconoce la necesidad de no concentrarse sólo en el lado de la oferta, donde aparecen aspectos ya abordados, como las asimetrías de información, los costos de transacción y operacionales, los riesgos o los costos de capital. Mientras tanto, los autores encuentran que del lado de la demanda se encuentran proyectos de innovación que no cumplen con los niveles de calidad para la inversión. Al existir problemas de ambos lados, el suministro de recursos financieros del lado de la oferta es insuficiente. Así, las

soluciones basadas en incremento de la financiación y desarrollo de instrumentos para ello son necesarias, pero no suficientes para resolver la brecha de financiación asociada al VM. En cambio, se vislumbra una situación compleja, donde convergen restricciones en oferta y en demanda. Auerswald & Branscomb (2003) apuntan que usualmente los innovadores experimentan una escasez de recursos para financiar las actividades en la fase de transición, mientras los inversionistas se quedan con recursos sin desembolsar. En una entrevista con un gestor de fondos de financiación de innovaciones en Medellín, este ilustró esta situación, frente a la reflexión sobre si la brecha del VM está del lado de los financiadores o de los proyectos. Su apreciación fue que en realidad se tienen proyectos inadecuados para los instrumentos de financiación disponibles, e instrumentos inadecuados para los proyectos existentes.

Si se toma como válido que detrás del VM hay problemas tanto del lado de la oferta como de la demanda financiera, se tiene un argumento más para reconocer que se trata de un problema de sistemas complejos, donde la resolución del VM depende de ambas partes, sin que pueda ser determinada exclusivamente por lo que hagan los innovadores, de un lado, o los gestores financieros del otro lado. Si la salida del VM involucra a ambas partes y no puede resolverse de un solo lado, esto sugiere un comportamiento emergente, característico de los sistemas complejos.

Al existir problemas no resueltos en la oferta y en la demanda, es posible desarrollar ejercicios investigativos de ambos lados. Sin embargo, la revisión de literatura mostró que, del lado de la oferta de financiación, el desarrollo previo es mayor, aunque no completo. Del lado de la demanda se encontraron vacíos, en cuanto a contar con explicaciones sistémicas que consideren las relaciones causales entre múltiples factores. Por esta razón, este trabajo se focalizará en el lado de la demanda, es decir, en el fenómeno del VM en la perspectiva del proyecto de I+D+i.

Adicionalmente, en la literatura se encontraron pocos trabajos que se concentraran en la interfaz entre los proyectos y la financiación, es decir, en la conexión entre el lado financiero y el lado no financiero, o de oferta y demanda. Por lo tanto, una investigación que aporte con una explicación de esta índole puede ayudar al entendimiento del fenómeno. Un trabajo que relacione un evento clave del lado de la oferta, como es la decisión de asignación de recursos por parte del financiador, interactuando con otros factores no financieros, constituye una perspectiva que ayuda a dilucidar este fenómeno complejo. La salida del VM es un evento que emerge, por lo cual resulta promisorio explorarlo en el punto de interacción, entre factores asociados al proyecto y factores asociados a los financiadores.

Respecto a la escala de abordaje, se reconocieron antecedentes en los que se acude a perspectivas micro, es decir, firmas, desarrollos tecnológicos o proyectos individuales, y por otro lado perspectivas agregadas como sistemas regionales, trayectorias tecnológicas, sectores o países. Se identificó que la aproximación micro, enfocada en los proyectos como unidad de análisis, permite hacer una exploración de cuáles son las condiciones que hacen que un proyecto se mantenga o salga del VM, y cómo se dan las mismas. En cambio, en las perspectivas agregadas es más difícil hacer dicha discriminación, porque se observan comportamientos de conjunto.

Branscomb & Auerswald (2002) y Auerswald & Branscomb (2003), dan ejemplos de las limitaciones resultantes de trabajar con comportamientos y datos agregados. En la primera referencia, los autores plantean dificultades para reconocer el efecto de inversiones asociadas al fenómeno de interés, cuando estas son registradas de forma agregada, lo que impide reconocer si una decisión específica tuvo el impacto esperado. En el segundo trabajo, los autores reconocen las limitaciones de trabajar con valores agregados de inversiones en I+D, que cubren todo el ciclo de desarrollo de proyectos y no sólo las inversiones en la fase de demostración, lo cual desconecta las decisiones de financiación de los proyectos que las reciben, y así la agregación dificulta el entendimiento del VM.

En la revisión de literatura se sustentó que para entender lo que sucede en el VM, resulta apropiado un enfoque micro, con los proyectos de I+D+i como unidad de análisis. Esto se debe a que a esta escala es posible entender el comportamiento que tienen los proyectos, así como los factores, procesos y condiciones de estado, que puedan incidir en que un proyecto tome uno de dos estados: (i) mantenerse en el VM, es decir, que no reciba la financiación requerida para salir; o (ii) que se vuelva favorable para recibir dicha financiación, y en consecuencia supere el VM, dando inicio a actividades de DNP. A una escala agregada no se pueden reconocer dichos comportamientos y procesos de forma individual, y por este motivo no se puede trazar la evolución de los proyectos a lo largo de la fase de demostración. Por esto conviene enfocarse en el proyecto como unidad de análisis, tomando una perspectiva micro, pues esta resulta más apropiada para los propósitos que busca esta investigación.

Es posible un aporte investigativo enfocando el estudio en agentes individuales, que corresponden a los proyectos, con el cometido de identificar los comportamientos a escala de dichos agentes y sus interacciones, en relación con el VM. Esta aproximación guarda analogía con los estudios de micro-fundamentos, de la economía. En tanto se desarrolle una explicación bajo perspectiva de proyectos individuales, posteriormente se podrá agregar a otras escalas, como las de portafolios de proyectos, y otras escalas de alcance geográfico, y sectorial, entre otras.

Finalmente se reconoce que, aunque la problemática del VM involucra a múltiples tipos de agentes del sistema de CTI, las universidades juegan un rol relevante. Se ha ubicado en este trabajo el VM en el marco de los proyectos de I+D+i. En muchos países, incluyendo a Colombia, las universidades tienen una participación activa en estas actividades, y es probable que la mayoría de los proyectos de I+D+i involucren las capacidades investigativas adscritas a las universidades. Específicamente en el contexto antioqueño, la información de indicadores de CTI permitió establecer que la mayoría de las capacidades de I+D+i de Antioquia, medidas como cantidad de estructuras organizacionales dedicadas a dichas actividades, están focalizadas en las universidades, y en especial en las 11 entidades de investigación que hacen parte del G8 y Sapiencia.

En la contextualización también se verificó que dichas universidades manifiestan una marcada disparidad entre la cantidad de desarrollos tecnológicos u oportunidades de innovación que son gestionados para llevar hasta etapas finales, en comparación con el número de aquellos que efectivamente logran hacerlo. Esto es un fuerte indicio de que, en el contexto universitario de Medellín, y más específicamente de las 11 universidades del G8 y Sapiencia, se afrontan los problemas del VM. Por este motivo, se identifica promisorio, en términos de impacto, enfocar el estudio en los proyectos de I+D+i que están adscritos a las universidades, pues hasta donde se ha identificado para el contexto de Medellín y Antioquia, gran parte del problema puede ser experimentado por este tipo de entidades, al gestionar sus proyectos. Si se focaliza la atención sobre las universidades, se tiene la ventaja de partir de un contexto institucional que guarda afinidades internas, lo que facilita el reconocimiento de patrones de comportamiento, necesario para desarrollar propuestas explicativas con posibilidades de ser replicables.

Si bien es cierto que también hay de I+D+i por fuera del contexto universitario, al menos en el contexto de Medellín su participación es menor que la universitaria. Adicionalmente es previsible que al tratarse de esfuerzos de innovación en contextos que no tienen el elemento común de tratarse de universidades, se encuentren problemas y factores asociados al VM tan heterogéneos, que se haga difícil un análisis conjunto. Por ello resulta prudente demarcar este trabajo en el contexto universitario.

Un grupo importante de antecedentes en la literatura sobre el VM enfocaron sus análisis en contextos universitarios: Gulbrandsen (2009), Gulbranson & Audrestsch (2008), Munari et al. (2016), Abereijo (2015), Meyer et al. (2011), Munari et al. (2018), Liening, Geiger & Kriedel (2018), Barron & Amoros (2020), Stefanelli et al. (2020), Upadhyayula et al. (2018). El encontrar una cantidad significativa de antecedentes que abordaron el fenómeno del VM y sus brechas desde el punto de vista de las universidades, sugiere que este puede ser un buen punto focal para este asunto.

Las reflexiones dadas en este aparte sirven para delimitar un **problema de investigación**:

Hace falta una comprensión del VM a escala de proyectos de I+D+i, como fenómeno sistémico y complejo, bajo un enfoque que permita relacionar la decisión de financiación, con otros factores del lado de la demanda, es decir asociados a los proyectos y el contexto universitario en el que se desarrollan.

Al plantear el problema, se destaca que la decisión de financiación aparece como un factor manifiesto, esto se hace por dos motivos: gracias a la literatura de la aproximación financiera, se entiende que esta decisión constituye un hito, que activa el proceso de salida de la fase de demostración para avanzar a DNP y etapas posteriores. En otras palabras, al resolverse la necesidad de financiación, se entiende que los proyectos logran superar el VM.

Se reitera que la decisión de financiación, y subsiguiente flujo de capital, es la que cubre los requerimientos económicos para cubrir las actividades que queden pendientes en la fase de demostración, y avanzar hacia las actividades de la fase DNP y posteriores. Antes de esta decisión, los proyectos también son financiados por la universidad, para cumplir la fase de I+D y desarrollar actividades iniciales en la fase de demostración. Sin embargo, a estos flujos no se les denominará financiación en este trabajo, sino que serán nombrados como suministro de recursos. De esta forma se busca evitar confusiones y demarcar con claridad el evento que se reconoce con el

nombre de financiación, pues como ya se mencionó, constituye un hecho clave que cambia completamente la situación de los proyectos, porque los lleva fuera del VM.

El problema se ha planteado a escala de proyectos de I+D+i. También se expuso previamente que se enfocará la revisión en universidades. Estas decisiones conducen a una delimitación en las instancias encargadas de gestionar portafolios de proyectos de I+D+i en las Universidades. En particular, las dependencias responsables de dicha gestión tienen el marco de referencia para apreciar el problema, aunque otras instancias de la Universidad también participan en dicha gestión. Miembros de la comunidad universitaria que asumen el rol de líderes de proyectos de I+D+i, viven de forma directa la experiencia de la evolución de sus respectivos proyectos, por lo cual ofrecen un marco de referencia para apreciar el problema, aunque complementario al de los responsables de gestión de los portafolios y a una escala diferente.

El abordaje del problema de investigación involucra atender varias cuestiones:

- Cómo se comporta el proyecto de I+D+i en la fase de demostración
- Qué cambios se dan en el proyecto, que eventualmente propicien una emergencia, bajo la cual éste cambia de estado y se dirige fuera del VM.
- Qué factores están involucrados en las condiciones que llevan a un proyecto a estar en el VM, o en el cambio de estado que conduce a una eventual salida hacia DNP.
- Qué interacciones se dan entre los factores anteriores.
- En particular, cómo interactúa la decisión de financiar, con otros factores, de índole no financiera

3.2 Hipótesis

La brecha de financiación, característica del VM, hace parte de un comportamiento sistémico en el cuál intervienen múltiples factores.⁸

3.3 Objetivos

Objetivo General

Sintetizar comportamientos que se presentan en el VM bajo la perspectiva sistémica, para identificar lineamientos con los cuales dirigir la gestión de proyectos de I+D+i en la fase de demostración.

⁸ Para facilitar la trazabilidad del proceso investigativo, se aclara que, al presentar la propuesta de este proyecto, se plantearon cuatro hipótesis. Sin embargo, uno de los evaluadores observó que más de una hipótesis desenfocaría respecto al objeto de la investigación, en lugar de aportar. Por esta razón, se recomendó sintetizar en una sola. Atendiendo dicha recomendación, la hipótesis anterior da cuenta de dicha síntesis. Las hipótesis previas, consignadas en la propuesta, eran: (i) La metáfora del VM es explicable como un comportamiento sistémico en el cuál intervienen múltiples factores. (ii) Las barreras a la innovación hacen parte de los factores que dan una explicación sistémica del VM. (iii) Las restricciones de financiación que enfrentan los proyectos de I+D+i en la fase ESTD son efecto de otros factores que intervienen en el VM. (iv) Un modelo sistémico simulable resulta útil para explorar cómo diversos modelos mentales, utilizados en la gestión de proyectos de I+D+i, pueden producir comportamientos contra-intuitivos que contribuyen a que dichos proyectos no logren superar el VM.

Objetivos Específicos

- Reconocer los factores que pueden ser causantes del VM, a partir de la revisión de la literatura y de mecanismos concretos que gestionan proyectos de I+D+i universitarios durante el tránsito por la etapa de demostración.
- Elaborar un modelo simulable, a partir de la selección de un paradigma de modelamiento y simulación adecuado para el sistema estudiado.
- Explorar, mediante la simulación, los efectos de diversos MM usados para gestionar proyectos de I+D+i, en la formación de los comportamientos entendidos como parte del VM.
- Identificar lineamientos de política para la gestión de proyectos de I+D+i.

4 Métodos, procedimientos e instrumentos

Se partió de varias consideraciones previas a la definición del método y diseño metodológico desarrollados:

- Se busca una explicación sistémica, que responda a cómo se forma el VM a partir del reconocimiento de un conjunto de factores, relacionados de forma causal.
- La explicación debe considerar factores no financieros, y su interacción con un factor de índole financiera, pero que constituye un hito o señal de salida del VM: la decisión de financiar. Así, se busca un modelo concurrente, o que aborde la interfaz entre las perspectivas financiera y no financiera, en al menos un punto.
- La explicación se debe dar en el ámbito micro, teniendo el proyecto como unidad de análisis.
- No se cuenta con una teoría de partida que sirva como base para el desarrollo que se busca. La literatura descrita en el capítulo 0 sobre estado del arte, aporta "piezas" de teoría, en las que se han detectado y descrito ciertas variables, candidatas a hacer parte del futuro modelo. Esto implica que no se puede aplicar un proceso deductivo. En cambio, resulta oportuno aplicar un método que lleve a una propuesta de teoría, en la que se establezcan proposiciones que consideren factores y relaciones causales entre ellos, con los cuáles explicar la formación del VM.
- Tras el planteamiento del modelo teórico, se transferirán factores y relaciones a un modelo de simulación.

Siguiendo a Hernández et al. (1997), el trabajo correspondió a una investigación **descriptiva-explicativa**: En una fase descriptiva, se identificaron los factores adecuados para incluir en una explicación sistémica del VM. A continuación, se pasó a la fase explicativa, que estudió en detalle los factores previamente seleccionados, hasta plantear un modelo sistémico explicativo del VM.

Si bien se analizaron relaciones causales dentro del modelo explicativo a construir, no se pretendió el alcance de un estudio correlacional. Estos últimos requieren que, además de las relaciones, también se mida el grado de relación entre los conceptos o factores involucrados. Este trabajo identificó las relaciones, pero no consideró grados o coeficientes de incidencia de unos factores sobre otros.

Se seleccionaron dos aproximaciones, que se combinaron: (i) construcción de teoría a partir de casos, para plantear un modelo explicativo del VM, con relaciones causales, y (ii) desarrollo y aplicación de un modelo de simulación.

4.1 Método de estudio de casos

Yin (2018), propone tres consideraciones al definir el método adecuado para abordar una pregunta de investigación: el tipo de pregunta, el grado de control que tiene el investigador sobre los eventos que desea observar y la vigencia de los eventos, que pueden clasificarse como contemporáneos o hechos históricos. Los estudios de caso son apropiados cuando se trabajan preguntas de investigación tipo cómo y por qué, no se tiene control sobre los eventos a estudiar y dichos eventos son contemporáneos. A continuación, se analizarán estos criterios:

Cuando se trata de investigaciones que parten de preguntas de investigación de tipo "por qué" o "cómo", los métodos posibles son experimentos, análisis histórico o casos de estudio. En cambio, cuando las investigaciones buscan determinar el grado de incidencia de un fenómeno o cuantificar un resultado, resultan más adecuadas las herramientas y métodos cuantitativos. Estas investigaciones se desarrollan a partir de preguntas tipo qué, cuánto, en qué medida, dónde (Yin, 2018).

Este trabajo se desarrolló a partir de una pregunta tipo "cómo". Esto implicó, en un primer análisis, como alternativas metodológicas los experimentos, análisis históricos o estudios de casos.

Con el método de estudio de casos es posible entender por qué se toman ciertas decisiones, cómo se implementan determinadas acciones y con qué resultado (Chetty, 1996; Yin, 2018). Además, las investigaciones orientadas por preguntas tipo cómo y por qué, implican una comprensión profunda, así como hacer un rastreo en el tiempo, por

ejemplo, de procesos operacionales, en lugar de hacer análisis de frecuencias o niveles de incidencia (Yin, 2018). Todas estas características de los estudios de caso sugieren una favorabilidad, para el propósito de identificar relaciones sistémicas, aunque no para avanzar hasta el establecimiento de correlaciones.

De otra parte, los experimentos solo son viables cuando el observador tiene control sobre los eventos estudiados, lo cual no se da en las condiciones de este estudio. Se reconoce que no es fácil desarrollar un proceso experimental para el objeto y problema a investigar, pues no resulta viable diseñar y poner a funcionar proyectos con el propósito de estudiar su permanencia o su ciclo de vida en el VM. Tampoco es posible diseñar y desarrollar pruebas experimentales que permitan probar hipótesis con relación a la formación o a la superación del VM. El tránsito de un proyecto de I+D+i por la etapa de demostración, su permanencia y eventual salida del VM constituye un conjunto de eventos que no pueden ser manipulados experimentalmente. Por su parte el método de estudio de casos resulta adecuado en situaciones en las que no hay un control sobre el comportamiento de los eventos estudiados, y dichos eventos son contemporáneos, de acuerdo con los criterios propuestos por Yin (2018).

Arzaluz (2005) también aporta a comprender la diferencia entre los estudios experimentales y los basados en métodos de caso, indicando que estos últimos no son repetibles porque corresponden a fenómenos complejos, que evolucionan en el tiempo y se manifiestan en contextos sociales que cambian continuamente. Esto explica la no posibilidad de controlar el objeto de estudio.

De otra parte, los estudios de caso pueden ser especialmente adecuados cuando la comprensión de un fenómeno implica considerar condiciones de contexto que se vuelven pertinentes para comprender cómo evoluciona el evento estudiado. Esto marca una diferencia más con los métodos experimentales, porque el último aísla deliberadamente el fenómeno de su contexto, mientras el estudio de caso considera la riqueza y variedad del contexto como parte del fenómeno estudiado. En un trabajo previo sobre el VM, Gulbrandsen (2009), entiende el caso como parte de un sistema integrado, del cual no se tiene aún suficiente conocimiento. Dicho trabajo aplica el estudio de casos con la intención de comprender a profundidad las complejidades y los asuntos involucrados en dicho sistema, así como encontrar elementos comunes que trascienden el caso, aportando al desarrollo de teoría dentro del campo de estudio.

Arzaluz (2005), coincide en que el ámbito de aplicación de los estudios de caso tiene mayor relevancia cuando se busca profundizar en un fenómeno o proceso determinado, conservando la visión total del mismo. También indica Yin (2018), que los estudios de caso son más relevantes cuando la investigación requiere una descripción extensiva y profunda de un fenómeno social, pudiendo abordar situaciones donde es mayor la cantidad de variables de interés, que el número de tomas de datos.

Todos estos elementos de comparación apuntaron a que el método de casos fuera el más adecuado para este trabajo, mientras los experimentos no solo se encontraron menos ventajosos, sino inviables para el problema y objeto de este estudio.

En cuanto al análisis histórico, este se enfoca en eventos pasados, descartando eventos contemporáneos, es decir, con sucesos en el momento presente. Dado que este estudio se enfoca en proyectos de I+D+i universitarios activos, no es aplicable la aproximación histórica. Esta opción aplicaría si se tratara de estudiar proyectos finalizados, exitosamente o no. Implicaría buscar información de proyectos que fueron desarrollados y gestionados en el pasado, y la diferencia de tiempo genera riesgos de acceder a la información, tanto documental, como de poder contactar y entrevistar a los involucrados en proyectos que ya están inactivos. En cambio, al enfocarse en eventos contemporáneos, el estudio de caso tiene la ventaja de seleccionar y acceder a proyectos de I+D+i vigentes, por cual debería facilitarse el acceso a la información. Se aclara que por eventos contemporáneos se hace referencia a una línea fluida entre el pasado reciente y el presente, es decir, no limitada al análisis de los eventos presentes.

En resumen, tras descartar estudios basados en métodos cuantitativos y experimentales, y reconocer las ventajas de un método de casos sobre el histórico, se optó por un estudio de casos, como la mejor alternativa para este trabajo.

Partiendo de entender un caso como un fenómeno contemporáneo, Yin define que el estudio de caso es un método empírico que investiga dicho fenómeno a profundidad, en el marco de su contexto y que se aplica de forma especial cuando no son claramente diferenciables los límites entre el fenómeno y su contexto. A este respecto, se destaca

que el caso no es el fenómeno de interés, sino que es una unidad o individuo que experimenta el fenómeno. Esto significa que se estudia el fenómeno a través del caso.

Para esta investigación, las unidades de análisis, es decir los casos, fueron proyectos de I+D+i adscritos a universidades. Se seleccionaron proyectos activos, lo cual significa que se estudiaron las condiciones presentes, así como los antecedentes durante el ciclo de vida de los mismos proyectos. Las personas involucradas en ellos constituyeron una de las fuentes principales de información, así como la dependencia de transferencia de tecnología o quién cumple su rol en las universidades, dada su cercanía con los proyectos, al participar y gestionar actividades durante la fase de demostración.

Las universidades de Medellín asociadas al G8 y a Sapiencia fueron espacios propicios para la identificación de proyectos seleccionables como casos, debido a que este grupo de entidades cuenta con varios años de trayectoria en actividades de colaboración en torno a la I+D+i, bajo la figura de la asociatividad universidad-empresa-estado.

4.1.1 Estudios de caso para construcción de teoría

El método de estudios de caso es de tipo cualitativo e inductivo, en el cual los resultados de los análisis de casos estudiados corresponden a descripciones e interpretaciones que son válidas inicialmente para dichos casos (López, 2013), pero que buscan hacer una contribución teórica en tanto dichas interpretaciones puedan ser replicables a nuevos casos, diferentes a los que fueron sometidos a estudio.

Arzaluz (2005), considera que un caso es la instancia de un fenómeno, lo que significa que un caso único se asemeja a ejecutar un experimento único. Esto significa que un caso no es comparable con una muestra de un estudio estadístico, sino a un experimento. En consecuencia, no se puede generalizar a partir de un caso único, así como no puede hacerlo un experimento único.

Por este motivo, López (2013) advierte que al definir cuáles y cuántos casos se seleccionan para el estudio, no se espera obtener una muestra estadísticamente significativa de la población a la cual extender los resultados, sino que se busca mejorar la comprensión del fenómeno. Dicha comprensión puede ser sintetizada en una teoría con potencial de ser transferida hacia otros casos. Es difícil lograr una transferencia completa de los resultados de un estudio de tipo cualitativo, como son los estudios de caso, en un contexto diferente al original. Sin embargo, los hallazgos pueden servir de referencia para la definición de posibles explicaciones o soluciones válidas en otros contextos de aplicación. Teniendo en cuenta esta advertencia, una estrategia que evite llegar a resultados válidos exclusivamente para el caso original, consiste en abordar múltiples casos, en los cuales se puedan buscar condiciones de replicabilidad de los hallazgos y explicaciones tras contrastar los diversos casos.

Respecto a la generalización, Yin (2018) aclara que con los estudios de caso sucede una situación semejante a lo que ocurre con los experimentos: no es posible generalizar a partir de un experimento único o de una cantidad limitada de experimentos, pero se puede avanzar hacia una generalización a partir de múltiples experimentos, que repliquen el mismo fenómeno bajo diferentes condiciones. De la misma manera, con los estudios de caso no se pueden hacer generalizaciones hacia poblaciones o universos, sino que su objetivo es incrementar el entendimiento y hacer una generalización analítica o teórica. Este enfoque no está orientado a la extrapolación de probabilidades o a la enumeración de frecuencias, pues no busca hacer una generalización estadística. Por este motivo, este método es inadecuado si lo que se busca es determinar la prevalencia de un fenómeno.

Bajo la lógica de los casos múltiples, no se espera que toda la población se comporte de un mismo modo que un caso determinado. Tampoco hay algo semejante a un agente representativo, sino que las particularidades de cada caso ayudan a contrastar la teoría, sembrando de nuevo el rol de un experimento.

Por lo anterior, se considera que la fortaleza del método de casos es su capacidad para ayudar a generar hipótesis, descubrimientos y nuevas explicaciones para un fenómeno (Jiménez, 2016), lo cual se puede involucrar en iniciativas orientadas a comprobar una teoría, o hacer un desarrollo teórico (Chetty, 1996). Eisenhardt (1989) advierte que la capacidad de los estudios de caso para poner a prueba teorías o desarrollar nuevas explicaciones con miras a una generalización teórica, implican recorrer una vía diferente a la que va de la teoría a los datos, que es la más usual en

la investigación. En su lugar los estudios de caso tienden a ir de los datos a la teoría, haciendo ciclos de acumulación de conocimiento por esta ruta.

La característica anterior es ventajosa cuando se trata de problemas o áreas de conocimiento donde las teorías y marcos conceptuales no están bien desarrollados (Chetty, 1996). De acuerdo con lo encontrado en la revisión de literatura, y retomado en la discusión del problema, el conocimiento en relación con el fenómeno del VM es fragmentario, con déficit en explicaciones sistémicas, especialmente en la perspectiva micro y no financiera. De acuerdo con esto, resultaron adecuadas para este trabajo las facilidades de los estudios de casos múltiples, como método para ayudar a cubrir vacíos conceptuales y plantear un desarrollo teórico.

4.1.2 Tipo de estudio de casos

Según una clasificación de Stake (2005), el estudio de caso aplicado fue de tipo instrumental, dado que los casos fueron utilizados como insumos que ayudaron a profundizar la problemática, para estructurar una teoría explicativa. Esto significa que los casos no tuvieron un valor intrínseco, es decir, no se eligieron porque tuvieran un carácter especial o interés particular, sino que jugaron un rol de apoyo para reconocer y estudiar el fenómeno de interés. Este estudio siguió esta perspectiva: se estudiaron casos de proyectos de I+D+i que hubieran estado en la situación de afrontar el VM. La finalidad fue comprender la problemática del VM, no el entender los proyectos propiamente dichos.

De acuerdo con Yin (2018), un caso único puede ser adecuado cuando se cuenta con un caso crítico o ejemplar, que puede ser adecuado para contrastar proposiciones teóricas previamente establecidas, en lo cual se parece al desarrollo de un experimento crítico. Esto resulta adecuado cuando se parte de una teoría claramente especificada y se espera una validación de proposiciones ya delineadas. El caso único facilita validar las proposiciones previas o identificar explicaciones alternativas. Pero en este estudio se partió de la necesidad de construir una teoría, de modo que no se contó con proposiciones previas, claramente definidas. Por este motivo, no fue viable siquiera identificar un único caso crítico, invalidando la opción de los casos únicos.

Resultó inadecuado abordar el estudio con un caso único, pues hubiera significado una situación semejante a desarrollar un único experimento, que dificultaría la validación de resultados. Se optó en cambio por un diseño de casos múltiples, porque a través de los casos múltiples se puede facilitar la validación analítica del comportamiento de los proyectos, a partir de la identificación de patrones y el análisis transversal. Así mismo, se obtuvo variedad en comportamiento, que permitió contrastar los hallazgos y mejorar las proposiciones explicativas.

En este estudio se consideró el proyecto de I+D+i de manera integral, sin fragmentarlo en subunidades, por lo cual el diseño correspondió al de un estudio de casos holístico, de acuerdo con la guía de Yin (2018). En este tipo de estudios, el caso es considerado una unidad única, que interactúa con su entorno, a diferencia un estudio de casos incrustado, que modela la unidad de análisis como compuesta por subunidades, a su interior. Por su parte, se identificó que, en el entorno del proyecto, se encuentran la universidad y su unidad de transferencia, la interacción con aliados y los eventuales financiadores. Sin embargo, no fue necesario definir subcomponentes de los casos (o sub-unidades de estudio), sino que todos estos elementos fueron entendidos como parte del entorno particular para cada caso, y su incidencia sobre cada proyecto se analiza en el marco de la interacción de cada caso con su entorno, que es específico y único.

Sintetizando, se hizo un estudio de casos múltiple, holístico e instrumental, encaminado a la construcción de teoría.

Finalmente, Yin (2018) diferencia entre estudios de caso con diseños cerrados y con diseños adaptativos. Los primeros determinan los elementos de diseño antes de iniciar el trabajo de campo y no lo modifican. Los segundos ajustan elementos del diseño tras la recepción y análisis de información, que ayuda a clarificar o revelar asuntos relevantes para el abordaje del problema. Este trabajo adoptó un enfoque adaptativo, pues requirió hacer un trabajo de avanzada para definir las categorías de análisis relevantes para explicar el VM. Esto se debió a que en la literatura donde se encontraron numerosos factores, explicados de forma fragmentada, e insuficientes para determinar categorías inmutables, dentro de un diseño cerrado. La alternativa fue efectuar un primer acercamiento empírico al

inicio de los casos, que validó cuáles factores considerar como categorías del estudio de casos, y a partir de esta información se pudo proceder a completar el diseño del estudio.

4.1.3 Definición de casos

La definición de la unidad de análisis (el caso) está ligada a la pregunta de investigación (Yin, 2018). La pregunta en este estudio se refirió a proyectos de I+D+i universitarios que hubieran pasado por el VM o estuvieran en él. En consecuencia, los casos fueron proyectos que cumplieron tres condiciones: (i) ser de I+D+i, (ii) estar vinculados a universidades y (iii) que al momento del trabajo de campo permanezcan en el VM o lo hayan superado.

Interesó especialmente reconocer una condición emergente, que implica cambiar de un **estado inicial**, donde los proyectos se consideran en fase de demostración, y no han recibido los recursos necesarios para completar esta fase y continuar con las etapas finales del proceso de I+D+i, a un **estado posterior**, al que solo entran algunos proyectos, en el cual se recibieron los recursos, en virtud de una decisión de financiación. Al darse dos estados, e incluso porque el asunto central a estudiar corresponde a las condiciones que motivan el cambio de estado, resultó conveniente una aproximación donde se escogieron dos tipos de proyectos, como casos críticos:

- Proyectos identificados por la universidad por su alto potencial de superar el VM, pero que no lo han logrado
- Proyectos que lograron superar el VM.

De esa manera se buscó reconocer situaciones asociadas con la no superación del VM, en los primeros casos, y posteriormente comprobar hasta qué punto dichas situaciones pudieron ser resueltas favorablemente en los casos que atravesaron el VM. La lógica de comparar casos de proyectos exitosos vs casos de proyectos que permanecen en el VM, se acerca a lo propuesto por Pettigrew (1999), respecto al abordaje de casos polares para cubrir el espectro del problema a abordar.

Adicionalmente, se escogieron proyectos activos en el momento del levantamiento de los casos, lo que significa que debieron estar desarrollando actividades en fase de demostración, en el caso de los que permanecen en el VM; o tareas de DNP, alistamiento para operación, o incluso iniciado labores de operación y comercialización, para los casos que superaron el VM. En los últimos pudieron estar desarrollando actividades por parte de las universidades, o de aliados empresariales, tales como labores finales de desarrollo de la innovación, o de operación y comercialización de las innovaciones desarrolladas.

Yin (2018) advierte que, en algunas situaciones, es necesario un esfuerzo conceptual al definir los casos. En este sentido, se debe entender que las definiciones de cuál será el caso y los límites que aborda, deben ser adecuadas para el objeto de estudio, aunque eventualmente correspondan a definiciones que difieran de los conceptos utilizados cotidianamente. En el presente estudio, se plantearon los proyectos como casos de estudio, pero fue necesario hacer una definición *ad hoc* de qué se entiende por ello. El proyecto fue concebido como un emprendimiento orientado a materializar una innovación, y utilizando elementos recopilados en el marco conceptual, integra un conjunto de capacidades y un equipo de personas, que conforman el equipo innovador. Dentro de este equipo humano es identificable un líder, de quién se asume que define el curso de acciones que se toman en el desarrollo del proyecto. Este líder cuenta con un MM respecto al “deber ser” de las capacidades del proyecto.

En el entorno donde interactúa el proyecto, se encuentra la universidad, que a partir de unas reglas asigna recursos para las actividades de I+D+i. También se encuentran aliados, que aportan al proyecto capacidades complementarias, y financiadores, que eventualmente deciden invertir en el proyecto, llevándolo fuera del VM.

Para la selección de casos también se aplicaron límites espaciales: El estudio se centró en proyectos de I+D+i, originados y desarrollados en universidades de Medellín. Se seleccionaron proyectos de I+D+i pertenecientes a universidades del G8 y Sapiencia. Con ello se buscó una mayor representatividad, porque hay una historia de esfuerzos e intereses continuos de las universidades de dicho grupo por materializar innovaciones, bajo relacionamientos universidad-empresa-estado. Este antecedente facilitó identificar casos que cumplieran las

condiciones de selección. A la vez, se identificó que estas universidades aportarían aprendizajes en la gestión de iniciativas de I+D+i y en el confrontar el VM, a partir de su experiencia, aportando contenido para el estudio.

Los límites temporales fueron determinados por el ciclo de vida del proyecto. Interesó conocer desde el origen de la iniciativa, hasta su estado actual, para facilitar la identificación de eventuales situaciones generadas desde el origen de las ideas, que pudieron incidir en la permanencia de los proyectos en el VM, o en su superación.

Para definir la cantidad de casos a analizar, se partió de consideraciones de Yin (2018), quien plantea que dicha definición debe ser suficiente para cumplir el objetivo del estudio. Esto significa que el número de casos debe ser suficiente para poder generar replicaciones tanto literales como teóricas. También advierte que dicha definición corresponde a un criterio de juicio y no a la aplicación de una fórmula, por no tratarse de un estudio de tipo muestral. Cuando se abordan estudios en los cuales se parte de una teoría que no está suficientemente definida, es necesario considerar cinco o más casos que permitan encontrar las replicaciones y reducir la incertidumbre. Advierte Eisenhardt (1989), que cuando se trabaja con menos de cuatro casos, puede dificultarse la generación de nueva teoría, porque no logran resolverse los problemas de complejidad, y adicionalmente el resultado puede no ser suficiente convincente. Por otro lado, si se trabajan más de diez casos, aunque la precisión aumente, se puede volver complicado el manejo de la información.

Para definir la cantidad de casos, también se consideró el interés de revisar casos exitosos en cuanto a la superación del VM y casos que aún permanezcan en el VM, para establecer posibles similitudes al interior de cada uno de estos grupos (replicación literal), y posteriormente comparar, para encontrar posibles diferencias entre los dos grupos, lo cual ayudaría a hacer replicación teórica. Por este motivo se estableció, siguiendo los rangos recomendados tanto por Eisenhardt (1989), como por Yin (1990), que el estudio de casos debería abordar por lo menos seis casos exitosos y otros seis casos que permanecieran en el VM.

4.1.4 Procedimiento e instrumentos para estudio de casos

4.1.4.1 Exploración inicial de factores

Este trabajo no se orientó a contrastar una teoría previa, con hipótesis definidas, sino que la propuesta teórica fue resultado. Al hacer construcción de teoría a partir de casos, Eisenhardt (1989) recomienda que, en lo posible, se establezcan constructos iniciales, que sirvan de referencia para el trabajo exploratorio posterior, y orienten la búsqueda, sistematización e interpretación de la información. La definición de constructos de partida se resolvería fácilmente con una propuesta teórica de base. La dificultad radica en que dicha propuesta será resultado y no insumo del estudio de casos. Lo anterior plantea un problema circular, pues la falta de una base teórica dificulta la identificación de focos de exploración para los estudios de caso, los cuales son parte de la ruta propuesta para llegar a una propuesta teórica.

La vía para resolver lo anterior, aprovechó un avance obtenido a partir de revisión de literatura y presentado dentro del marco conceptual (numeral 0), correspondiente a una clasificación de factores, bajo la perspectiva de barreras a la innovación, con potencial de incidir en el VM. Esta clasificación, que presentó la Tabla 5, sirve de base para establecer las categorías y constructos de los estudios de caso. Sin embargo, no se podrían asumir todas las barreras a la innovación como categorías de este estudio de casos, por varios motivos:

- El conjunto de barreras a la innovación aplica para todo el proceso de I+D+i, no sólo para la fase donde se manifiesta el VM. Es necesario filtrar las barreras para reconocer factores que efectivamente incidan en el fenómeno de interés. Al hacer esto, también se reconoce que los factores incidentes en el VM, no sólo se manifiestan en la fase de demostración, sino que tal como lo plantearon Beard et al. (2009) y Gou et al. (2013), causas y efectos asociados al VM puedan suceder en momentos y etapas diferentes de la I+D+i.
- Los factores obtenidos de la literatura consideran barreras para todo el proceso de innovación. Es posible que, al enfocarse en el VM, sean identificados factores adicionales a partir de los casos.

- Las barreras a la innovación, sintetizadas de la literatura, fueron validadas con trabajos sobre el VM (ver la Tabla 6), que identifican las mismas barreras como factores incidentes en el VM. Sin embargo, esta fue una validación teórica. Por este motivo, el inicio del trabajo empírico requirió indagar otros factores que pudieran reconocerse como parte del VM, que no aparecieran en el listado previo de barreras a la innovación.

Al recopilar las barreras a la innovación, mediante síntesis de taxonomías de revisión de literatura, se obtuvieron 23 barreras a la innovación. Tomar todas estas barreras como factores del estudio de casos, hubiera hecho el estudio complejo, y demandante en esfuerzo para levantar información, procesarla e interpretarla. Además, el modelo resultante hubiera sido complejo en extremo, con demasiadas variables, dificultando el entendimiento y validación del resultado. El modelo de simulación hubiera heredado tal problema, al involucrar demasiados grados de libertad. Bajo el criterio de la parsimonia, fue prudente reducir la cantidad de factores a explorar en el trabajo de campo.

Por los motivos anteriores, se inició el estudio de caso con una actividad preliminar, de validación y ajuste al conjunto de barreras a la innovación, para derivar una nueva clasificación, de barreras incidentes en el VM. A continuación, se priorizaron dichas barreras, identificando las más relevantes para el modelo explicativo. Así se definió una cantidad de factores significativa, pero prudente, que consideró el compromiso entre el nivel de detalle explicativo y la parsimonia en el modelo resultante. El proceso para definir los factores a considerar en el estudio de casos requirió una ronda de entrevistas y síntesis⁹ posterior, que se describe a continuación.

4.1.4.1.1 Entrevistas con responsables de transferencia en universidades

Se abordó la primera etapa de campo interactuando con los responsables de transferencia de tecnología de las universidades del G8 y Sapiencia. Estas personas son responsables de aplicar mecanismos para ayudar a que los proyectos completen la fase de demostración, hasta ser transferidos hacia fases de escalamiento y de preparación para operación y comercialización. Por esta razón, dicho personal afronta el VM en su trabajo cotidiano. Gracias a esta experiencia, los responsables de transferencia cuentan con conocimiento que ayudó a reconocer los principales factores que constituyen barreras a la innovación durante el VM para los proyectos de su universidad, así como relaciones causales entre las barreras.

Se inició elaborando listas de barreras a la innovación en el VM, una por entidad. Como insumo, los entrevistados revisaron la síntesis de barreras obtenida de la literatura (Tabla 5), e identificaron las que afectan a los proyectos de I+D+i de sus universidades, cuando se encuentran el VM. Se usaron las definiciones de VM y fase de demostración consignadas en el numeral 0, junto con criterios propuestos en el numeral 0, para que los entrevistados reconocieran cuándo se considera que un proyecto entra, y cuando sale del VM. Así se controló que los entrevistados se enfocaran en la etapa de interés y que utilizaran las definiciones y demarcaciones establecidas en este estudio.

Además de seleccionar las barreras relevantes del listado inicial, cada entrevistado adicionó otras, de acuerdo con la experiencia en su universidad. Así se completó un listado específico por universidad.

Utilizando la lista de barreras para la universidad, se utilizó un instrumento para expresar relaciones de causa-efecto entre barreras, denominado Matriz de Incidencia Directa (Lafuente & de Paula, 2010), esquematizada en la Figura 11. Esta herramienta simboliza la incidencia de un fenómeno sobre otro. Para ello, establece un conjunto de factores causas A, y otro de factores efectos B. En la matriz representada en el conjunto de filas corresponde a los factores causa, el conjunto de columnas a los efectos. Los valores r_{ij} en cada cruce de filas y columnas, representan el grado de incidencia del factor causa i (del conjunto A) sobre el efecto j (del conjunto B).

En la aplicación dada en este trabajo, hubo condiciones específicas (Jiménez, 2018):

⁹ El diseño del instrumento para recopilar la información en entrevistas, y su síntesis, hasta identificar y priorizar factores, se apoyó en el trabajo de grado de Jiménez (2018).

- Tanto los factores causas A, como los factores efectos B corresponden al listado de barreras a la innovación previamente definido para cada universidad. Por este motivo, cada matriz de incidencia es cuadrada de dimensión $n \times n$, donde n es la cantidad de barreras en el VM, listada por universidad.
- Los valores contenidos en la matriz son binarios, 0 ó 1: Cada valor r_{ij} implica la relación de causalidad de la barrera en la fila, sobre la barrera en la columna. Se registra un valor de uno para el ij cuando el entrevistado encuentre que A es causa de B. En caso de que no haya relación entre A y B, el valor de r_{ij} es cero.
- Las celdas en la diagonal, es decir con $i = j$, se registran con valores de no aplica (n/a), pues corresponden a relaciones causales de una barrera consigo misma.

Figura 11: Esquema de matriz de incidencia directa. Elaboración basada en Lafuente & de Paula (2010).

r_{11}	r_{12}	...	r_{1n}
r_{21}	r_{22}	...	r_{2n}
\vdots	\vdots		\vdots
r_{m1}	r_{m2}	...	r_{mn}

La Tabla 7 ejemplifica una Matriz de Incidencia Directa, con los resultados de una de las universidades revisadas, que se obtuvo a partir de la interacción con el responsable de transferencia, durante entrevista:

Tabla 7: Ejemplo de aplicación matriz de incidencia directa, para una de las universidades.

Efectos	Desconocimiento de tendencias	Debilidad en relacionamientos y redes	No dominio de las dimensiones	Marcos regulatorios que impiden la innovación	MM incompletos e inadecuados	Falta de financiación
Causas						
Desconocimiento de tendencias	n/a	1	1	0	0	1
Debilidad en relacionamientos y redes	1	n/a	1	0	1	1
No dominio de las dimensiones	1	1	n/a	0	0	1
Marcos regulatorios que impiden la innovación	0	1	0	n/a	1	1
MM incompletos e inadecuados	1	1	1	0	n/a	1
Falta de financiación	0	0	1	0	0	n/a

Los factores en la Tabla 7 son los reconocidos como prioritarios por el entrevistado. Para esta entrevista específica correspondieron a seis barreras. Al completar las entrevistas, para cada universidad se obtuvo una matriz de incidencia directa entre barreras, semejantes al ejemplo de la tabla anterior.

4.1.4.1.2 Síntesis de entrevistas y priorización de factores

Las entrevistas arrojaron nueve listados de barreras a la innovación y nueve matrices de incidencia directa, que se debieron sintetizar. El primer paso implicó homologar denominaciones entre los factores planteados en las diversas entrevistas, solucionando situaciones donde una misma barrera fue denominada con descriptores diferentes en dos listas. De ello resultó una lista de 25 barreras a innovación en el VM, que además reporta en cuántas universidades fue listada cada una de las barreras. A diferencia del listado general, tomado de la Tabla 5, esta lista correspondió específicamente a barreras a la innovación en el VM identificadas por nueve universidades de Medellín, a partir de su experiencia. Se presenta en la Tabla 11, en capítulo Resultados.

Utilizando las nueve matrices y mediante funciones de búsqueda en Excel, se construyó una matriz consolidada de relaciones causales entre barreras. El resultado fue una matriz cuadrada de 25x25, en la cual el valor de cada componente r_{ij} corresponde a la cantidad de universidades que reconocieron una relación de causa y efecto, entre la barrera i como causa y la barrera j como efecto. Esta matriz consolidada de relaciones causales, reportadas por las universidades, se presenta en la Tabla 12, del capítulo Resultados.

Las filas de la matriz anterior se organizaron en forma descendente, de acuerdo con la cantidad de relaciones en las que cada factor participó como causa. Dicho orden fue replicado en las columnas. Así se obtuvo una concentración de relaciones con mayor frecuencia en la esquina superior izquierda de la matriz, mientras en la esquina opuesta se ubicaron las relaciones menos frecuentes. Esto sirvió como guía para priorizar los factores, pues fue posible identificar un grupo reducido de ellos en los que se concentra gran parte de las relaciones causales entre factores.

4.1.4.2 Delimitación de factores a explorar en los casos

Dado que el proceso se orientó a elaborar teoría a partir de casos, se propusieron constructos iniciales, siguiendo recomendaciones de Eisenhardt (1989), entendiendo las proposiciones o hipótesis definitivas serán producto del análisis de resultados de los casos y contrastada contra teorías existentes. Bajo esta consideración, al empezar con constructos iniciales se facilitó enfocar la exploración de evidencias sobre asuntos de interés, acorde con la teoría.

En otro tipo de investigaciones, el diseño completo del estudio hace parte de la metodología. Sin embargo, en la lógica de los estudios de caso, es factible recurrir a diseños adaptativos, donde la información obtenida permite revelar asuntos para ajustar el diseño (Yin, 2018). En este estudio, dicha preparación solo se puede completar tras la primera actividad del trabajo de campo, pues requirió que concluyera la definición de factores para determinar las categorías a considerar en la exploración y análisis de los casos. El criterio aplicado consistió en considerar cada factor resultante de la actividad anterior como una categoría a considerar en el estudio. Derivado de ello, en este momento también fue posible diseñar protocolos e instrumentos para captura de información.

A continuación, se detallan los factores considerados como dimensiones y las delimitaciones establecidas para guiar la exploración de dichos factores en los casos, y los constructos iniciales, que se definieron para cada factor. Sin embargo, se aclara que la lista de los factores a considerar fue resultado de la primera actividad de campo, que se describe en el numeral 0. Tanto factores como constructos son resultados iniciales, usados para ajustar el diseño, aunque se presentan a continuación, para mantener el orden de presentación del proceso.

4.1.4.2.1 Exploración del factor dimensiones de capacidad

Se exploró qué tan desarrolladas se encuentran diferentes capacidades en los proyectos, y qué hizo que se desarrollaran. Para ello se establecieron dimensiones, incluyendo el alistamiento de las tecnologías nucleares del proyecto, más el dominio de otras capacidades necesarias para la puesta en operación de los procesos y actividades de manufactura que requiere la operación de la futura unidad de negocios. También se indagó por el dominio de capacidades relacionadas con la gestión de mercados, desde leer las necesidades, hasta la distribución.

Este factor fue central en la exploración de los casos. Al seleccionar las capacidades como elemento central e hilo conductor del trabajo, parte de la exploración de los demás factores se orientó a reconocer su relación con las capacidades del proyecto. Así mismo, las dimensiones de capacidad permitieron reconocer el estado de desarrollo

del proyecto, e incluso fueron cuantificadas con un instrumento que se describirá en el numeral 0. y se instrumenta mediante formularios contenidos en el anexo 8.

Se compararon las capacidades del proyecto contra los MM de los financiadores, analizando cada dimensión de forma individual. Esta revisión se basó en la premisa de que, si este último encuentra que las ocho dimensiones están desarrolladas en un valor igual o superior al de su MM, el proyecto constituye una oportunidad de inversión madura. Así se compararon todos los casos con todos los financiadores. Se generó un resumen por proyecto, indicando cuáles fueron las dimensiones evaluadas favorable y desfavorablemente por cada financiador. Los resultados de dicha comparación se encuentran en el anexo 4. Para cada proyecto se consolidó la comparación, indicando cuántas dimensiones fueron evaluadas favorablemente por cada financiador. Este resultado se presenta en la Tabla 25.

Constructo inicial:

Los proyectos que superaron el VM tienen más desarrolladas sus dimensiones de capacidades.

4.1.4.2.2 Exploración del factor talento humano

En el caso se identificó quién es el líder del proyecto y el equipo que lo acompaña, como coinvestigadores, asistentes de investigación, etc. No se incluyó a personas de entes aliados o que hubieran prestado servicios ocasionales, por ejemplo, de la oficina de transferencia de tecnología, propiedad intelectual, jurídica, etc.

En el grupo, se identificaron competencias en diferentes áreas de conocimiento, a partir de sus perfiles profesionales. En especial, se reconocieron personas con conocimientos en áreas de administración o gestión de innovación, así como experiencia en el sector productivo. Esta búsqueda partió de la premisa de que las competencias en gestión facilitan el ejercicio de los roles que plantean Markham et al. (2010), para facilitar el avance de los proyectos a lo largo de la etapa de demostración. Adicionalmente, es de interés la experiencia en el sector productivo, porque siguiendo a Liening et al. (2018), contar con conocimiento profesional y empresarial hace parte de los recursos que facilitan el paso por el VM. También se indagó por el conocimiento en las tecnologías nucleares de cada desarrollo, identificando si en el equipo de proyecto se cuenta con expertos, y si hay personas con título doctoral en las disciplinas correspondientes.

Constructos iniciales:

- Un equipo con expertos y doctores en las áreas técnicas medulares del proyecto, facilita la superación del VM.
- Si el equipo cuenta con personas con experiencia empresarial o de gestión, se facilita la superación del VM.

4.1.4.2.3 Exploración del factor alianzas

Se identificaron agentes del sistema de CTi o empresas que hubieran participado en calidad de aliados en etapas del proyecto de I+D+i. Se buscó identificar si al contar con aliados, estos aportaron capacidades complementarias para resolver la brecha de capacidades en los proyectos. Se revisó distinguir si los aliados aportaron capacidades investigativas, es decir, que ayudaran al desarrollo de componentes de la tecnología, o si aportaron capacidades industriales o comerciales.

Constructos iniciales:

- Los aliados industriales o comerciales facilitan la superación del VM.
- Los aliados investigativos facilitan la superación del VM.

4.1.4.2.4 Exploración del factor instituciones

Este factor se analizó en dos aspectos: de un lado, se revisó la influencia de normas, procedimientos y disposiciones internas de la universidad sobre el acceso a recursos y habilitación para el desarrollo de capacidades que requieren los proyectos de I+D+i. De otra parte, interesó reconocer la influencia de normas, leyes, estándares, etc., de origen

externo a la universidad, que pudieran condicionar el paso del proyecto hacia etapas finales. Por ejemplo, normativas relacionadas con permisos para acceder al mercado, asuntos de propiedad intelectual, entre otros.

Constructos iniciales:

- Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre el acceso a recursos y desarrollo de capacidades que requiere el proyecto de I+D+i.
- Marcos normativos vigentes en el medio, inciden en la viabilidad de llevar los proyectos hacia fases finales de operación y comercialización.

4.1.4.2.5 Exploración del factor financiación

Resulta crítico reconocer si se obtuvieron recursos financieros para costear las actividades de las etapas finales de DNP, operación y comercialización. Si se consiguió el acceso a estos recursos, se encuentra la condición de salida del VM, dado que este evento resuelve la brecha de financiación.

Constructo inicial:

- Los proyectos con mayor desarrollo en las dimensiones de capacidad, tienen mayores probabilidades de acceder a recursos financieros para las etapas finales.

4.1.4.2.6 Exploración del factor apoyo en el sistema de CTi

Es usual recibir dos tipos de apoyo de terceros: de un lado, algunos proyectos de las universidades son cofinanciados por entes de fomento al desarrollo en CTi. En el caso de las universidades de Medellín, los apoyos para gastos de I+D+i suelen ser aportados a través de instrumentos de Minciencias, SENA e Innpulsa, en el ámbito nacional, más RutaN, y la Gobernación de Antioquia, en el ámbito regional.

Otras entidades aportan conocimiento especializado, capacidades e información, a manera de servicios técnicos, como Tecnova, RutaN, el CTA, y un conjunto de centros tecnológicos y de innovación, incubadoras de empresas de base tecnológica, entre otros.

Constructos iniciales:

- La financiación mediante instrumentos del sistema de CTi ayuda a superar el VM.
- El suministro de servicios y recursos de apoyo de agentes del sistema de CTi, ayuda a superar el VM.

4.1.4.2.7 Exploración del factor MM

Se indagaron las creencias o ideas de los líderes de los proyectos, respecto al deber ser en el nivel de desarrollo de las dimensiones de capacidad. Al hacer esta revisión, se siguió lo expuesto por Kim (1998), quien establece que las representaciones mentales del deber ser de un sistema o proceso, actúan como marcos cognitivos que delimitan las decisiones que se toman y las acciones que se ejecutan. Los MM sirven de marco de referencia, e incluso de delimitación de las capacidades que desarrolla un equipo u organización. Este factor se exploró en los casos, buscando posibles conceptos preestablecidos respecto al deber ser de los proyectos, que condicionaran su ciclo de desarrollo.

Se pueden explorar otros tipos de MM, por ejemplo, los marcos cognitivos de las universidades sobre los procesos de transferencia de tecnología más relevantes para gestionar los proyectos de I+D+i. Sin embargo, en este trabajo la unidad de análisis fue el proyecto, resultando más relevante reconocer el MM relacionado con las dimensiones que caracterizan el estado de desarrollo del proyecto, que fueron las de capacidad.

La exploración inicial de los MM fue cualitativa, aplicando análisis de discurso. Posteriormente se estructuró un instrumento para levantar el MM de los líderes de los proyectos, respecto al nivel de desarrollo que debían tener las dimensiones de capacidades. Estos MM fueron soportados en los modelos de Kim (1998), que los relacionan con las capacidades. Las dimensiones objeto de análisis bajo MM fueron las descritas por Danneels (2002), usando las

mismas dimensiones para establecer cuantitativamente los factores **dimensiones de capacidad** y **MM**. Esto permitió comparar estos factores, tratando de establecer si cada dimensión de capacidad es desarrollada en función de su MM correspondiente, a manera de marco de referencia.

Para cuantificar el MM de interés, se indagó el valor mínimo al que se debería desarrollar cada dimensión de capacidad. Se asumió que, si se cumplen o se rebasan los mínimos, el inversionista podría estimar que el proyecto está listo para etapas finales y, en consecuencia, el financiador potencial considera una eventual inversión en él. El numeral 0 describe bajo qué consideraciones se estructuró la identificación de los MM, y el anexo 8 presenta los formatos usados para instrumentarla.

También se exploró si en los casos, los MM son modificados. Antecedentes en la literatura plantean una característica de los MM, que consiste en la posibilidad de aprender: Kim (1998) describe cómo los MM son revisados después de que se ejecutan las acciones ligadas a ellos, estableciendo ajustes en dichos modelos. Así se constituyen procesos de aprendizaje individuales y grupales. Holland (1989) describe ajustes en sistemas complejos, donde los individuos reconocen el fallo en los resultados obtenidos, con respecto los pronósticos generados mediante sus MM. Al reconocer el fallo de los pronósticos, los agentes hacen una revisión y modificación de sus MM.

En la indagación a los líderes de los casos exitosos, se consultó si las interacciones realizadas los han llevado a modificar sus MM. Para ello se indagó el valor del MM para cada dimensión entre el momento presente (junio y julio de 2020), y el valor de las mismas dimensiones en el MM al inicio del proyecto. Así se identificó si hubo crecimientos en las dimensiones del MM, tras la interacción con los financiadores y experiencia vivida en la fase de demostración.

El aprendizaje en cada proyecto, medido como variación total, se calculó sumando las variaciones en el MM para cada dimensión, es decir, la suma de valores absolutos de las diferencias, como muestra la fórmula:

$$\text{variación MM en proyecto} = \sum_{Dim=1}^8 |MM_{actual_{dim}} - MM_{inicial_{dim}}|$$

Constructos iniciales:

- Cada dimensión de capacidad del proyecto es desarrollada hasta alcanzar el nivel definido en el MM correspondiente a esa dimensión.
- La interacción entre proyectos y financiadores propicia un aprendizaje, que se refleja en la modificación de los MM de los proyectos.

4.1.4.3 Análisis de los casos frente al entorno de financiación

El diseño holístico del estudio de casos implica entender la financiación como una característica del entorno. Para reconocer la relación entre un caso y este elemento del entorno, se identificó en qué condiciones se activa la decisión de seleccionar un proyecto de I+D+i, para financiar las actividades restantes, hasta la puesta en operación. Para recoger dicha información se requirió interactuar con personas que hacen parte de procesos de evaluación financiera, a proyectos de I+D+i.

Retomando la discusión sobre sistemas complejos, una de sus características consiste en que algunos de sus comportamientos sólo son entendibles si se considera la interacción entre varias partes del sistema. En cambio, en la perspectiva de un solo componente y de su información disponible, no es posible reconocer por qué se dan dichos comportamientos. Los eventos que se dan y se entienden en el contexto de la interacción, constituyen comportamientos emergentes. Como ya se ha sustentado, el hito que se ha reconocido como desencadenante de la salida del VM, es la decisión de financiar, lo cual no depende de los proyectos sino de los financiadores, y constituye un evento que sucede en condiciones de interacción.

Así pues, se revisaron y perfilaron los criterios bajo los cuales un proyecto de I+D+i puede ser evaluado positivamente. Para ello, se aplicó una revisión en tres pasos: (i) Se desarrolló y aplicó un instrumento para levantar los criterios de evaluación a un proyecto de innovación, en forma de MM. (ii) Se comparó el MM del financiador con el del proyecto, para reconocer afinidades y diferencias de perfil. (iii) Se reconoció si el proyecto está suficientemente

desarrollado en sus capacidades, para cumplir con el perfil definido en el MM del financiador. De ser así, se reconoció la favorabilidad del proyecto, como oportunidad de inversión. A continuación, se plantean consideraciones para estas tres acciones.

4.1.4.3.1 Análisis cuantitativo de capacidades y MM de los casos

Se desarrolló un instrumento para estimar cuantitativamente el nivel de desarrollo de las dimensiones de capacidad del proyecto y de los aliados, en los casos que esto último aplicara. Del instrumento concebido para medir una capacidad, se derivó una fórmula para representar el MM que induce al desarrollo de dicha capacidad.

Al revisar el marco conceptual, se reconoció la posibilidad de explorar el estado y evolución de las capacidades utilizando un modelo de ciclo de vida para las mismas, de Helfat & Peteraf (2003). Este modelo propició la cuantificación del nivel de desarrollo de las capacidades. Esto facilitó la revisión de algunos de los constructos definidos, que involucraron las capacidades. Cabe recordar que los resultados del estudio de caso debieron ser transferidos a un modelo de simulación, que para operar requiere datos cuantitativos. Así, fue favorable el contar con registros numéricos del nivel de desarrollo de las dimensiones de capacidad.

Por estos motivos, la indagación de las capacidades involucró cuantificar las dimensiones de capacidad de los casos. Dicha herramienta consideró un grupo de ocho dimensiones de capacidad a ser desarrolladas, a partir de lo descrito por Danneels (2002) y presentado en el marco conceptual. Cada dimensión fue reglada en función de una escala de medición, que recoge las etapas del ciclo de vida que recorren las capacidades (Helfat & Peteraf, 2003), incluso las capacidades establecidas como dimensiones de los proyectos. Dichas etapas son: fundación, desarrollo y madurez (ver Figura 7 en el marco conceptual). La escala para estimar el nivel de desarrollo de cada capacidad es presentada en la Tabla 8:

Tabla 8: Cuantificación del nivel de desarrollo de capacidades. Elaboración propia a partir de Helfat & Peteraf (2003).

Etapas en ciclo de vida de la capacidad	Capacidad nula o inexistente	Capacidad en fundación	Capacidad en desarrollo			Capacidad en madurez
			25%	50%	75%	
Rango de valores en estudio de casos	0%	5%	25%	50%	75%	100%

Los aliados también poseen capacidades, medidas con la misma escala. Al hacerlo se facilitó el reconocimiento de las capacidades que suministra el aliado al proyecto, ampliando las dimensiones que se dominan.

Además, fue relevante cuantificar los MM, para su interpretación en el análisis de casos y posterior estructuración de un modelo de simulación. Los MM tienen una naturaleza tácita, por ello se requirió hacer esfuerzos deliberados para explicitarlos, lo cual se logró con el instrumento de cuantificación.

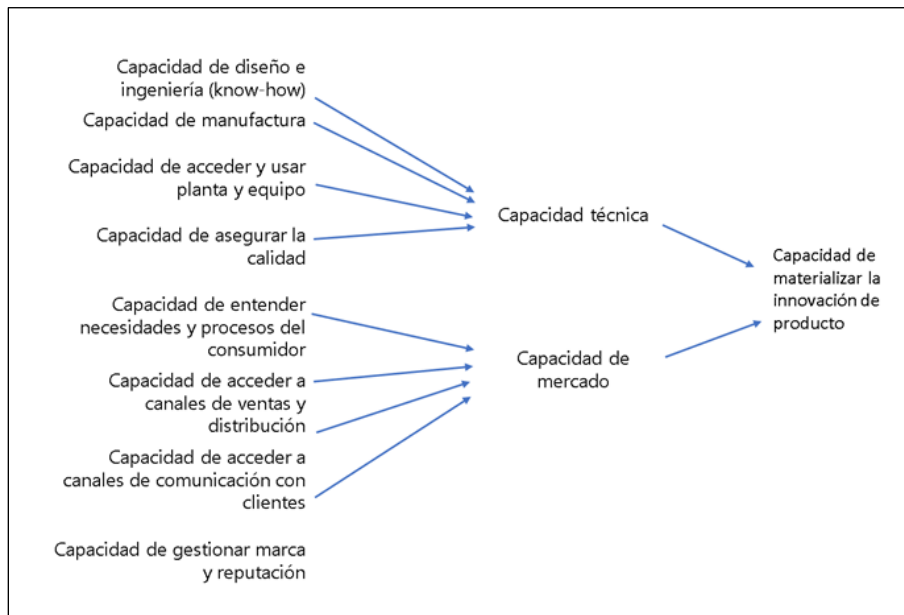
Los MM se entienden como "teorías en uso" (Senge, 2010), o definiciones tácitas del "deber ser", que moldean lo que se hace. Aunque un MM no sea manifiesto y explícito, define un marco para las decisiones y acciones, de modo que las personas tienden a comportarse en función del marco de referencia que establecen sus propios MM. Si se aplica este concepto al desarrollo de capacidades de innovación, se espera que estas capacidades evolucionen en función del MM, que determina cuáles dimensiones son consideradas importantes y, en consecuencia, qué tanto se deben desarrollar. Kim (1998) sustenta la relación entre MM y capacidades, donde los primeros actúan como marco de referencia para que se tomen decisiones y se emprendan acciones generadoras de experiencia, que eventualmente formen rutinas. Bajo esta consideración, el instrumento levantó tanto las capacidades, como los MM que les sirven de referencia y hasta cierto punto delimitan el desarrollo de las mismas capacidades.

Fueron consideraciones para volver explícito el MM:

- El objetivo perseguido es cumplir con un perfil de capacidades suficiente para que el proyecto cumpla con los requisitos mínimos de un financiador, que considere invertir en el proyecto.

- Mohammed et al. (2000) identifican que una aplicación de los MM es la identificación de las labores que se cree deben cumplirse, y sus requerimientos de desempeño, frente al cumplimiento de un objetivo. Este estudio va en esta línea, pues para cada caso se espera levantar un MM que cuantifique la imagen que tiene el líder respecto a qué nivel de desarrollo (requerimiento de desempeño) se debería llevar cada dimensión de capacidad (labor a ejecutar) para que el proyecto sea atractivo para financiadores dispuestos a invertir en la etapa final (objetivo a cumplir).
- Cada componente del MM es una de las ocho dimensiones de capacidad.
- El MM tiene una estructura que conecta sus componentes. Para esta aplicación, la estructura fue tomada de la literatura, estableciendo el modelo de capacidades de Danneels (2002) como referencia. Se solicitó a los innovadores valorar los componentes, dentro de un instrumento que contiene la estructura preestablecida. La Figura 12 muestra la estructura de MM que sirvió de base para esta indagación.
- En este MM, la cuantificación de la importancia o peso de cada dimensión corresponde al nivel de desarrollo que se considera debe ser alcanzado en el proyecto, para cumplir con el objetivo propuesto, es decir, para interesar a un financiador o inversionista.

Figura 12: Estructura de MM utilizada para el estudio de casos. Elaboración propia a partir de Danneels (2002).



Se levantó un MM sobre el nivel de capacidades que el innovador considera debe ser alcanzado por el proyecto. Se asumió que el MM del líder es compartido por el proyecto.

Cabe aclarar que el levantamiento del MM fue aplicado con los líderes de 21 proyectos. Inicialmente no eran conscientes de su MM, y por ello tuvieron dificultades para estimar las primeras dimensiones. Tras ello, se les hizo más fácil la estimación, reconociendo sus percepciones y preconcepciones respecto al deber ser en las diversas dimensiones del MM propuesto. Esta mayor claridad se pudo identificar tras calificar la segunda o tercera dimensión. Tras evaluar las ocho dimensiones, se le pidió a los líderes revisar y ajustar las estimaciones de las dimensiones iniciales. Así se logró que todas las dimensiones fueran estimadas con un entendimiento suficiente y consciencia de sus MM, eliminando posibles alteraciones por las dificultades encontradas al iniciar este ejercicio.

Posteriormente se desarrolló un ejercicio equivalente con un grupo de gestores de fondos de financiación, con una experiencia semejante.

4.1.4.3.2 Perfilamiento de MM de financiadores

Bajo la perspectiva del financiador, se identificó el nivel mínimo en cada capacidad del proyecto, que sería aceptable para que este sea considerado seriamente como una oportunidad de inversión. Para facilitar la comparación y tratamiento de la información de los financiadores, se capturaron estos criterios en términos de MM, con la misma estructura definida a partir de las dimensiones de Danneels (2002), y para los MM de los líderes de proyecto. Se tomó como supuesto que otros factores, como el alineamiento estratégico, saneamiento de propiedad intelectual, perfil del equipo innovador, son favorables, y que se cuenta con fondos para la eventual financiación.

Para hacer este desarrollo, se interpretó la propuesta de Kim (1998), que plantea que los MM son representaciones inconscientes del deber ser, que determinan las decisiones que se toman y los actos que se ejecutan. En este caso se siguió la interpretación de los MM como delimitadores de las decisiones que tomarán los financiadores. Así, se consultó a personas de fondos de inversión, especializadas en evaluación financiera de proyectos de innovación. Se les pidió levantar un MM que represente los mínimos que el evaluador esperaría reconocer en las dimensiones de capacidad, para que considere un proyecto como oportunidad de inversión madura. Estos expertos fueron consultados a manera de voceros de los financiadores e inversionistas.

Los entrevistados participan en fondos de inversión con presencia en Medellín incluyendo fondos de capital de riesgo e instrumentos de inversionistas ángeles. Uno de los fondos declaró que cumple con un perfil doble, pues algunas inversiones las desarrolla con perfil de capital de riesgo, otras en calidad de *private equity*.

Mediante entrevista, se diligenció un formulario para cada fondo. El formulario contiene la estructura de MM descrita en la Figura 12. Al indagar a los entrevistados, se les pidió que al estimar la importancia de las dimensiones del MM, asumieran que los proyectos evaluados están saneados en asuntos diferentes a las dimensiones, tales como estar en condiciones favorables de propiedad intelectual, contar con un equipo de trabajo confiable, tratarse de una oportunidad de innovación alineada con los objetivos misionales, o con las expectativas de inversiones, y que además se contara con los capitales disponibles para financiar cualquier proyecto. De esta manera, se aislaron factores diferentes a los representados en las dimensiones del MM.

Se utilizó la misma estructura de MM aplicada para los líderes de los proyectos. Sin embargo, hubo una variación respecto al objetivo referido por el MM de los financiadores. En este caso se trató de identificar el nivel mínimo de desarrollo de las dimensiones de capacidad, bajo el cual se pudiera considerar que el proyecto está en condiciones de madurez suficientes, y constituye una oportunidad cierta de inversión.

El objetivo propuesto para el MM de los financiadores varía respecto al de los innovadores, aunque se encuentra sinergia entre ambos objetivos. Además, se trató de MM perfilados, a partir de la misma estructura y utilizando las mismas escalas. Estas condiciones posibilitaron comparar el MM de los proyectos con el de los financiadores.

Sin embargo, no se buscó una relación individual entre proyectos estudiados y financiadores, por varias razones:

Al estudiar los criterios bajo los cuales los gestores de financiación evalúan los proyectos de I+D+i, se levantaron criterios generales de evaluación. La revisión conjunta de un grupo de gestores de fondos, ayudó a entender los perfiles bajo los cuales los proyectos se vuelven interesantes para los inversionistas.

Una alternativa hubiera sido indagar bajo qué criterios se aprobó un caso determinado, pero involucraba al riesgo de encontrar criterios de evaluación no replicables. La indagación de criterios de financiación para cada caso, hubiera llevado a un modelamiento que dista de las condiciones de una decisión emergente. En otras palabras, si se escogiera a un financiador del que se sabe que tomó una decisión favorable de inversión en un proyecto específico, y también se sabe que dicho proyecto superó el VM, se estaría levantando información sobre las condiciones de un hecho que parece determinístico, por la perspectiva que se estaría tomando. En cambio, si se recogen criterios generales, y no a la percepción de los financiadores frente a un caso particular, se espera recoger información que permita una explicación más general de una decisión que es emergente y no determinista.

Adicionalmente, si la indagación se hubiera limitado a los financiadores específicos de cada caso, no se hubiera garantizado un grupo suficiente de evaluadores a consultar. De un lado, sólo se puede garantizar que los proyectos exitosos han pasado por la evaluación financiera. Esta situación se agrava porque en algunos casos exitosos, las

universidades prefirieron mantener confidencialidad respecto a la identidad de financiadores. Esta situación hubiera llevado a reducir el grupo de evaluadores susceptibles de ser contactados.

Por los motivos anteriores, se prefirió recoger información sobre criterios generales, en lugar de condiciones de decisión de la financiación caso por caso.

Para identificar, seleccionar y contactar a los gestores de fondos a entrevistar, se recurrió a una estrategia de bola de nieve, para acceder a los gestores que cumplen con las características necesarias para ser entrevistados. Esto fue facilitado porque el conjunto de financiadores de innovación en Medellín es reducido. Además, se da una relación de colaboración entre ellos.

En el numeral 0 se presentan los MM obtenidos mediante entrevistas con financiadores. También se comparan los proyectos con los MM de los financiadores, en el numeral 0. Con ello se pudo avanzar en la comprensión de la influencia de estos MM sobre la evaluación favorable a un proyecto.

4.1.4.3.3 Comparación entre MM del financiador y MM del caso

Se compararon los MM de los casos con los del grupo de financiadores. Una premisa de este análisis fue que, en tanto se cuente con los recursos y plazos suficientes, los proyectos desarrollan las capacidades en cada dimensión, hasta el nivel establecido en el MM, lo cual es explicable a la luz de Holland (1989), Kim (1998) y Senge (2010).

El proceso inició separando los casos en dos grupos, uno de casos exitosos y otro de casos críticos. Se dejó aparte el caso recurrente porque combina comportamientos de caso exitoso y de caso crítico, induciendo una eventual confusión si se considera en esta comparación. Se establecieron tres grupos de MM, uno con los MM de los casos exitosos, uno más con MM de los casos críticos, y el final con los MM de financiadores.

A continuación, se identificaron los rangos de valores en los cuales se encontraron los MM por dimensión y por grupo. Esto permitió analizar, para cada dimensión, si los MM de los proyectos están dentro del rango de MM de los financiadores, por encima, o por debajo. En el capítulo de resultados, desde la Figura 42 hasta la Figura 49 se ilustran los rangos en los que variaron los MM de financiadores, casos exitosos y casos críticos, en cada dimensión.

Bajo las premisas de que (i) un proyecto gana favorabilidad frente al financiador en la medida que una dimensión de capacidad esté desarrollada hasta cierto nivel, y (ii) el desarrollo de dicha capacidad está delimitado en parte por el MM, se interpretaron tres resultados alternativos, teniendo en cuenta que el MM del proyecto, para una dimensión, puede estar dentro del rango de MM de los financiadores, por encima, o por debajo. En la Tabla 9 se interpretan las implicaciones de estas tres situaciones posibles.

Tabla 9: Criterios para interpretación de MM por caso y dimensión.

Ubicación del MM del caso	Interpretación
El MM del caso, en la dimensión analizada está dentro del rango de MM de los financiadores, para la misma dimensión.	En la eventualidad de desarrollar la capacidad hasta el nivel definido en el MM, cuando esta sea evaluada por los financiadores, es posible que se obtenga una valoración favorable.
El MM del caso y dimensión analizada está por encima del rango de MM de los financiadores, para la misma dimensión.	En la eventualidad de desarrollar la capacidad hasta el nivel definido en el MM, cuando esta sea evaluada por los financiadores, es posible que se obtenga una valoración favorable. Sin embargo, este resultado fue ineficiente, porque requirió más recursos de los necesarios para alcanzar las expectativas de los financiadores.
El MM del caso y dimensión analizada está por debajo del rango de MM de los financiadores, para la misma dimensión.	En la eventualidad de desarrollar la capacidad hasta el nivel definido en el MM, cuando esta sea evaluada por los financiadores, el nivel de desarrollo estaría por debajo de sus expectativas. Por ello se espera una valoración desfavorable.

4.1.4.3.4 Análisis de favorabilidad del proyecto, frente al financiador

El sólo reconocimiento del nivel de capacidades, o el MM del financiador, de forma aislada, no son suficientes para identificar si un proyecto tiene potencial para superar el VM. Esto depende de la interacción entre el proyecto y un financiador, que esté dispuesto a invertir tras evaluar su perfil de capacidades.

Se requirió confrontar el perfil de capacidades contra el criterio de los inversionistas, representado en su MM. Esto se hizo a manera de rueda de negocios simulada, para encontrar cuántas dimensiones de cada proyecto serían evaluadas favorablemente por cada financiador.

Tras levantar los MM de los financiadores, se analizó cómo se daría la relación financiador-proyecto, en el evento de que el proyecto *i* fuera evaluado por el financiador *j*. Se tomó cada par (financiador *i*, proyecto *j*), comparando el valor en el MM del financiador con el de capacidad del proyecto, para cada dimensión de Danneels (2002). Si en esta comparación, el nivel de capacidad iguala o supera el valor mínimo definido en el MM del financiador, se entiende que, para dicha dimensión, la evaluación del financiador es favorable.

Esta comparación se repitió para las ocho dimensiones, reconociendo cuántas aprobarían la evaluación del financiador. El mismo análisis se aplicó para comparar todos los proyectos con todos los financiadores. El numeral 0 presenta los resultados de esta comparación.

4.1.4.4 Definición de fuentes de datos, instrumentos y protocolo

Siguiendo las recomendaciones de Yin (2018), se elaboró un protocolo para guiar el estudio de los casos. El protocolo incluyó una verificación para reconocer que casos seleccionados cumplieran con los criterios de inclusión en los grupos establecidos. También se incluyó una serie de preguntas orientadoras para guiar la búsqueda de información y su interpretación. Estas preguntas se establecieron en relación con los factores considerados en la preparación del estudio de casos. También, se definieron claves de codificación, que facilitaron el procesamiento de la información de cada caso, y la posterior comparación entre casos. El anexo 1 presenta el protocolo.

Arzaluz (2005) plantea que el método de estudio de casos no hace referencia a una técnica específica de indagación, sino más bien, a una forma para organizar y sistematizar información de un fenómeno, sin que se pierda el carácter unitario de dicho objeto o unidad de análisis, que es cada caso. A este respecto, hace énfasis en que el caso, que es la unidad de análisis, también es como una unidad social, que corresponde a un todo. Esta característica implica la posibilidad de acudir a múltiples fuentes e instrumentos para indagar respecto al caso, e integrarlas. En los métodos de caso, la instrumentación de la recolección de información se basa en la triangulación de múltiples fuentes de evidencias, buscando contrastar y verificar hallazgos, así como enriquecer perspectivas. Jiménez (2016), advierte que al considerar diversas perspectivas en los estudios de caso, se hace una exploración con mayor profundidad y amplitud, simultáneamente. El uso de múltiples fuentes de información es a su vez una estrategia para mejorar la confiabilidad y validez de las descripciones y resultados del estudio (López, 2013; Yin, 2018).

De otra parte, al ser un estudio cualitativo, la información capturada corresponde a palabras y no a cifras. Lo esencial en los casos es identificar eventos o situaciones clave, que ayuden a comprender mejor un fenómeno, la forma como se da y las condiciones del caso o del entorno que puedan causarlos. Para ello se recurre a entrevistas, documentos primarios, notas de campo u otras fuentes posibles, que se contrastan bajo la lógica de la triangulación (Yin, 2018).

Se usaron fuentes secundarias y primarias concernientes a cada caso. La información secundaria que fue de tipo documental, correspondiente a informes suministrados por los investigadores y el personal de transferencia, así como información en internet, de las páginas web de las universidades, bases de datos de Minciencias o repositorios de artículos publicados, concernientes a las tecnologías desarrolladas por los casos. En los proyectos exitosos, también se encontró información en las páginas web de las empresas aliadas.

Como fuentes primarias se aprovecharon los testimonios de los investigadores principales y del personal de gestión que estuvo acompañando a los proyectos, de organismos de gestión tecnológica e innovación u oficinas de transferencia de tecnología. La indagación en fuentes primarias combinó información cualitativa, a través de

entrevistas semiestructuradas, y cuantitativa, mediante la aplicación de un instrumento para levantar las dimensiones de capacidades y MM. En el anexo 2 se presenta la guía de entrevistas semiestructuradas.

4.1.4.5 Criterios para selección de casos

En el estudio de casos múltiples, cada caso correspondió a un proyecto de I+D+i desarrollado por una universidad en Medellín, asociada al G8 o a Sapiencia. Se decidió seleccionar los casos de estas 11 universidades, porque concentran el 72% de las capacidades de I+D+i registradas en Antioquia, además de estar trabajando durante varios años en iniciativas de colaboración universidad-empresa, como se presentó en el contexto de Medellín y Antioquia. Por estas razones, constituyen un buen espacio para explorar experiencias de hacer frente al VM.

Para la selección de los casos se entrevistó a coordinadores de transferencia de las universidades. Se identificaron proyectos que cumplieron los criterios de selección de proyectos exitosos y proyectos críticos. Esto facilitó el reconocimiento de casos adecuados, dado que la mayoría de los proyectos de I+D+i de las universidades no eran conocidos antes de este estudio, pero la revisión con los coordinadores de transferencia, ayudó a solucionarlo.

Para el estudio fue fundamental entender las condiciones bajo las cuales emerge la superación del VM. Para ello se aplicó una estrategia basada en comparar y entender casos en dos estados: Por un lado, proyectos calificados como "exitosos" por haber cumplido las condiciones de salida del VM. De otro lado, proyectos clasificados como "críticos", en los cuales se reconoce un avance significativo y sus respectivas oficinas de transferencia los consideran como candidatos a cruzar el VM, pero aún no han logrado pasar a las etapas finales. Esta estrategia facilitó identificar los factores que han impedido que las condiciones de superación del VM emerjan en los casos críticos. Por su parte, en los casos exitosos se indagó cómo se solucionaron dichas condiciones, para la decisión de financiar los proyectos en las etapas finales, dándose las condiciones para superar el VM.

Como casos críticos, se trata de identificar proyectos que han entrado en la etapa de demostración, y se mantuvieran en ella. Para ello se definieron criterios de selección:

- El proyecto, desarrollo tecnológico u oportunidad de innovación derivada del proyecto hace parte de un portafolio gestionado y promovido por la unidad de transferencia de tecnología de la universidad¹⁰.
- Sus resultados de I+D están desarrollados y probados, al menos en condiciones de laboratorio. La tecnología resultante se encuentra en TRL 5 o superior.
- En caso de ser transferido, el desarrollo tecnológico se integra en una innovación de producto (bien o servicio), o una unidad de negocio
- En lo posible, cuenta con una patente u otro activo intangible reconocible como propiedad intelectual, como un software, o un secreto industrial debidamente protegido.
- El responsable de transferencia lo considera uno de los proyectos más maduros, para ser transferido.
- El proyecto está activo, es decir que no se ha cancelado, sino que se mantienen actividades, ya sea en ejecución, o en plan para ejecutarlas.

Para la selección de casos exitosos. Se identificaron proyectos que hubieran entrado en la fase de DNP o comercialización. Los criterios para ello fueron:

- El proyecto, desarrollo tecnológico u oportunidad de innovación derivada del proyecto hace, o hizo parte, de un portafolio gestionado y promovido por la unidad de transferencia de tecnología de la universidad.
- Sus resultados de I+D están desarrollados, probados y transferidos para una fase de escalamiento industrial, y se están desarrollando, o se han concluido actividades de adecuación de planta e infraestructura de operación, y promoción comercial. El desarrollo tecnológico se encuentra en TRL 8 o superior.
- El desarrollo tecnológico se ha integrado en una innovación de producto, o una unidad de negocio.

¹⁰ Se hace explícito que se puede tratar de proyectos, tecnologías u oportunidades de innovación, pues el proceso de transferencia en cada universidad varía en la definición del elemento objeto de gestión de transferencia.

- En lo posible, cuenta con una patente u otro activo intangible diferenciable bajo una figura de propiedad intelectual, como un software, o un secreto industrial debidamente protegido.
- El proyecto está activo, en actividades de DNP, alistamiento operativo, operación o comercialización.

4.2 Modelo de simulación

Este trabajo concluyó con el desarrollo de un modelo de simulación, y su aplicación para obtener, a través de experimentos computacionales, un entendimiento de la influencia de los MM en los comportamientos del VM. El modelado y simulación también buscó posibles lineamientos para la gestión de proyectos de I+D+i, tendientes a una mejora de las tasas de superación del VM. De esta forma se enfocaron los objetivos de esta investigación.

Tanto en la revisión de literatura como en la discusión del problema, se hizo énfasis en que detrás del fenómeno del VM hay comportamientos propios de los sistemas complejos. El estudio de casos múltiples, anteriormente descrito, aportó una ruta metodológica para proponer un modelo explicativo basado en proposiciones que constituyan relaciones causa-efecto. Sin embargo, bajo las condiciones de complejidad, la representación de causalidades es un aporte valioso, pero no suficiente, para tener un entendimiento detallado de la dinámica emergente en cambio de estado, entre la permanencia y la superación del VM. A este respecto Sterman (2000), comenta que cuando se hace un ejercicio cuyo resultado es explicitar y mapear procesos y relaciones causales, el resultado es un conjunto de atribuciones causales, así como hipótesis respecto a la estructura de un sistema, pero estas todavía tienen que ser probadas. Este es el punto de llegada de la propuesta de teoría a partir de casos.

Cuando se trata de problemas complejos y dinámicos, los instrumentos para representar las relaciones de causalidad logran representar las hipótesis sobre causalidad y estructura que plantea Sterman, pero aún falta entender cómo dichas relaciones y la estructura del sistema, generan comportamientos evolutivos o incluso emergentes, como es el caso del fenómeno del VM. Por ello, un modelo de sistemas simulable, aporta a dar un paso más en el entendimiento del fenómeno. A continuación, se plantean condiciones para el desarrollo del modelo.

4.2.1 Propósito y condiciones del modelado

El modelo de simulación complementa los resultados del estudio de casos, transfiriendo la explicación desarrollada a una representación computacional, que permite probar, validar e incluso profundizar en los detalles y comportamientos. Aunque los comportamientos pueden estar manifiestos en el modelo resultante de los casos, se necesita darle un carácter dinámico a dicho modelo para visualizar cómo interactúan sus componentes, y comprender las implicaciones de los comportamientos.

De otra parte, se debe destacar que las dinámicas de I+D+i en las que está involucrado el VM, suelen desarrollarse a lo largo de décadas, como advierten Auerswald & Branscomb (2003), Raven & Geels (2010) y Walrave & Raven (2016). Esto significa que, aun teniendo un modelo explicativo, basado en relaciones causales a partir del estudio de casos, es difícil comprobar cualquier pronóstico en el sistema o validar las salidas del sistema modelado frente al real, pues los retardos son elevados y los tiempos de evolución extendidos, dificultando cualquier prueba. Incluso se dificulta la captura, agregación y síntesis de datos, y es posible que cuando se tengan recomendaciones para mejorar la gestión de los proyectos derivados del uso y prueba del modelo, estas sean extemporáneas.

En cambio, los experimentos mediante simulación computacional pueden reproducir un comportamiento de décadas en unos minutos, o segundos. Esta ventaja permite tener información inmediata sobre todo el ciclo de evolución del sistema, desarrollando recomendaciones y lineamientos oportunos. Por este motivo, aporta a completar el entendimiento del fenómeno del VM si se diseña y construye un modelo de simulación, a partir del modelo explicativo producto del estudio de casos. La explicación del fenómeno del VM, transferida a un modelo computacional, permite subsanar las barreras para probar el modelo, habilitando el diseño y ejecución de simulaciones, a manera de experimentos computacionales.

Mediante técnicas y herramientas de simulación, se probaron relaciones causales y sus implicaciones. También se ensayaron políticas de cambio sobre las reglas de juego y definiciones a lo largo del proceso de I+D+i. Con ello, se recopilaban acciones de cambio, configurando un escenario alternativo, donde las simulaciones mostraron combinaciones de parámetros y formas de resolver los factores, buscando incrementar la superación del VM. En resumen, permitieron identificar y probar lineamientos para mejorar la gestión de los proyectos de I+D+i en la fase de demostración, buscando optimizar las tasas de salida del VM.

El modelo fue diseñado y construido bajo la expectativa de que, al simular, se reprodujeran los comportamientos emergentes que son elementos centrales en el fenómeno: el evento de evaluación favorable de un proyecto por parte de un financiador dispuesto a invertir en él, resolviendo la brecha de financiación y desencadenando los eventos de salida del VM. Se consideró una salida fundamental, que es la superación del VM por parte de proyectos, a lo largo de un ciclo de simulación. Dicho ciclo abarcó un tiempo de décadas, de acuerdo con la literatura.

4.2.2 Posibles paradigmas de modelamiento

En lo que se ha presentado respecto a la orientación metodológica del trabajo, se han definido dos métodos para el desarrollo de la investigación, que debieron abordarse secuencialmente. El estudio de casos aportó proposiciones explicativas del comportamiento de factores participantes en el fenómeno del VM, a la luz de los hallazgos tras revisar los casos. A continuación, las proposiciones se incorporaron al modelo de simulación. Se ejecutó un proceso típico de diseño, construcción y ajuste del modelo, en el que se aprovecharon datos de la situación y comportamiento de los casos, para definir las variables de estado y calibrar el modelo de simulación.

Sin embargo, antes de iniciar el diseño, fue necesario definir el paradigma de modelamiento más adecuado para el problema sistémico abordado. En el estado del arte de las metodologías e instrumentos para simular sistemas, se identifican dos grandes vertientes, susceptibles de servir para este trabajo:

- De un lado, la posibilidad de construir el modelo simulable bajo el paradigma de la dinámica de sistemas (DS), que ofrece un alto nivel de desarrollo previo, y puede reconocerse como un área con tradición en el mundo académico de la simulación computacional.
- De otro lado, el paradigma del modelamiento basado en agentes (MBA), con menor difusión que la DS, pero también se constituyó una opción para la construcción del modelo final de este proyecto.

La existencia de estas alternativas implica que una acción preliminar al modelado, consistió en identificar el paradigma más adecuado para desarrollar el modelo. Avanzado un poco más, se reconoció una opción intermedia, consistente en los sistemas híbridos de modelamiento. Estos se han difundido con la puesta en el mercado de plataformas de modelamiento y simulación, que permiten modelos que combinan DS y MBA, con componentes bajo cada una de las dos lógicas, y que interactúan entre ellos.

Se inició identificando la alternativa de modelamiento a utilizar. Esto se hizo atendiendo a criterios relacionados con la naturaleza del problema abordado, y con las características del modelo a simular. Hecha esta selección, se ejecutó un ciclo completo de conceptualización, diseño, construcción, validación y ajuste del modelo. Tras ello, el modelo estuvo en condiciones para ejecutar simulaciones, a manera de experimentos computacionales.

Teniendo en cuenta que el modelo incorporó las relaciones causales identificadas a partir de los casos, las simulaciones se usaron para probar computacionalmente las hipótesis de la teoría resultante de los casos. Dichas pruebas se orientaron a simular la incidencia de los factores sobre el estado final de los proyectos, dentro o fuera del VM, como aspecto central del modelo. Esto aportó al entendimiento del comportamiento del sistema, permitió validar las proposiciones causales y agregó detalle sobre cómo actúan los factores y como interactúan entre sí.

4.2.3 Procedimiento de modelamiento

Dado que la definición del paradigma de modelamiento fue parte del desarrollo, no se pudo seleccionar *a priori* un procedimiento guía, ya fuera para el modelamiento bajo DS, o bajo MBA. Sin embargo, esto no significó iniciar sin un método de referencia para guiar el modelamiento, pues existen procedimientos generales, tales como el que plantean Hangos & Cameron (2001), quienes proponen un procedimiento sistemático de modelamiento que orienta el desarrollo de modelos de simulación en ingeniería, manteniendo la abstracción frente al paradigma específico a utilizar. El procedimiento de Hangos & Cameron incluye fases que fueron abordadas al definir la investigación, como la definición del problema a modelar, y otras que se establecieron al avanzar en el estudio de casos, como a la identificación de los parámetros de control, que se derivan en parte de las proposiciones resultantes del análisis de los casos. A partir de este punto, se siguió con una revisión de los datos disponibles, que permitió delimitar los elementos susceptibles de estructurar en el modelo. Todo esto quedó consignado en un compendio de conceptualización y diseño del modelo.

Posteriormente se siguió una secuencia de trabajo para construir el modelo, seguidas de actividades de verificación y validación, en las cuales se comprobó que el modelo reprodujera adecuadamente los comportamientos que se esperaba simular. La verificación también implicó identificar y controlar posibles desbordamientos. La validación se orientó a reconocer que se reproducen comportamientos "realistas", para lo cual el modelo se calibró utilizando datos semejantes a los de la realidad. Para ello fue útil la información de los casos. Se hizo una validación del funcionamiento general, comprobando que el comportamiento del sistema hiciera una reproducción válida de lo que se encontró en el mundo real. Así, estuvo listo el modelo para ejecutar simulaciones.

Las simulaciones aprovecharon los parámetros de configuración incorporados durante el diseño del modelo, para establecer experimentos con los cuáles probar variaciones en los parámetros. Así se simulon instancias del sistema representado, con diferentes estados iniciales, buscando identificar cambios en el comportamiento de la salida del sistema, como consecuencia de las variaciones en los parámetros de inicio. Dicha salida corresponde a los proyectos que superan el VM al final de una simulación.

Los parámetros diseñados se relacionaron con los factores y proposiciones de los estudios de caso. Así, el modelo de simulación es una representación del modelo explicativo obtenido mediante el estudio de casos. Por este motivo, el comportamiento de las simulaciones se entiende como una representación aproximada del sistema real.

4.3 Proceso general

El proceso consta de una etapa de estudio de casos, y una de diseño, desarrollo y aplicación de modelo de simulación. La Tabla 10 lo detalla, relacionando las acciones ejecutadas con los objetivos de la investigación:

Tabla 10: Proceso general.

Fase	Componente	Acción	Objetivo a lograr
Descriptiva	1. Teoría explicativa, a partir de casos	Entrevistas a transferencia: <ul style="list-style-type: none">• Identificar factores candidatos a integrar explicación sistémica del VM.• Reconocer relaciones causales entre factores candidatos.	
		Síntesis	

Explicativa		<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar y seleccionar factores más relevantes, para indagar en casos. 	Reconocer los factores que pueden ser causantes del VM, a partir de la revisión de la literatura y de mecanismos concretos que gestionan proyectos de I+D+i universitarios durante el tránsito por la etapa de demostración
		<p>Preparación de estudio de casos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Delimitación de los factores a explorar en los casos. • Planteamiento de constructos iniciales, por factor. • Selección de casos a indagar 	
		<p>Desarrollo del estudio de casos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis interno de casos (análisis individual). • Análisis transversal de casos, por factores. • Validación de constructos explicativos y elaboración de proposiciones teóricas del comportamiento de los factores, en los casos. 	
		<p>Síntesis y modelo explicativo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integración de proposiciones, para conformar modelo (propuesta de nueva teoría). 	
2. Modelo de simulación	Conceptualización del modelo	<ul style="list-style-type: none"> • Definición del propósito del modelo y problema a modelar. • Definición de paradigma de modelamiento a usar. • Identificación y delimitación de parámetros del modelo: entidades, variables de estado, escalas. • Diseño básico del modelo: principios básicos y procesos • Elaboración de diagramas de representación del sistema. 	Elaborar un modelo simulable, a partir de la selección de un paradigma de modelamiento y simulación adecuado para el sistema estudiado. Explorar, mediante simulación, los efectos de diversos MM usados para gestionar proyectos de I+D+i, en la formación de los comportamientos entendidos como parte del VM. Identificar lineamientos de política para la gestión de proyectos de I+D+i.
	Diseño de detalle y desarrollo de modelo de simulación	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de condiciones iniciales y datos de entrada. • Desarrollo detallado de procesos e interfaz del modelo. • Análisis de sensibilidad 	
	Ejecución de simulaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de escenario base. • Desarrollo de escenarios alternativos, mediante modificación de factores. Comparación frente a escenario base. • Desarrollo y prueba de escenario de síntesis de factores. Comparación frente a escenario base. 	

5. Resultados

5.1 Estudio de casos

5.1.1 Resultados de entrevistas y síntesis de barreras

Se elaboró una lista consolidada de barreras a la innovación en el VM, resultante del trabajo con los coordinadores de transferencia de nueve universidades del G8 y Sapiencia, correspondientes a Universidad de Antioquia, Universidad Nacional sede Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad EAFIT¹¹, Universidad Escuela de Ingeniería de Antioquia, Corporación Universitaria Lasallista, Institución Universitaria Pascual Bravo, Colegio Mayor de Antioquia e Instituto Tecnológico Metropolitano. La Tabla 11 presenta dicha lista.

Tabla 11: Lista consolidada de barreras a la innovación en el VM, según universidades consultadas.

Barrera	Universidades		Barrera	Universidades	
	#	%		#	%
1 Falta de financiación	9	100%	14 Problemas de negociación	2	22%
2 Debilidad en relacionamientos y redes	8	89%	15 Confusión de la innovación incremental con la radical	1	11%
3 No dominio de las dimensiones	7	78%	16 Aversión al riesgo	1	11%
4 Fallas institucionales	7	78%	17 Conflictos en propiedad intelectual	1	11%
5 Falta de competencias y roles	7	78%	18 Débil gestión normativa sectorial	1	11%
6 MM incompletos e inadecuados	6	67%	19 Desconocimiento de tendencias	1	11%
7 Falta de apoyo de sistema CTi	3	33%	20 Falta de madurez de la tecnología	1	11%
8 Dificultad para acceder a canales comerciales	2	22%	21 Líderes de opinión aversos a adoptar innovaciones	1	11%
9 Marcos regulatorios que impiden la innovación	2	22%	22 Resistencia del cliente para adoptar la innovación	1	11%
10 Modelo de negocio ambiguo	2	22%	23 Lenta salida al mercado	1	11%
11 Equipos y organización inadecuados para innovación	2	22%	24 Visión de corto plazo	1	11%

¹¹ La información para este análisis, de las primeras cuatro universidades del listado, fue levantada por Jiménez (2018). Con este mismo trabajo se hizo una clasificación y denominación de barreras, que sirvió como insumo para los nombres usados en la **Tabla 11**.

12	No capacidad de alistamiento tecnológico	2	22%	25	Los productos no atienden problemas reales	1	11%
13	Dificultad para alcanzar escala y estructura adecuada	2	22%				

La Tabla 11 lista las barreras reconocidas por los entrevistados, al menos una vez. Están ordenadas de mayor a menor número de repeticiones. Seis barreras fueron identificadas por más del 50% de las universidades entrevistadas y corresponden a: falta de financiación, debilidad en relacionamientos y redes, no dominio de las dimensiones, fallas institucionales, falta de competencias y roles, MM incompletos e inadecuados.

Adicionalmente, se elaboró una matriz cuadrada, que sintetiza las matrices de incidencia elaboradas por cada universidad. Para ello, se ubicaron las 25 barreras de la Tabla 11, encabezando las filas a manera de factor causa, y las columnas, para representar efectos. Se sumó el número de ocurrencias de las relaciones causa-efecto descritas en las diversas entrevistas. Así, el valor de cada celda que cruza una fila i con la columna j, representa el número de veces que fue identificada la relación causa-efecto, entre la barrera i como causa, y la barrera j como efecto. La Tabla 12 corresponde a la matriz que consolida los resultados de las matrices de incidencia, presentando las relaciones de causa-efecto cruzadas entre las 25 barreras a la innovación que fueron asociadas al VM.

Tabla 12: Matriz consolidada de relaciones causales, reportadas por universidades.

CAUSAS \ EFECTOS	EFECTOS																									
	No dominio de las dimensiones	Falta de competencias y roles	Debilidad en relacionamientos y redes	Falta de financiación	Modelos mentales incompletos o inadecuados	Fallas institucionales	Falta de apoyo de sistema Cti	Modelo de negocio ambiguo	Equipos y organización inadecuados para innovación	Problemas de negociación	No capacidad de alistamiento tecnológico	Visión de Corto Plazo	Marcos regulatorios que impiden la innovación	Confusión de la innovación incremental con la radical	Falta de madurez de la tecnología	Dificultad para acceder a canales comerciales	Los productos no atienden problemas reales	Desconocimiento de tendencias	Débil gestión normativa sectorial	Conflictos en propiedad intelectual	Aversión al riesgo	Lenta salida al mercado	Líderes de opinión aversos a adoptar innovaciones	Dificultad para alcanzar escala y estructura adecuada	Resistencia del cliente para adoptar la innovación	
No dominio de las dimensiones	N/A	5	3	5	4	2	0	2	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	
Falta de competencias y roles	4	N/A	2	5	3	1	1	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Debilidad en relacionamientos y redes	3	2	N/A	6	2	4	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	
Falta de financiación	5	4	3	N/A	1	2	2	2	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	2	0	
Modelos mentales incompletos o inadecuados	4	4	5	4	N/A	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
Fallas institucionales	1	2	6	5	3	N/A	2	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Falta de apoyo de sistema Cti	0	1	3	3	2	1	N/A	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Modelo de negocio ambiguo	2	2	1	1	0	0	0	N/A	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
Equipos y organización inadecuados para innovación	1	2	1	1	0	0	1	0	N/A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
Problemas de negociación	1	1	1	1	0	1	0	0	1	N/A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
No capacidad de alistamiento tecnológico	0	1	2	2	0	0	1	0	0	1	N/A	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Visión de Corto Plazo	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
Marcos regulatorios que impiden la innovación	0	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	N/A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	
Confusión de la innovación incremental con la radical	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Falta de madurez de la tecnología	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	N/A	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	
Dificultad para acceder a canales comerciales	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Los productos no atienden problemas reales	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	0	0	0	0	0	0	1	
Desconocimiento de tendencias	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	0	0	0	0	0	0	
Débil gestión normativa sectorial	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	0	0	0	0	0	
Conflictos en propiedad intelectual	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	0	0	0	0	
Aversión al riesgo	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	0	0	0	
Lenta salida al mercado	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Líderes de opinión aversos a adoptar innovaciones	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dificultad para alcanzar escala y estructura adecuada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	0	
Resistencia del cliente para adoptar la innovación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	N/A	

La matriz consolidada también ubica las causas en las filas y los efectos en las columnas. Se lee, por ejemplo, que en la celda que cruza la causa "no dominio de las dimensiones", con el efecto "falta de competencias y roles en talento humano", tiene un valor de cinco, lo cual significa que esta relación causa-efecto fue identificada por cinco de las nueve universidades. En la diagonal, se cruza cada factor consigo mismo y por ese motivo se encuentra la etiqueta N/A, para indicar que no aplica la relación causa-efecto.

Se aplicó una escala de colores para facilitar el reconocimiento de las celdas con mayor número de repeticiones: En verde oscuro aparecen las celdas con los valores más elevados. A medida que disminuye el valor en la celda, varía su tonalidad hacia el color amarillo, hasta llegar al valor de uno. Las celdas con valor cero aparecen en gris, y significa que la relación no fue reportada por ninguna de las universidades.

Adicionalmente, las barreras fueron ubicadas en orden descendente, ubicando en la parte superior las barreras que registraron más ocurrencias como causa. Este criterio se aplicó en las filas y luego se replicó en las columnas. Este criterio de ordenamiento llevó a que la matriz consolidada concentre las celdas con mayores valores en la zona superior izquierda, mientras que en la zona inferior derecha se encuentran las relaciones con menor ocurrencia.

En la Tabla 11, junto con la Tabla 12, se reconoce que las barreras con mayor frecuencia, también tuvieron mayor ocurrencia de relaciones causa-efecto. Las primeras siete barreras en las dos tablas son las mismas, aunque en orden diferente.

5.1.2 Selección de los factores a indagar en los casos

El objetivo de la identificación de barreras es obtener insumos para seleccionar los factores a examinar como categorías de análisis, en los estudios de caso. Se debe encontrar un equilibrio entre considerar suficientes factores para que el estudio sea sistémico, y evitar incurrir en una cantidad excesiva, porque haría complejo el modelo resultante, dificultando además el levantamiento y análisis de información. Por ese motivo, se seleccionaron las siete barreras con mayor peso, tanto en Tabla 11 como en la Tabla 12, y que corresponden a: no dominio de las dimensiones, falta de competencias y roles, debilidad en relacionamientos y redes, falta de financiación, MM incompletos e inadecuados, fallas institucionales, falta de apoyo de sistema de CTi.

Sin embargo, el descartar las otras barreras no significa que quedaron ocultas en el análisis. Su manifestación se ve reflejada a través de las relaciones de causa y efecto con las que fueron seleccionadas. La Tabla 13, elaborada a partir de los resultados de la matriz consolidada de relaciones causa-efecto, ayuda a reconocer que al seleccionar siete de las 25 barreras, directamente se da cuenta de 121 de los registros de relaciones causales de la Tabla 12, donde se totalizan 264 registros de relaciones. Este primer grupo de relaciones, cubiertas por las siete barreras, se representa en la zona 1 de la tabla.

Tabla 13: Zonas de la matriz consolidada de factores.

Causas	Efectos	7 barreras seleccionadas	18 barreras no seleccionadas
7 barreras seleccionadas	Zona 1: 121 registros de relaciones causales		Zona 2: 55 registros de relaciones causales
18 barreras no seleccionadas	Zona 3: 52 registros de relaciones causales		Zona 4: 36 registros de relaciones causales

A continuación, dos zonas (2 y 3) relacionan las siete barreras seleccionadas con las 18 barreras descartadas. En estas zonas hay 107 registros de relaciones causales. Aquí, la selección de uno de los dos factores de la relación causa-efecto propicia una captura indirecta, dado que uno de los dos factores fue seleccionado, y en la medida que alguna de estas relaciones sea relevante, podrá emerger en el estudio de casos.

De otra parte, al descartar 18 de las barreras quedaron sin cubrir 36 registros, de relaciones que se dan de forma endógena entre los factores del grupo no seleccionado, que se localizan en la zona 4 de la Tabla 13. Los registros

descartados son 13,6% del total, lo que se considera una pérdida de información razonable. Así, con una cantidad reducida de barreras, se aborda un análisis de factores suficientemente compacto y que cumple con un principio de parsimonia, evitando incurrir en análisis y modelos demasiado complejos.

Por último, se denominaron los factores a considerar en el estudio, a partir de las siete barreras seleccionadas. Este paso final obedece a que las barreras están expresadas en un sentido de desfavorabilidad, representando una situación de restricción. Sin embargo, estas barreras podrían pasar a un estado favorable dentro de la dinámica de los proyectos y las universidades. Por este motivo, las barreras seleccionadas fueron renombradas al constituir los factores, para evitar la idea de que siempre están en un estado de restricción. Este cambio fue importante al revisar los casos, porque se esperaba que algunos de estos factores mostraran condiciones favorables, o que pasaran de un estado a otro a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Las barreras seleccionadas, renombradas como factores candidatos para la explicación del VM son:

- Dominio de las dimensiones de capacidades.
- Competencias y roles.
- Relacionamiento y redes.
- Financiación.
- MM.
- Instituciones.
- Apoyo en el sistema de CTi.

Este grupo de factores es relevante para continuar el estudio de casos, pues constituyen las categorías a explorar y analizar en los casos, dentro de las cuáles se definen constructos preliminares. Es decir, ideas explicativas básicas, a ser exploradas en la revisión de los casos a estudiar.

5.1.3 Selección de casos y levantamiento de información

Se identificaron proyectos en las universidades que cumplieran los criterios definidos en el numeral 0, mediante entrevistas con los responsables de transferencia de tecnología, para aprovechar su conocimiento de la historia y estado de los proyectos de la universidad. Así se identificaron proyectos susceptibles de estudio, por cumplir con los criterios establecidos, y se aprovecharon datos de contacto. Cuando fue posible, se accedió a bases de datos con la información de los proyectos gestionados, cuando los responsables de transferencia accedieron a facilitar dicha información. Con esta revisión, se identificó un grupo de proyectos exitosos y otro de proyectos críticos. Tras adelantar contactos con los investigadores a cargo de cada proyecto, quedó un grupo final de 21 proyectos, sobre los cuales fue posible ejecutar el estudio de caso. Estos proyectos se clasificaron en dos grupos.

Casos exitosos, porque de acuerdo con las indicaciones del personal de transferencia han superado el VM. Fueron:

- Biomédico
- Transporte
- Biológicos
- Agricultura
- Economía circular
- Térmico

Por su parte los proyectos que se seleccionaron por cumplir el criterio de casos críticos fueron:

- Refrigeración
- Sistema de Información
- Ganadería
- Vestuario
- Suelos
- Agua
- Fertilizantes
- Hidrocarburo
- Materiales
- Redes
- Energético
- Nanomateriales
- Construcción
- Vivienda
- Cerámico

El estudio de cada caso inició con la revisión de documentación disponible, que permitiera comprender, a grandes rasgos, de qué se trata el desarrollo de la tecnología y la orientación que se le busca dar a la innovación resultante. Esta revisión facilitó la interacción en la siguiente etapa, donde se entrevistó a los investigadores que hacen parte del equipo de proyecto para cada caso. En lo posible, se trató de asegurar que en la entrevista participara el investigador principal, lo cual sucedió en todos los casos excepto uno, en el que sólo fue viable hablar con un

coinvestigador, por disponibilidad. Tras las entrevistas, se hizo un análisis de la información, de cara a las preguntas orientadoras de los protocolos, lo que llevó a identificar puntos que podrían requerir ampliación o verificación.

Dichas necesidades fueron cubiertas en la etapa siguiente, donde se entrevistó a los encargados de gestión tecnológica o transferencia de tecnología para contrastar la información, profundizar y obtener versiones que permitieran confirmar la información registrada en la primera entrevista. Se aprovecharon estas entrevistas para triangular la información y contrastar testimonios, evitando que la información de los casos se limitara a una versión única. Así se confirmó buena parte de los testimonios registrados en etapa previa, pero también se pudieron ajustar asunto que requirieron verificación. Ejemplo de ello se dio en casos donde los investigadores consideraron que sus proyectos ya debían haber superado el VM por tener completo un diseño, o una patente, aunque su tecnología no hubiera sido comprobada en condiciones reales. También se encontraron casos en los cuales el investigador no sabía si su aliado empresarial ya había avanzado a la fase de escalamiento industrial de su tecnología. En todos estos casos fue valioso el poder triangular fuentes de información y contrastar los diversos testimonios.

Aunque en las entrevistas se capturó información cualitativa sobre las dimensiones de capacidad y MM, fue necesario hacer una segunda fase de contacto con los investigadores para cuantificar estos dos factores, utilizando un instrumento para perfilar el nivel de desarrollo de las dimensiones de capacidad y el MM. Se aprovechó la segunda interacción para solucionar dudas en puntos específicos y tener una actualización del avance de los proyectos.

A medida que capturó la información, se hizo una codificación de la misma en torno a los factores de interés, utilizando el software ATLAS.ti. Tras concluir el levantamiento de información se inició el análisis. Sin embargo, a medida que se avanzó en esta fase, surgieron preguntas específicas, que requirieron contactar a los investigadores o a los responsables de transferencia para hacer preguntas puntuales, validar información, obtener datos complementarios y corroborar interpretaciones. Todo esto se orientó a cumplir los elementos de exploración y análisis definidos en el protocolo del estudio de casos.

Finalizado el levantamiento y sistematización de información, se hizo una síntesis de cada caso, que registró en un formulario asociado al protocolo guía del estudio. También se construyó una tabla de síntesis con variables tipo *tag* o etiquetas, que resumen la situación hallada en los factores, mediante palabras clave. Esta síntesis facilita la identificación rápida del estado de cada factor evaluado, en cada caso. Se presenta en el anexo 3.

5.1.4 Presentación y análisis interno de casos

Se presentan los casos, divididos por grupos. Todos ellos fueron objeto de análisis, mediante el protocolo de estudio, que sirvió como guía para buscar información, analizar cómo se manifiesta cada factor y codificar los hallazgos.

5.1.4.1 Casos exitosos y concurrente

Se seleccionaron seis proyectos de I+D+i, identificados por las universidades como **exitosos** en cuanto a haber superado el VM. Al revisarlos a profundidad se encontró que todos ellos habían recorrido la salida del VM, pasando a actividades de alistamiento de planta, pruebas comerciales o incluso se encontraban en gestión comercial y comercialización. Sin embargo, en uno de estos casos se encontró un comportamiento particular, ya que cumplió las condiciones de salida, pero estando en el mercado, afrontó dificultades, que lo obligaron a suspender las actividades comerciales, e incluso regresó a la etapa de demostración. En otras palabras, salió del VM, pero luego regreso a él. Este caso se calificó como **concurrente**, para describir su situación excepcional.

A continuación, se presentan los seis casos, cinco exitosos y uno concurrente:

Biomédico: consiste en un dispositivo implementado bajo IoT para apoyar procesos de diagnóstico y monitoreo de pacientes en casa. El proyecto logró ser implementado en condiciones reales y puesto en el mercado, gracias a un trabajo conjunto del grupo de investigación gestor, un hospital y una empresa posicionada en el mercado. El sistema está implementado y es objeto de gestión comercial por la empresa aliada.

Figura 13: Caso Biomédico-Capacidades y MM.

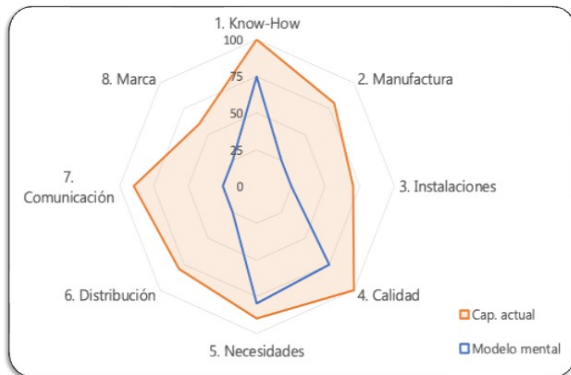
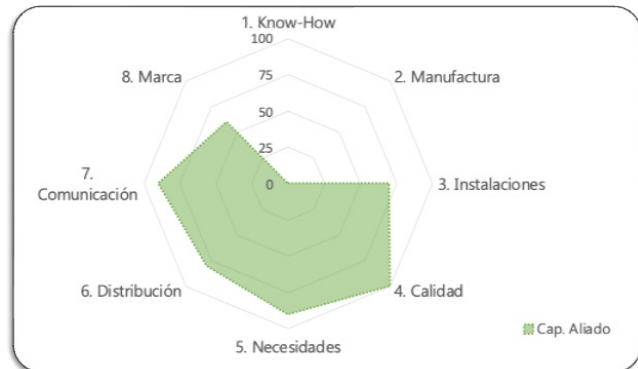


Figura 14: Caso Biomédico-Capacidades del aliado.



La Figura 13 muestra que todas las dimensiones de capacidad están desarrolladas en niveles altos, entre 70% y 100%. Además dichas capacidades se encuentran por encima de los niveles establecidos en el MM. La Figura 14 sugiere que las dimensiones comerciales (dimensiones 5 a 8) junto con el dominio de instalaciones y calidad corresponden a capacidades aportadas por el aliado, quien es el encargado de la explotación comercial de esta innovación.

Transporte: partió de la idea de ofrecer servicios logísticos, basados en una tecnología patentada, para transportar bienes conservando la cadena de frío. La iniciativa suscitó una *spin-off* que hoy hace gestión comercial en el mercado. Se reporta que hubo tropiezos para superar el VM porque la oportunidad de negocio interesó a inversionistas potenciales, pero con una expectativa de retorno y condiciones de participación no aceptables para la líder de la iniciativa. Por este motivo, la configuración de las capacidades de operación y comercialización se logró mediante integración en la cadena de valor, con empresas que ya contaban con infraestructuras industriales, equipos y procesos en operación. Así disminuyeron considerablemente los requerimientos de capital para pasar el VM. Este asunto es importante porque la literatura indica que el evento que lleva a superar el VM, se da a través de la inyección de capital. En este caso, en lugar de acceder a capital para desarrollar las capacidades pendientes, se optó por incorporar las capacidades restantes mediante alianzas industriales y comerciales.

Figura 15: Caso Transporte-Capacidades y MM.

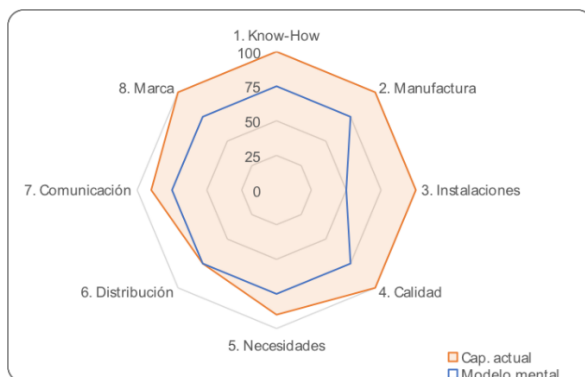
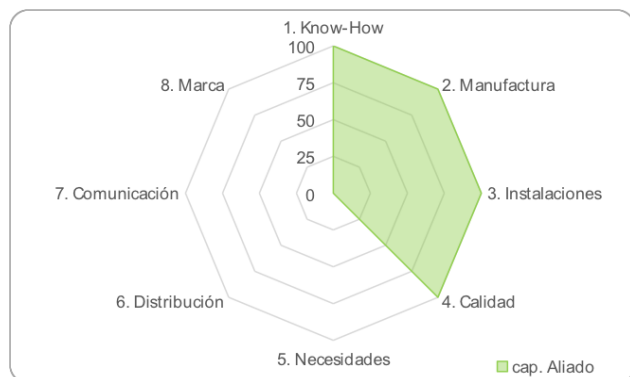


Figura 16: Caso Transporte-Capacidades del aliado.



Dado que este caso se encuentra en el mercado, ha desarrollado las dimensiones de capacidad por encima de lo establecido en su MM. Como se ve en la Figura 15, todas las dimensiones técnicas están desarrolladas, soportando la operación. Falta completar las capacidades de distribución, que permitan completar la capacidad de comercialización y ventas de la nueva unidad de negocios. El nivel de 100% en las cuatro dimensiones de capacidad

técnica están soportadas por el aliado (Figura 16). El propio negocio ha continuado por su cuenta el desarrollo de capacidades de gestión de marcas, canales de comunicación y entendimiento de las necesidades del cliente.

Biológicos: consiste en una línea de productos para el sector salud, basados en biotecnología. El proyecto supera el VM tras vincularse un inversionista ángel, cuyo modelo incluye el acompañamiento a los negocios en las fases de DNP, puesta en operación y comercialización, además de la inyección de capital. También se vinculó un aliado con infraestructura y capacidad industrial para escalar e iniciar operaciones. Tras inversiones iniciales, se hizo una adecuación de planta, esperando que los productos estuvieran en el mercado a finales de 2019. Sin embargo, poco antes de finalizar las adecuaciones, hubo un cambio en la normativa. Esta situación obligó a ajustar y replantear los procesos y la planta de producción. Estos cambios están concluyendo. Se espera alcanzar una capacidad suficiente para cubrir el mercado colombiano y exportar los productos biotecnológicos. Esta última expectativa se debe a que existe una alta demanda mundial y la empresa ha establecido canales de comercio internacional.

Este proyecto está en las últimas adecuaciones para la puesta en marcha de la planta. Por ello sus capacidades de manufactura, instalaciones y calidad, están cercanas al 100% (Figura 17). En la mayoría de las dimensiones, excepto en manufactura y calidad, el perfil de capacidades iguala o excede al MM. Las dos capacidades donde el nivel de capacidad es inferior al MM, son consecuencia del cambio normativo sucedido en las etapas finales, que obligaron a revisar proceso de manufactura e instalaciones. También falta completar canales de comunicación con el cliente. El aliado ha aportado un nivel de desarrollo alto, pero no completo, en las dimensiones de manufactura, instalaciones, calidad, distribución, comunicación y marca (Figura 18). Por su parte, la universidad lideró el desarrollo de la dimensión *know-how* a partir de un entendimiento de la necesidad de este producto en el mercado de salud.

Figura 17: Caso Biológicos-Capacidades y MM.

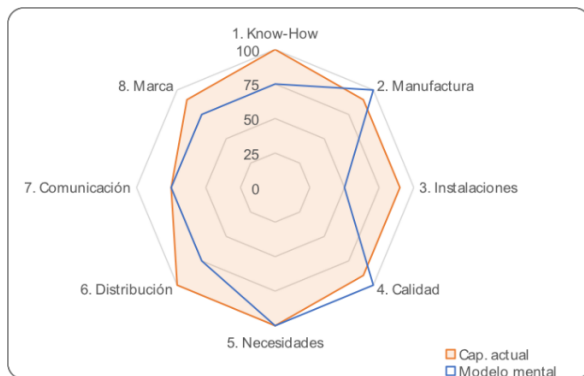
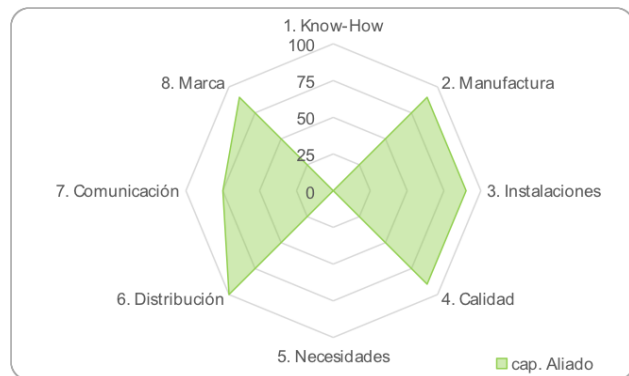


Figura 18: Caso Biológicos-Capacidades del aliado.



Agricultura: es un insumo basado en biotecnología, aprovechable por diferentes actividades agrícolas. Tiene más de dos años comercializando. Para superar el VM fue clave el contar con aliados en las diferentes actividades agrícolas en las que están enfocados. Sin embargo, en este caso no se requirió una inyección de capital para iniciar el alistamiento, sino que los recursos necesarios fueron suministrados internamente por la universidad. Recursos adicionales se fueron apalancando de otros proyectos de la Universidad.

Figura 19: Caso Agricultura-Capacidades y MM.

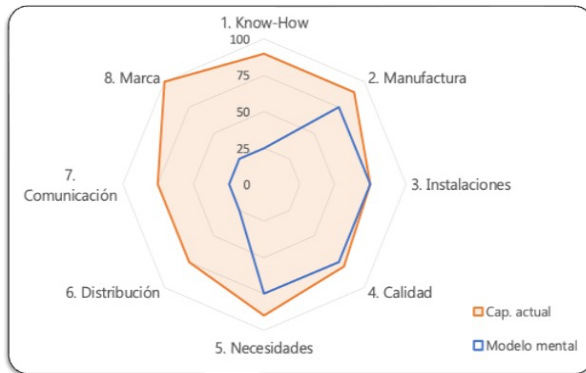
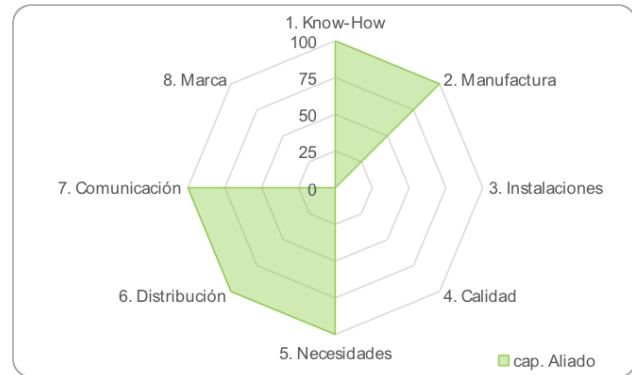


Figura 20: Caso Agricultura-Capacidades del aliado.



Las dimensiones de capacidad se encuentran desarrolladas en niveles altos, entre 75% y 100% (Figura 19). Siete de las dimensiones se encuentran por encima del MM, y la restante lo iguala. Este caso se encuentra operando comercialmente desde 2019. Para ello, el propio grupo de investigación, con apoyo de la universidad, constituyó la unidad de negocios y ayudó a incrementar las dimensiones de capacidad, gestionando recursos adicionales, e incluso proyectando una inversión en infraestructura adicional. El aliado empresarial aportó a completar capacidades de *know-how*, manufactura, conocimiento de las necesidades, canales de distribución y de comunicación (Figura 20).

Economía Circular: es concebido conjuntamente por un grupo de investigación y el área de innovación de una empresa colombiana, líder en su categoría industrial y parte de uno de los mayores grupos económicos del País. La oportunidad de innovación consistió en utilizar una tecnología para aprovechar sus residuos industriales, y reemplazar un insumo de alto consumo para la compañía, y para otras del mismo grupo empresarial. Desde su formulación, hubo claridad de la oportunidad, porque la Compañía sería el primer beneficiario del insumo, pudiendo reducir sus costos, además de venderlo a otras empresas del mismo Grupo. La universidad y la empresa abordaron conjuntamente la I+D, la transferencia y el escalamiento industrial. En el momento de elaboración de este informe, se están haciendo ajustes finales en el escalamiento industrial. El proyecto fue financiado totalmente por la empresa y la universidad, sin apoyo de terceros.

Figura 21: Caso Economía Circular-Capacidades y MM.

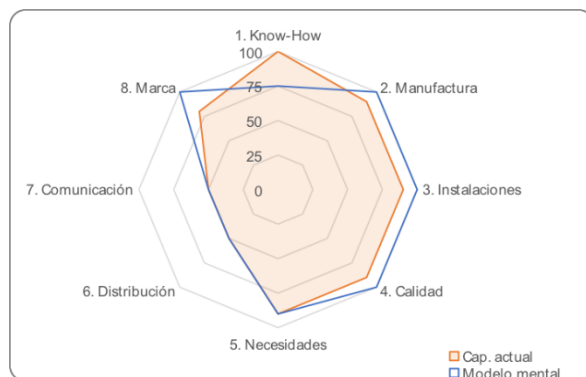
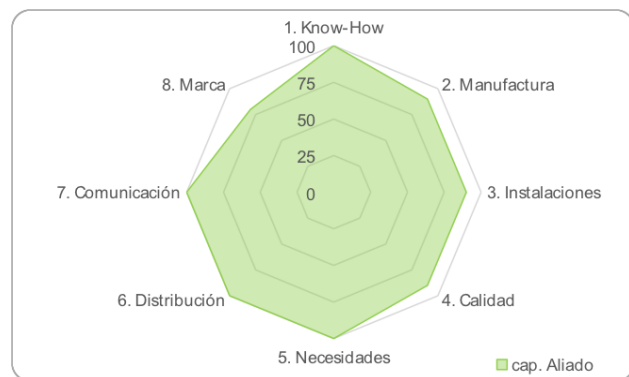


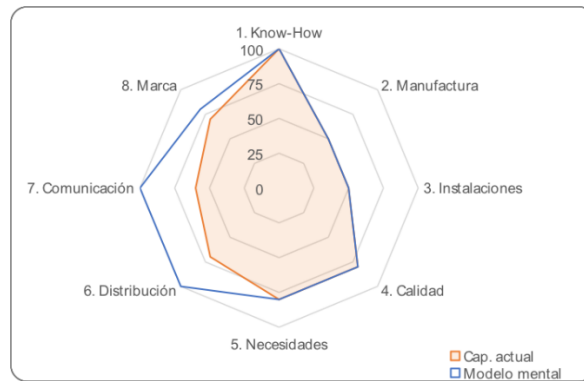
Figura 22: Caso Economía Circular-Capacidades del aliado.



Para desarrollar el escalamiento industrial, la dimensión de *know-how* se encuentra al 100% y están cerca de completarse las dimensiones de manufactura, instalaciones, calidad y conocimiento de las necesidades (Figura 21). En la mayoría de las dimensiones, las capacidades están cerca de completar el MM, con excepción de *know-how*, que está desarrollada por encima de lo establecido en el MM. Las dimensiones de canales de distribución y canales de comunicación se encuentran en una etapa intermedia de desarrollo, pero el aliado empresarial (Figura 22) las puede incorporar tras cumplir y aprobar el escalamiento industrial.

Térmico¹²: es el caso especial de este grupo, etiquetado como **caso recurrente**, porque sale del VM y reincide. Parte de una iniciativa universitaria para poner en el mercado un equipo térmico de alta eficiencia. Se vincula una gran empresa colombiana, dispuesta a aportar su capacidad financiera y comercial. Esta innovación sale del VM porque tras completar el desarrollo y ajuste al equipo, se inició la promoción comercial, llegando a instalar dos equipos industriales en empresas usuarias. Sin embargo, tras la operación en el mercado, los aliados reconocieron que el mercado potencial era menor al estimado previamente, pese a que se había hecho una caracterización de la demanda. Al no cumplirse las expectativas comerciales, el aliado empresarial desistió (Ruiz & Arango, 2019). La universidad se quedó sola, y sin las capacidades que ofrecía el aliado empresarial, tales como canales de comercialización y capital operativo. Por esta razón, regresó el proyecto a la etapa de demostración, es decir al VM, para revisar todas las dimensiones y hacer un reintento en el futuro. Iniciando 2020 se aprobaron recursos internacionales para financiar el desarrollo y promoción de equipos de demostración, lo que ayudaría al proyecto a acercarse de nuevo a la salida del VM.

Figura 23: Caso Térmico-Capacidades y MM.



La Figura 23 muestra que las capacidades desarrolladas están enmarcadas dentro del MM. Se resalta que, producto de la experiencia en la salida inicial, el líder de la innovación reporta aprendizajes respecto a las dimensiones relevantes. Reconoce que las capacidades de manufactura e instalaciones industriales no requieren un alto dominio, porque puede recurrir a la fabricación mediante servicios de proveedores industriales. En cambio, los canales de comunicación y distribución mostraron ser cruciales para que los sistemas sean adoptados por los usuarios.

5.1.4.2 Casos críticos

Fertilizantes: consiste en un material que aporta nutrientes a los suelos, con características especiales que lo diferencian de los abonos tradicionales. El proyecto fue desarrollado desde el inicio con un aliado empresarial, estableciendo un acuerdo en el cual la Universidad lideraría la fase de I+D y componentes tecnológicos, mientras la empresa se encargaría de los procesos industriales y comerciales. El proyecto transcurrió sin inconvenientes a lo

¹² El levantamiento de información y estudio de este caso su facilitado gracias al trabajo de grado de los magister David Arango Gaviria y Sebastián Ruiz Montes, quienes desarrollaron el trabajo denominado Contribución de las prácticas de innovación abierta a la superación del Valle de la Muerte, en proyectos de innovación, de Medellín – caso de estudio. Universidad EAFIT, Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento. El trabajo fue presentado y aprobado en 2019.

largo de las fases de I+D y de demostración, cumpliendo cada una de las partes con lo convenido. También se ha hecho transferencia de la tecnología a la empresa. Aún falta establecer acuerdos respecto a porcentajes de regalías, por lo cual la empresa no ha completado el escalamiento y adecuación de infraestructura industrial.

Figura 24: Caso Fertilizantes-Capacidades y MM.

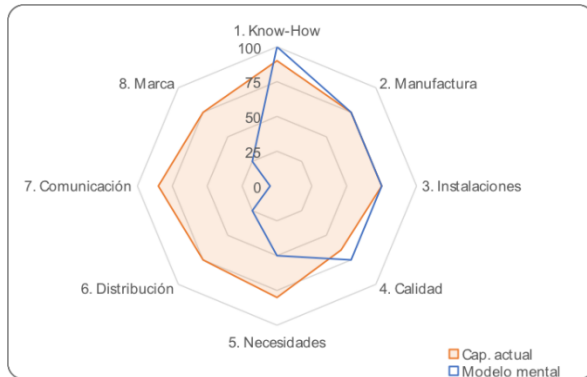
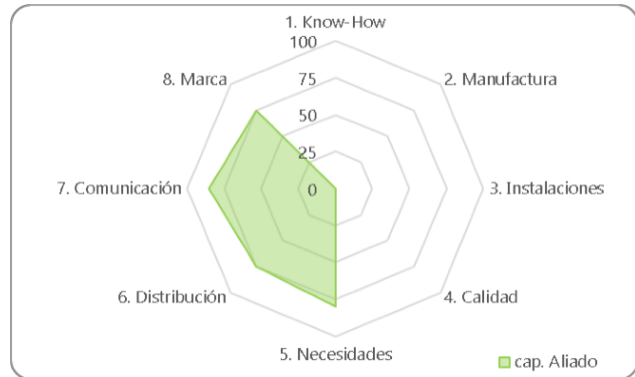


Figura 25: Caso Fertilizantes-Capacidades del aliado.

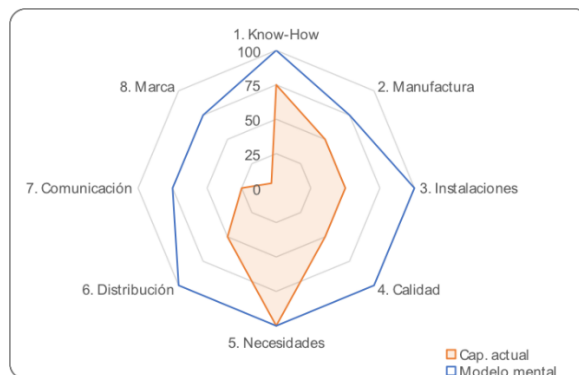


La Figura 24 muestra que se han desarrollado capacidades por fuera del perfil del MM. Las capacidades por fuera del MM, corresponden a marca, comunicación, distribución y conocimiento de las necesidades, aportadas por el aliado (Figura 25). En cambio, en las capacidades técnicas, donde no hay aporte del aliado, el nivel de desarrollo de cada dimensión es igual o inferior a lo establecido en el perfil del MM.

Energético: se trata de una solución para aprovechar energéticamente fuentes renovables. El sistema fue diseñado y probado en un prototipo a pequeña escala, menor que lo diseñado. Aunque ha despertado interés de diversas empresas, a la fecha del estudio, se reportan conversaciones con posibles aliados internacionales, pero no un acuerdo. Para facilitar la búsqueda y acuerdo con una empresa que licencie la tecnología, se ha buscado la intermediación con un *broker*, que ha ejecutado actividades de promoción internacional.

La Figura 26 muestra que el líder de este proyecto manifiesta un MM en el que se espera un dominio avanzado en todas sus dimensiones. El desarrollo de capacidades se encuentra en una fase intermedia y sólo en una de las dimensiones se considera que se ha alcanzado el nivel definido en el MM.

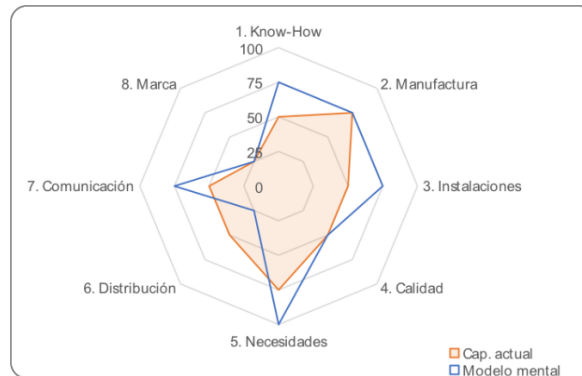
Figura 26: Caso Energético-Capacidades y MM.



Hidrocarburo: se trata de un sistema que mejora las características de un hidrocarburo, para elevar su precio en el mercado. El sistema está desarrollado, pero requiere una puesta a punto, que depende de la aplicación industrial que se le fuera a dar. Aunque se han interesado empresas, está pendiente de que alguna de ellas tome la decisión,

para que a continuación se hagan la puesta a punto. La falta de un interés firme de una empresa ha limitado el ajuste de la tecnología, pues se indica que no tiene sentido ajustar sin una definición de la aplicación industrial a cubrir.

Figura 27: Caso Hidrocarburo-Capacidades y MM.

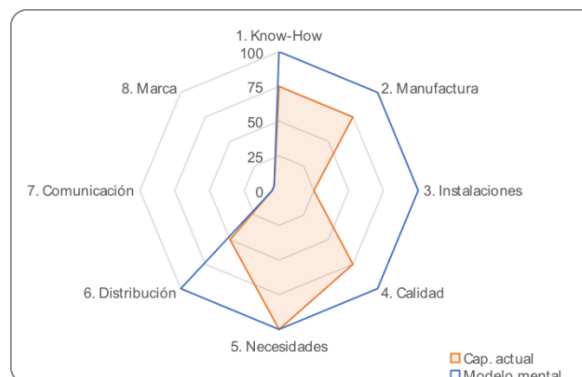


La Figura 27 muestra que las dimensiones de capacidad se han desarrollado cubriendo en gran parte el perfil establecido en el MM, con excepción de la capacidad de canales de distribución, en la cual se manifestó un desarrollo superior al considerado en el MM. Se explicó que esto ha sido resultado de los contactos adelantados con muchas empresas usuarias, lo que ha ayudado una formación de esta capacidad por encima de lo esperado en el MM.

Vivienda: consiste en un sistema constructivo con características especiales que permiten obtener grandes eficiencias en la construcción. El propósito es implementar proyectos de construcción en Colombia, basados en este sistema. Se hicieron prototipos de unidades de vivienda con este sistema en una sede de la Universidad, pero posteriormente fueron demolidos. Por esta razón, los líderes del proyecto sólo pueden mostrar la idea a partir de planos y fotografías del prototipo antes de ser demolido. Se han buscado empresas constructoras y entes de gobierno, como eventuales aliados. Aunque la idea ha despertado su interés, no ha habido una decisión favorable, lo cual es interpretado por el equipo como consecuencia de no poder comprobar la funcionalidad sin un prototipo.

Para este proyecto, se explicó que se requiere un desarrollo completo de la mayoría de las dimensiones de capacidad, por tratarse de un producto de construcción de viviendas, en el que no hay tolerancia a fallos. El desarrollo de capacidades está enmarcado dentro del perfil del MM establecido para este caso, como muestra la Figura 28.

Figura 28: Caso Vivienda-Capacidades y MM.



Construcción: consiste en un sistema constructivo con características especiales para ambientes hospitalarios. Gran parte del proyecto se ha desarrollado mediante tesis de estudiantes, que han avanzado en varias fases del desarrollo

de este sistema. Se han hecho varios prototipos, probados en la clínica universitaria, aunque todo el proceso ha tomado varios años. No se tiene definida la ruta para poner el negocio en operación y comercializar. Sin embargo, se tiene un aliado para entrar eventualmente en dicha fase.

Figura 29: Caso Construcción-Capacidades y MM.

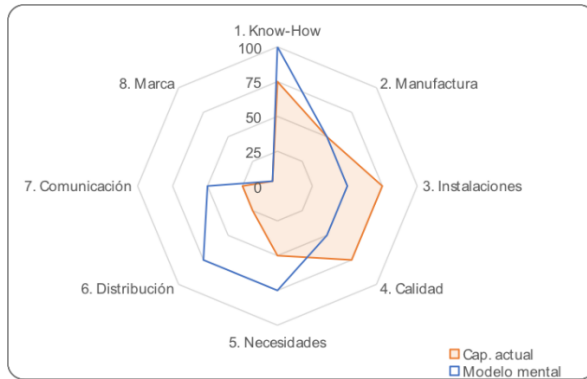
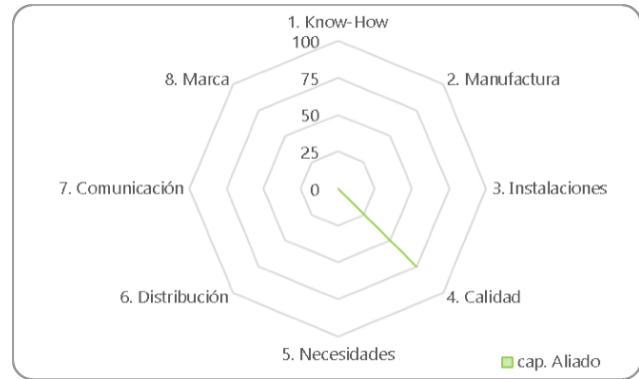


Figura 30: Caso Construcción-Capacidades del aliado.

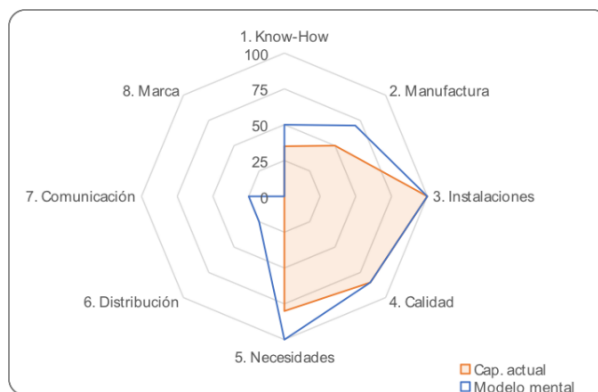


La Figura 29 muestra que seis de las ocho dimensiones de capacidad están desarrolladas dentro del perfil del MM. Son excepciones la dimensión de instalaciones, que ha sido desarrollada dentro de las actividades del grupo de investigación, y la dimensión calidad, en la cual el nivel de desarrollo obtenido fue resultado de la participación de un aliado que aportó en la mejora en esta dimensión (Figura 30).

Cerámico: se trata de un dispositivo que mejora la eficiencia energética en ciertos procesos industriales. La tecnología se probó en laboratorio y se obtuvo patente para una futura explotación comercial. Se adelantaron negociaciones con una empresa interesada en explotar la tecnología, pero no hubo acuerdo respecto a la participación en los derechos de propiedad y regalías. Posteriormente, se ha hecho promoción para buscar nuevos aliados empresariales con ayuda de una empresa consultora en mercadeo. Aunque una gran empresa colombiana ha manifestado interés de incorporar el sistema en sus procesos industriales, las conversaciones no han fructificado.

La Figura 31 muestra que las capacidades se han desarrollado dentro del perfil establecido en el MM. Se destaca que en este MM predominan las dimensiones relacionadas con la capacidad industrial, mientras de las capacidades de mercado sólo es significativo el conocimiento de las necesidades.

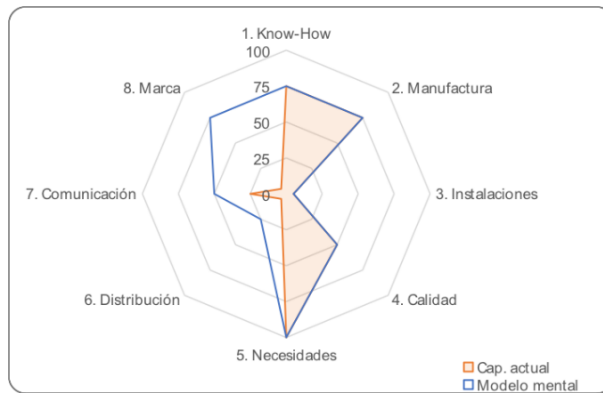
Figura 31: Caso Cerámico-Capacidades y MM.



Redes: consiste en un dispositivo para la gestión de redes eléctricas. Se diseñó y desarrolló en un simulador, comprobando la viabilidad conceptual del dispositivo, en ambientes computacionales. Con el diseño y pruebas de

simulación, se obtuvo patente para Colombia y se tramitaron patentes en otros países, por considerar un alto potencial en mercados internacionales. La universidad postergó la materialización de un prototipo físico hasta que se tuviera la confirmación de una empresa interesada en el dispositivo. La tecnología se ha presentado a empresas del sector fabricación de equipos eléctricos, así como de suministro de electricidad. Recientemente, una gran empresa del sector eléctrico colombiano manifestó interés en probar el dispositivo en sus redes. Tras esta señal, la universidad aprobó la elaboración de circuitos en físico, que permitan comprobar el comportamiento simulado en condiciones reales. Al cerrar este estudio, dicho sistema físico se encontraba en fases de montaje y prueba.

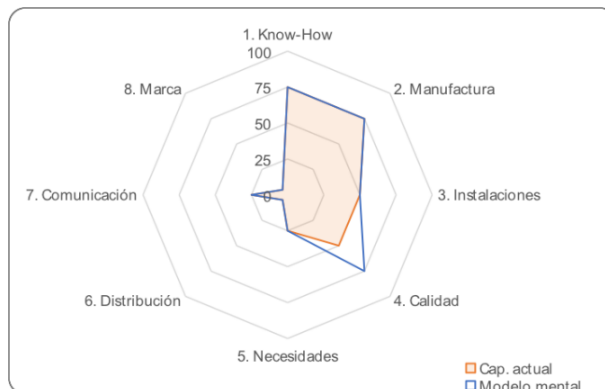
Figura 32: Caso Redes-Capacidades y MM.



La Figura 32 muestra que las dimensiones de capacidad se han desarrollado dentro del marco del MM. Se destaca que las capacidades relacionadas con el desarrollo técnico, más el estudio de las necesidades aparecen desarrolladas hasta el límite del perfil del MM, mientras que las capacidades de gestión de mercados, correspondientes a canales de distribución, canales de comunicación y marca se encuentran en niveles incipientes respecto al MM. Se interpreta que, aunque el MM ha considerado las dimensiones técnicas y de mercado, en la ejecución se ha dado énfasis al desarrollo de las dimensiones técnicas.

Materiales: el proyecto nace de una tecnología previamente desarrollada por la universidad, cuyo uso generaba un residuo. Se reconoció la pertinencia de usar tecnologías de nuevos materiales para aprovechar el residuo en la fabricación de ciertas piezas industriales que son consumibles, por razones de desgaste. Al iniciar el desarrollo, se colaboró con una empresa interesada en la explotación comercial del nuevo material y las piezas industriales. Sin embargo, mientras se trabajaba en completar el desarrollo tecnológico y de procesos, la alianza se rompió, porque la persona de contacto en la empresa se jubiló. Posteriormente, la empresa no manifestó interés en continuar el proyecto. La iniciativa se detuvo en la fase de ajustes técnicos y se han hecho labores de promoción para buscar otras empresas interesadas.

Figura 33: Caso Materiales-Capacidades y MM.



La Figura 33 muestra que las capacidades se han desarrollado dentro del perfil establecido en el MM, y está cerca de completarlo. Llama la atención que en este MM predominan las cuatro dimensiones técnicas, mientras las dimensiones de mercado no se consideran importantes.

Suelos: es un desarrollo biotecnológico que mejora las propiedades de suelos agrícolas. Desde el inicio se trabajó con un aliado empresarial, completando las fases de desarrollo, pruebas y alistamiento de la tecnología, que se encuentra en condiciones de transferirse para el montaje final y puesta a punto en planta. Este desarrollo se manifiesta en el perfil de capacidades de la La Figura 34:

Figura 34: Caso Suelos-Capacidades y MM.

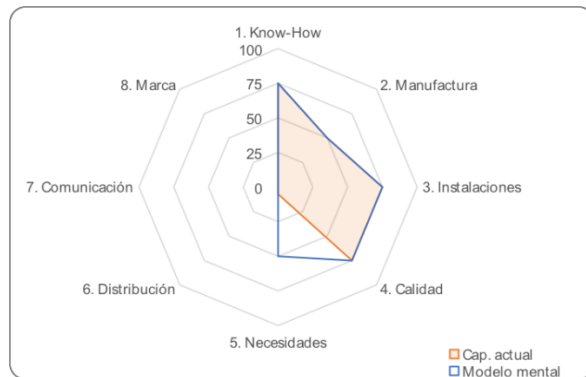
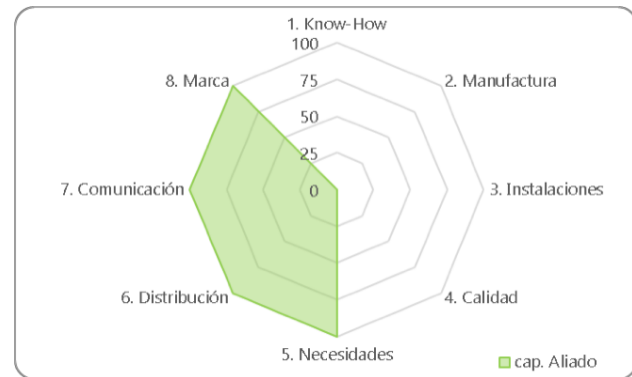


Figura 35: Caso Suelos-Capacidades del aliado.

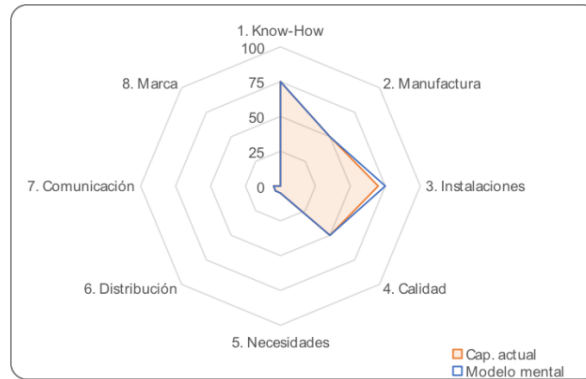


La universidad y el aliado comparten el interés de avanzar a la producción y comercialización, y tienen acuerdos para ello. Sin embargo, esto no ha sucedido, porque tuvieron dificultades para obtener permisos de acceso al recurso biológico, que es necesario para comercializar. Este bloqueo se debe a que se optó por proteger la biotecnología desarrollada bajo la figura de secreto industrial. Pero a la hora de diligenciar los formularios de trámite para el permiso de acceso al recurso biológico, se exige declarar cuál es el desarrollo tecnológico. La información solicitada corresponde justamente al *know-how* protegido como secreto y, en consecuencia, no puede ser presentado en la solicitud. Esta situación no ha sido resuelta y por ese motivo no se ha pasado a fases posteriores del proyecto.

La Figura 34 muestra que el proyecto ha desarrollado las dimensiones de capacidad dentro del marco que establece el MM, y ha tenido un avance en la mayoría de las dimensiones, con excepción del conocimiento de necesidades. Aunque el MM no considera las dimensiones de mercado, esto podría compensarse por la cercanía del aliado, quien tiene capacidades desarrolladas de gestión de mercado (Figura 35). Sin embargo, las capacidades del aliado no aparecen incorporadas en el perfil de capacidades del proyecto, porque el trabajo conjunto no se ha podido concretar y, por lo tanto, no se ha dado la transferencia de capacidades entre las partes.

Vestuario: se trata de un sistema de industria 4.0 que acelera y flexibiliza el diseño de vestuario. Tiene dos empresas interesadas en probar el sistema en el proceso real. El proyecto ha avanzado lentamente en la universidad, pues trámites administrativos han tomado periodos extensos, como el suministro de insumos o la gestión de convenios con aliados. Aunque la universidad lo considera de alto interés por su potencial de aplicación, el esfuerzo ha recaído sobre el investigador principal, quien trabaja sin coequiperos, tanto para actividades de I+D como de gestión.

Figura 36: Caso Vestuario-Capacidades y MM.

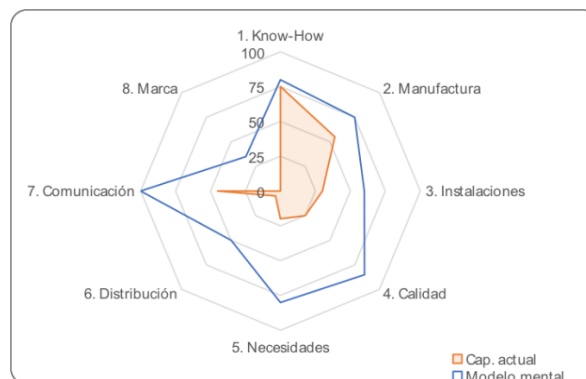


Según muestra la Figura 36, se han desarrollado capacidades en el marco del perfil que establece el MM. El desarrollo de capacidades coincide, casi totalmente, con el nivel requerido en el MM. Se destaca que el MM sólo considera las dimensiones técnicas, desestimándose las dimensiones relacionadas con las capacidades de mercadeo.

Nanomaterial: se trata de un nuevo material basado en nanotecnología, con múltiples propiedades y aplicaciones en diversos sectores industriales. Se ha considerado que tiene un alto potencial, por sus múltiples aplicaciones, constituyendo una plataforma ofrecer diversos productos. Sin embargo, esta idea ha distado de la práctica. Se ha buscado interés de muchas empresas en diversos sectores, pero se ha encontrado poca respuesta. Se ha identificado que la mayoría de sus aplicaciones requieren que se adelanten actividades de I+D para desarrollar nuevos productos, debido a que se trata de una tecnología de materiales disruptiva, que no sustituye insumos anteriores, sino que involucra partir desde cero en el desarrollo de componentes y productos. Esta característica ha disminuido el interés por parte de las empresas. Recientemente, una gran empresa colombiana manifestó interés en desarrollar y probar una aplicación. Hay un plan de conjunto de pruebas de concepto, pero aún no ha sido aprobado por las partes.

Se han desarrollado las dimensiones de capacidad dentro del perfil que enmarca el MM (Figura 37). El líder explica que dimensiones como instalaciones, calidad y conocimiento de necesidades, no se han podido desarrollar, porque la innovación consiste en una tecnología con muchas aplicaciones potenciales, pero falta definir la aplicación objetivo. Sin esta decisión, las capacidades mencionadas no se han podido desarrollar.

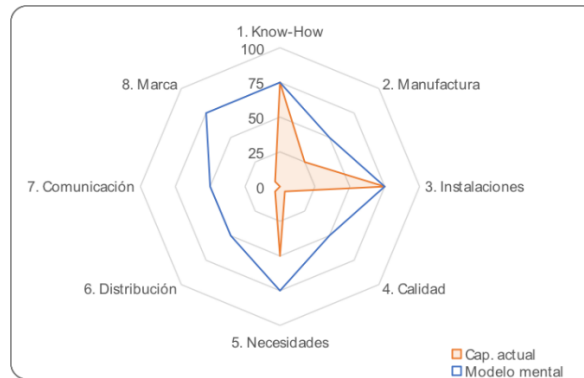
Figura 37: Caso Nanomaterial-Capacidades y MM.



Aguas: consiste en un método basado en un desarrollo biotecnológico, que hace remediación ambiental a las aguas. El proyecto fue desarrollado y validado en laboratorio. Tras ello se buscaron aliados nacionales e internacionales para el escalamiento, operación industrial y comercial. Se concretó el interés de una empresa brasileña con presencia en Colombia, y se redactó un acuerdo de confidencialidad y planeación conjunta de los pasos a seguir. Sin embargo, los trámites para concretar la alianza se retrasaron por problemas de gestión y velocidad de la universidad. Tras estas

demoras, la empresa desistió. Como vía derivada de difusión, con el producto se desarrolló un kit escolar, para ser utilizado en campañas educativas de los colegios de Medellín.

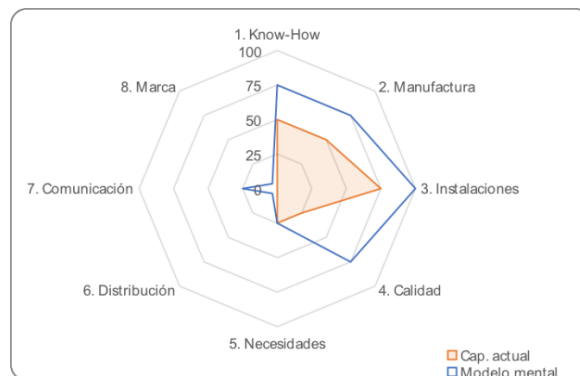
Figura 38: Caso Aguas-Capacidades y MM.



El desarrollo de capacidades que muestra la Figura 38, refleja que las dimensiones se han desarrollado dentro del perfil que enmarca el MM. Se ha dado énfasis al desarrollo de las dimensiones técnicas, encontrándose niveles nulos o cercanos a cero en las capacidades de relacionadas con el mercado.

Sistema de información: nace de una necesidad de gestión de información en un proceso interno de la universidad. Por la complejidad de la necesidad, la solución no se limitó a implementar un software, sino que requirió un proceso de I+D, con retos en informática y en operaciones. Se identificó un potencial para difundir la solución en el mercado, al reconocer que el problema es común en universidades, otros entes educativos e incluso en algunas empresas manufactureras y de servicio. La fase de I+D concluyó exitosamente, quedando pendiente una validación final del software y una integración de módulos. Sin embargo, estas actividades no fueron consideradas al formular el proyecto. Por esta razón, la universidad no concedió recursos, ni descargas de tiempo para los investigadores. El sistema quedó sin validar, por lo cual no puede ser distribuido. Adicionalmente, el sistema implementado atiende protocolos y requerimientos de información del sistema de calidad universitario. Esta particularidad ha introducido problemas de compatibilidad, disminuyendo su potencial de adopción por otras organizaciones. Por esta razón, se han generado dudas respecto a la viabilidad de llevar el desarrollo al mercado.

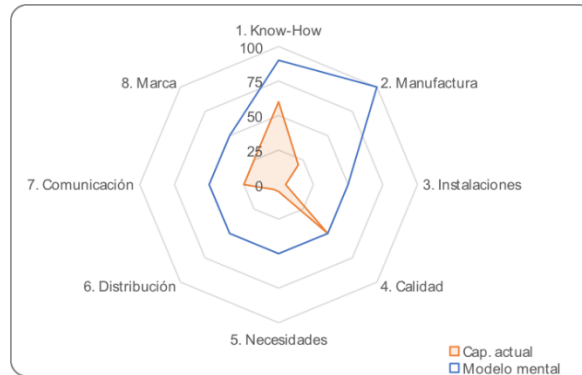
Figura 39: Caso Sisinfo-Capacidades y MM.



La Figura 39 muestra que las dimensiones de capacidad se han desarrollado en su totalidad dentro del perfil del MM. El MM considera fundamentalmente las cuatro dimensiones técnicas, y tiene poco valoradas las capacidades de gestión de mercado.

Refrigeración: consiste en un dispositivo que incrementa la eficiencia de sistemas térmicos. Tiene usos industriales, comerciales y residenciales. El sistema fue completado en fases de I+D y se está a la espera de interesar un aliado industrial para hacer validación en aplicaciones reales. Aunque está evidenciada la mejora en la eficiencia energética, esto ha sido insuficiente para materializar el interés empresarial. El líder de la iniciativa reconoce que la mejora en el desempeño técnico es insuficiente para interesar al mercado.

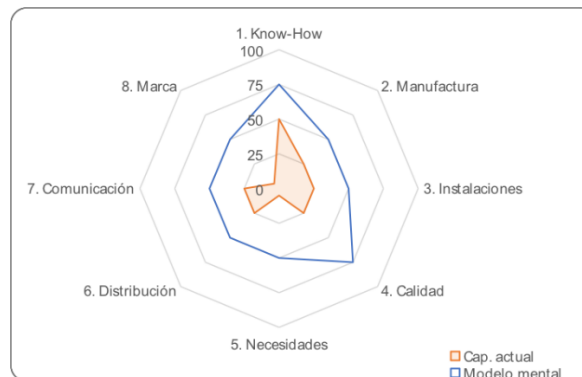
Figura 40: Caso Refrigeración-Capacidades y MM.



El caso ha desarrollado sus dimensiones de capacidad dentro del marco definido en el MM (Figura 40). Dicho desarrollo ha dado énfasis al *know-how* y calidad, siendo incipiente o nulo el desarrollo en las otras capacidades.

Ganadería: se trata de un método y un dispositivo para modificar los insumos alimenticios y los métodos de suministro de nutrientes en la crianza pecuaria. El sistema se ha concluido en fases de I+D, pero no se ha avanzado hacia fases de escalamiento y pruebas industriales por no tener aún un aliado empresarial. Aunque se han adelantado contactos de este tipo, estos no se han concretado. Según la Figura 41, se desarrollaron las capacidades dentro del marco que establece el MM. La capacidad más desarrollada es el *know-how*. Las otras capacidades han sido desarrolladas de forma incipiente o nula.

Figura 41: Caso Ganadería-Capacidades y MM.



5.1.5 Análisis transversal de casos

La información de los casos individuales, organizada por factores, fue revisada de forma transversal, para identificar patrones.

Cuando se seleccionaron los casos, se tenía la expectativa de trabajar con al menos un caso por universidad. Sin embargo, dos universidades manifestaron un interés especial por hacer una mirada más profunda de sus portafolios, garantizando el acceso a la información requerida, así como apoyo para la concertación de entrevistas. Al darse esta oportunidad, se tomó la decisión de seleccionar un grupo mayor de casos para esas dos universidades.

El estudio de casos se analiza de forma cualitativa y no hay lugar a una interpretación bajo estimaciones estadísticas. Esto evita que al aumentar los casos de una universidad, se generen sesgos estadísticos de representatividad. Sin embargo, se tuvo cuidado para evitar que patrones identificables en proyectos de una universidad, individualmente pudieran llevar a la confusión de ser interpretados como patrones para todas las universidades. Para evitar esta situación, se agruparon aparte los proyectos de estas dos universidades. Así, se pudo distinguir entre patrones al interior de una universidad, y patrones comunes a todas las universidades consideradas en el estudio. Por ello, en los análisis de conjunto, se reporta explícitamente si se encuentran comportamientos que sugieran un patrón local, en los casos de la Universidad A, o de la Universidad B.

A continuación, se presentan los análisis transversales para cada factor. Se utilizaron los constructos iniciales que se establecieron en el numeral 0, para validarlos en el análisis transversal. Tras la validación, dichos constructos fueron confirmados, replanteados o eliminados. Adicionalmente surgieron nuevos constructos, que se plantean a manera de proposiciones, resultantes de este análisis.

5.1.5.1 Análisis de factor talento humano

Constructo: un equipo con expertos y doctores en las áreas técnicas medulares del proyecto, facilita la superación del VM.

Hallazgo: se encontró que, en la gran mayoría de los casos, tanto exitosos como críticos, se cuenta con expertos técnicos y doctores en el equipo de proyecto. La única excepción fue uno de los 21 casos, en el cual el equipo de proyecto no manifestaba competencias especializadas en las tecnologías centrales del desarrollo. Llama la atención que este caso está en el grupo de los casos exitosos, que superaron el VM.

Se trata del proyecto Transporte, cuya líder tiene un alto grado de formación en gestión de innovación y gestión del desarrollo, pero manifestó no tener conocimiento de termodinámica y transferencia de calor, que corresponden a las disciplinas claves para materializar el desarrollo tecnológico. Para solucionar este vacío, accedió a aliados que aportaron el personal con competencias técnicas y dominio avanzado en tecnología e ingeniería. Con ello se pudo materializar la tecnología y solicitar dos patentes, una de ellas ya concedida. Mientras tanto, todos los proyectos críticos contaron con expertos técnicos liderando el proyecto.

De los casos exitosos, con excepción de Transporte, todos son liderados por un experto técnico, por lo menos hasta completar la transferencia a la empresa aliada. A partir de este punto, en algunos de ellos el liderazgo pasó a manos de un gerente de empresa, manteniendo el investigador un rol de coordinador técnico o científico. Esto sucede con los proyectos Biológicos, Economía Circular y Biomédico; mientras que en los casos Agricultura y Transporte, el líder del proyecto continúa liderando en la fase comercial de la unidad de negocios. El caso especial (Térmico) también fue liderado por un experto en el área técnica.

Dado que la presencia de expertos técnicos se manifiesta en los equipos de proyectos de todos los casos críticos, no se puede confirmar el constructo. Además, el único caso en el cual la condición del experto técnico no aparece, es justo un proyecto que superó el VM, lo que constituye un contraejemplo.

Un análisis alternativo es que la presencia de expertos técnicos no necesariamente es la clave para poder avanzar a las fases finales, sino que es fundamental en el desarrollo de las actividades de I+D tendientes al logro de la dimensión *know-how*, y otras dimensiones tecnológicas del proyecto. Aunque esta participación es relevante para el desarrollo tecnológico o incluso para otras fases de proyectos con cierta complejidad técnica, esta condición puede ser subsanada con las capacidades complementarias de aliados, como sucedió en el caso Transporte.

Varios autores indican que el problema del VM está asociado a la complejidad tecnológica de innovaciones radicales o cambios tecnológicos discontinuos (Auerswald & Branscomb, 2003; Raven & Geels; 2010). Si se entiende que los

expertos técnicos aportan conocimientos tecnológicos avanzados, su presencia puede ser indicio de que se trata de proyectos con cierta complejidad técnica. Esta característica se puede vincular con las condiciones de entrada al VM. El objeto de este estudio es la salida y no la entrada al VM. Por esta razón, no revisó en profundidad una posible relación entre el nivel de especialización del equipo de proyecto y la complejidad de la tecnología, pero sí puede ser una señal que ayuda a confirmar la selección de los casos.

Constructo: Si el equipo cuenta con personas con experiencia empresarial o de gestión, se facilita la superación del VM.

Hallazgo: De los cinco casos exitosos, sólo en Agricultura y Transporte el equipo de proyecto contaba con competencias en gestión o experiencia empresarial. En los otros tres (Biológicos, Economía Circular y Biomédicos), los equipos son de orientación técnica en las disciplinas medulares de la tecnología. Los requerimientos para abordar asuntos empresariales y de gestión, fueron cubiertos por los aliados empresariales en los casos Economía Circular y Biomédico, y por el equipo de transferencia e innovación de la universidad en el caso Agricultura.

Merece mencionar un patrón específico de la universidad A: en esta universidad se estudiaron siete proyectos críticos, y se identificó que, en cinco de ellos, los investigadores contaban con experiencia empresarial, o experiencia y formación en áreas de gestión. Sin embargo, la presencia de personas con conocimiento en estos asuntos, no fue determinante para que sus proyectos superen el VM, pues todos los casos con esta característica son proyectos críticos. La excepción en la universidad A, corresponde al proyecto Biomédico, que fue exitoso en el estudio. El equipo de este proyecto no manifiesta conocimiento, ni experiencia en asuntos empresariales y de gestión.

Tras aislar en este análisis los casos de la universidad A, quedan otros ocho casos críticos. Sólo se encontraron dos de ellos, en los que el equipo manifestará conocimiento o experiencia empresarial o en gestión.

Aunque la literatura considera que las habilidades de gestión y comerciales son relevantes para ayudar a los proyectos a superar el VM, en los casos no se identificó que fuera determinante que dichas competencias estén establecidas en los equipos internos de proyecto. Sin embargo, esto no contradice la teoría, sino que permite reconocer que dichas competencias pueden ser suministradas por medios alternativos. En los casos exitosos se encontró que a través de la formación de grupos interdisciplinarios, donde los investigadores interactuaron con personal de las empresas aliadas y de las áreas de transferencia de tecnología e innovación de las universidades, se pudieron suministrar estas competencias de orden no técnico.

El caso especial que experimentó una salida y reingreso al VM, tampoco muestra en el equipo de proyecto personal con experiencia empresarial o de gestión.

En cambio, al comparar la información de los casos en torno al talento humano y las competencias, se encontró un tema emergente: en todos los casos exitosos, se reportó conformaron equipos interdisciplinarios, ya fuera al inicio del proyecto o en una fase intermedia, por ejemplo, al pasar a escalamiento. Al entrevistar a los equipos y responsables de transferencia de los casos exitosos, fue común que expresaran lo importante que fue contar con este tipo de equipos.

En el caso **Transporte**, la líder del proyecto consideró la interdisciplinariedad como factor de éxito, resaltando que mediante el aporte de los aliados más acompañamientos para temas específicos por parte de personas que contactadas a través de relacionamientos, se logró completar el desarrollo del proyecto y estructuración del negocio en operación. Esto compensó la falta de conocimiento especializado del equipo interno. La líder del caso considera que actuó en calidad de integradora de equipos interdisciplinarios.

En el caso **Agricultura**, tanto los investigadores, como la coordinadora de transferencia en la universidad, destacaron como factor de éxito el haber conformado un equipo interdisciplinario entre el grupo de investigación y el de la oficina de transferencia. También resaltaron que conformaron un grupo cohesionado, que pudo completar un trabajo continuo para que el proyecto pudiera llevarse a las fases de operación y comercialización.

En **Biológicos**, tanto el investigador líder, como la persona que asumió el liderazgo de la nueva unidad de negocio, resaltaron que una condición de éxito para este caso, fue el conformar un equipo interdisciplinario con participación de personal de la universidad y profesionales contratados por la empresa aliada.

En **Economía Circular**, el líder de transferencia resaltó el trabajo conjunto e interdisciplinario entre la empresa, el grupo de investigación y el área de transferencia de la universidad, desde las fases iniciales. El líder del proyecto resaltó que para que el proyecto fuera exitoso, fue clave que los conocimientos de la universidad fueron complementados por la contribución de un equipo de profesionales de la compañía, para que el desarrollo tecnológico fuera integrado en los procesos de la empresa, para materializar la nueva unidad de negocios.

En el caso **Biomédico**, el investigador principal resaltó la experiencia interdisciplinaria al hacer pruebas del sistema en un ambiente hospitalario, lo cual se hizo con la colaboración de un hospital y una empresa activa en el sector de equipos de bioingeniería. Consideró que, sin esta colaboración, no hubiera sido factible implementar la innovación.

Los equipos de trabajo interdisciplinarios contribuyeron a desarrollar dimensiones necesarias para que las innovaciones pudieran materializarse, tales como estructuración de mercados, definición de planes comerciales y de negocio, ajuste de diseño final según estándares y requerimientos de calidad, estructuración de procesos industriales, integración de la tecnología en estructuras industriales y de operación. Estos aportes se pueden interpretar como eventos de desarrollo de dimensiones de capacidad del proyecto. Se puede explicar una relación entre tener equipos interdisciplinarios y mejorar las probabilidades de superar el VM, en tanto este equipo incorpora capacidades y gestiona actividades para completar las actividades de demostración, DNP y posteriores.

Se reconoce que, aunque la interdisciplinaria apareció como condición relevante, esta no necesariamente depende del equipo interno. En todos los casos, esta se logró con la colaboración de investigadores, personal de transferencia e innovación, así como de las empresas aliadas. Lo relevante es que el personal externo ayudó a cubrir falencias de competencias del equipo interno. Al configurar un perfil de competencias amplio, gracias al equipo interdisciplinario, se facilita un incremento de las capacidades del proyecto de innovación.

De este análisis surge una primera proposición:

Proposición 1: equipos interdisciplinarios contribuyen a desarrollar las capacidades del proyecto, en diversas dimensiones.

Esta proposición se soporta mediante el contraste entre los hallazgos para los cinco casos exitosos, en comparación con los críticos. También se relaciona con lo expuesto por Gulbrandsen (2009), Barr et al. (2009), Meyer et al. (2011), quienes sostienen que el talento humano y equipos interdisciplinarios favorecen la superación del VM.

5.1.5.2 Análisis de factor alianzas

Constructo: Los aliados industriales o comerciales facilitan la superación del VM.

Hallazgo: en todos los proyectos exitosos se identificó la participación de aliados, tanto industriales como comerciales. En el caso Biológicos, se contó con dos aliados, uno aportó capacidades industriales, el otro industriales y comerciales. En el caso Agricultura hubo múltiples aliados, uno por renglón del sector agrícola del mercado objetivo. Se contó con aliado industrial y comercial para cada sector. En el caso Transporte se tuvo un aliado industrial, que facilitó el desarrollo técnico hasta el diseño de la plataforma tecnológica. Luego se conformó un esquema de operación distribuido en red, con múltiples aliados industriales y comerciales. En el caso de Economía Circular, el aliado aportó capacidades industriales y comerciales. En el caso Biomédico, se tuvo la participación de un hospital, que hizo las veces de aliado industrial, aportando capacidades para la adecuación e implementación del sistema. También una empresa del sector bioingeniería que suministró capacidades tanto industriales y comerciales.

El caso recurrente, que tuvo una salida temporal del VM y luego un retroceso, muestra un comportamiento que permite contrastar: en el desarrollo del proyecto se contó con aliados industriales, pero en los testimonios se identifica que faltó un aliado comercial. Dicha ausencia condicionó el éxito del proyecto. De hecho, cuando se cruzó el VM para iniciar operaciones en el mercado y tras haber completado las dos primeras entregas de producto, los participantes comprendieron que no se estaban cumpliendo las proyecciones comerciales, y en este fallo estaban involucradas deficiencias de capacidades de mercado. En este punto, el aliado empresarial renunció al proyecto. Ese desistimiento implicó que se perdieron las capacidades, así como las facilidades financieras que este aportaba. Este fue el motivo de abandonar el mercado y regresar al VM.

Contrastando el caso recurrente con los cinco exitosos, se reconoce la relevancia de contar con los aliados. Adicionalmente, parece relevante contar con aliados comerciales e industriales, y no con un solo tipo.

Del lado de los proyectos críticos, se identifica que sólo tres cuentan con un aliado industrial, y cuatro con un aliado comercial. Dos casos tienen aliado industrial y comercial, por lo cual merecen una atención especial. El primero es el caso Fertilizantes, en el que se encontró un nivel alto alistamiento de la tecnología, faltando que la universidad y el aliado lleguen a un acuerdo sobre porcentajes de regalías en la operación industrial. Al cierre del estudio, estaban activas las conversaciones al respecto, por lo cual no se pudo registrar este caso como exitoso. Sin embargo, es probable que cambie de situación en el corto plazo. El aliado cuenta con capacidades industriales y comerciales, por lo cual se prevé que, si se llega al acuerdo de licenciamiento, se puedan iniciar rápidamente las operaciones, dado que está avanzada la preparación de planta de producción.

En el caso Suelos también se tienen acuerdos y un trabajo conjunto con un aliado, que aporta capacidades industriales y comerciales. Los involucrados en el proyecto manifestaron que contaban con iniciar rápidamente la fase de explotación. Sin embargo, esto no se dio por factores externos al proyecto y a la alianza: a la par con el alistamiento final, las partes tramitaron permisos de acceso al recurso biológico ante el Ministerio de Medio Ambiente, encontrando una dificultad en el trámite que no les ha permitido obtener el permiso, que es necesario para comercializar. Esta barrera normativa no fue prevista al iniciar el proyecto. De acuerdo con testimonios de las partes, esta situación externa es la que ha dificultado la superación del VM, y de solucionarla, la universidad y el aliado reúnen las capacidades para operar y comercializar.

De este análisis surge una nueva proposición:

Proposición 2: aliados industriales y comerciales contribuyen a desarrollar las capacidades del proyecto, en diversas dimensiones

Esta proposición se soporta en los hallazgos descritos para todos los casos exitosos que tuvieron aliados con los dos tipos de capacidades. También lo soporta el caso especial, en el cual el retiro de un aliado obliga al proyecto a regresar al VM. En trece de los quince casos críticos no se tiene ningún aliado, o se tiene un aliado que puede cubrir las capacidades industriales o comerciales, pero no ambas.

También se auxilia en la literatura de recursos y capacidades, donde se explora la relación entre la colaboración y el acceso a capacidades complementarias (Madhok & Tallman, 1998), así como la asimilación de nuevas capacidades en virtud de la colaboración (Cohen & Levinthal, 1990; Eisenhardt & Martin, 2000; Tidd, 2000). De forma más precisa, se encuentran abordajes en las que la posibilidad de integrar capacidades mediante alianzas y redes, ayuda a salir del VM: Frank et al. (1996) describen las alianzas como estrategias para aceleración la comercialización. Branscomb & Auerswald (2002) reconocen en las asociaciones medios para solucionar restricciones de recursos y experiencia, mientras Auerswald & Branscomb (2008) proponen esquemas de combinación de capacidades propias y en red, que ayuden a atender asuntos de financiación, relaciones, financiación, talento, acceso a servicios, normativa, y modelamiento de negocios.

Constructo: Los aliados investigativos facilitan la superación del VM.

Hallazgos: sólo uno de los cinco proyectos exitosos, manifestó haber trabajado con un aliado investigativo. Se trata de Transporte, en el cual el equipo interno no contaba con conocimiento en la tecnología nuclear, por lo cual recurrió a aliados de conocimiento para las fases de I+D. En los otros cuatro proyectos exitosos, el grupo de investigación trabajó de forma autónoma, sin requerir un aliado investigativo. La misma situación se presentó en el caso especial, pues las tecnologías desarrolladas y utilizadas para su primera salida del VM, fueron completadas con capacidades internas del grupo de investigación.

La situación es semejante para los casos críticos. Sólo en cinco de 15 casos, se colaboró con aliados que aportaron conocimiento y capacidades para el desarrollo de la tecnología. En tres de estos casos, los aliados investigativos fueron grupos colombianos (casos: Cerámico, Aguas, Vestuario), mientras que en los casos Vivienda y Nanomaterial se contó con aliados investigativos internacionales.

Revisados los hallazgos en los casos exitosos, el recurrente y los críticos, no se puede identificar que las alianzas con actores que aporten conocimiento para I+D, sea determinante para superar el VM o quedarse en él.

5.1.5.3 Análisis factor apoyo del sistema de CTi

Constructos: (i) La financiación mediante instrumentos del sistema de CTi aporta a superar el VM. (ii) El suministro de servicios y recursos de apoyo de agentes del sistema de CTi, aporta a superar el VM.

Hallazgos: En cuatro de los cinco casos exitosos y en el caso recurrente, los proyectos tuvieron apoyo financiero de instrumentos del sistema de CTi. Sin embargo, el otro caso exitoso recibió en su totalidad inversiones de la empresa aliada y la universidad, sin recurrir a ninguna financiación en el sistema de CTi.

Este patrón da indicios de que este apoyo del sistema CTi puede ser de ayuda, pero no es imprescindible. El caso Economía Circular, muestra que se puede atravesar el VM sin que sea indispensable la financiación del sistema.

Siguiendo al grupo de casos críticos, se reconoce que sólo cinco recibieron apoyo de instrumentos de subvención del sistema de CTi. Mientras tanto, cuatro de los 15 casos recibieron apoyo en especie, mediante servicios técnicos o acceso a recursos especializados, que ayudaron a desarrollar capacidades en los proyectos. Uno de estos casos (Redes) recibió apoyo tanto financiero como en especie, de entidades del sistema.

Tres de los casos exitosos (Biológicos, Transporte y Biomédicos), tuvieron apoyos del sistema de CTi, a través de servicios técnicos, o acceso a recursos especializados, como infraestructuras o tecnologías complementarias, que ayudaron a reducir la brecha de capacidades. Los hallazgos muestran que los apoyos del sistema de CTi son de ayuda, pero no permiten establecer que sean determinantes. Hubo dos casos que superaron el VM sin recibir apoyo del sistema de CTi (Economía Circular y Agricultura), y casos encontrados en el grupo crítico, pese a que sí recibieron dichos apoyos. Por tal motivo, no se desarrolló una proposición asociada a este factor.

5.1.5.4 Análisis factor financiación

Constructo: Los proyectos con mayor desarrollo en las dimensiones de capacidad, tienen mayores probabilidades de acceder a recursos financieros para las etapas finales.

Este análisis se separó en dos partes: financiación de la universidad para desarrollar capacidades durante la fase de demostración; de otra parte, financiación externa de un inversionista, fondo o empresa, que aporte los recursos para completar las actividades de DNP y preparación operativa y comercial de la nueva unidad de negocio. Cuando se da lo último, implica que el proyecto supera el VM.

La primera mirada revisa la facilidad de acceder a financiación para las actividades de I+D y de fase de demostración. En esta etapa se encontró que los casos Energético, Materiales, Nanomaterial, Vestuario, Sisinfo y Ganadería, tuvieron dificultades para que se les aprobaran los recursos financieros para desarrollar alguna actividad o componente. Cuando estas situaciones se presentaron, estuvieron relacionadas con restricciones institucionales. Por ese motivo, este problema de financiación se analizará más en detalle, en el análisis del factor **instituciones**.

Hallazgos: Respecto al acceso a recursos para actividades posteriores al VM, se encontró que seis proyectos encontraron recursos para ejecutar actividades de DNP, alistamiento preoperativo, operación y comercialización. Este evento correspondió al desencadenante de la salida del VM, pudiéndose validar la circulación de estos proyectos fuera del VM. Uno de los seis casos tuvo un comportamiento excepcional, correspondiente al caso Térmico. Este proyecto consiguió que el aliado financiara el alistamiento preoperativo, el inicio de fabricación y la promoción en el mercado, lo que valida que superó el VM. Sin embargo, el proyecto regresó posteriormente al VM, tras reconocer fallos en sus estimaciones iniciales de mercado, y afrontar el retiro de la empresa aliada. Por este motivo, Térmico se ubicó en un grupo de un caso, denominado recurrente porque superó el VM y luego regresó a él.

Respecto a los otros cinco proyectos que superaron el VM, se resalta que en tres se obtuvo financiación a través de los aliados empresariales (Biológicos, Economía Circular y Biomédico), que invirtieron recursos para el alistamiento industrial de procesos empresariales, necesarios para operar. De estos tres casos, Biológicos y Biomédico se

encuentran operando y comercializando en el mercado. En Economía Circular la empresa está completando la configuración de los procesos industriales.

Con los casos Transporte y Agricultura, las gestiones para solucionar la brecha de financiación fueron un poco diferentes. En ambos casos se aplicaron estrategias de integración en la cadena y aprovechamiento de recursos complementarios. Así redujeron los requerimientos de inversión, disminuyendo la barrera de salida. En el caso Agricultura, la universidad desarrolló esquemas para suministrar a recursos físicos y capacidades universitarias, que fueron reutilizados para los fines del proyecto. Por ejemplo, para la promoción y comercialización de los productos se aprovecharon plataformas comerciales y de distribución de la universidad. Los requerimientos de recursos técnicos de producción fueron incorporados a un gran proyecto de inversión de la universidad, para conformar un edificio de infraestructura científicas y tecnológicas. De esta forma se apalancó parte del requerimiento financiero del proyecto. Otras necesidades de servicios especializados fueron atendidas por las áreas de transferencia e innovación de la universidad, y eventualmente se habilitó la opción de aprovechar recursos disponibles en otros proyectos para atender requerimientos adicionales de este caso. Todo esto tuvo el efecto de disminuir los requerimientos de capital, eliminando la necesidad de buscar una fuente de financiación externa.

En el caso Transporte sucedió algo semejante. Se requerían fuentes externas para invertir en una plataforma de operación logística. Hubo interesados en financiar, pero no hubo ningún acuerdo. Como alternativa, se establecieron alianzas con empresas que contaban con las infraestructuras y capacidades requeridas, firmándose acuerdos de suministro y operación en red. El acceso a recursos y capacidades para operar a través de alianzas en la cadena de valor, disminuyó considerablemente los requerimientos de capital. Así se superó la brecha de financiación.

En la literatura del VM bajo perspectiva financiera, se entiende que el VM es una brecha de financiación. Para superarla, esta corriente explora la búsqueda de fuentes e instrumentos financieros para cubrir esta brecha. Sin embargo, los casos Agricultura y Transporte siguieron una vía alternativa. La estrategia seguida no se basó en buscar fuentes de recursos, sino en disminuir el requerimiento de recursos, a través de la integración de capacidades de la propia universidad, o de capacidades distribuidas en una red empresarial. Para resolver la brecha de financiación se hicieron gestiones tendientes a reducir el tamaño de la brecha, en lugar de buscar financiación para cubrirla. Aunque Ward et al. (2018) analizaron la integración de cadena de suministro como mecanismo para dar resolución al VM, su trabajo no deja manifiesto lo que se ve en estos dos casos: que la brecha de capital puede atenderse mediante estrategias basadas en recursos y capacidades adicionales, para reducir el tamaño de la brecha, como alternativa a buscar grandes fuentes de capital, que financien la obtención posterior de los recursos y capacidades necesarios.

Se plantea como proposición a partir de estos hallazgos:

Proposición 3: cuando un proyecto recibe recursos que le permiten completar su desarrollo y conformar la capacidad de operación comercial, desencadena su salida del VM.

Si se interpreta el VM como brecha de financiación, la proposición anterior parece tautológica. Sin embargo, bajo la perspectiva de este estudio, la brecha de financiación es una faceta del VM. Se reconoce que la resolución de dicha brecha actúa como hito, propicio a la salida del VM. Por esto motivo, es relevante esta proposición. Sin embargo, aún no se explican las circunstancias bajo las cuáles un financiador se dispone a aportar los recursos.

5.1.5.5 Análisis factor instituciones

Constructos: (i) Marcos normativos vigentes en el medio, inciden en la viabilidad de llevar los proyectos hacia fases finales de operación y comercialización. (ii) Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre el acceso a recursos y desarrollo de capacidades que requiere el proyecto de I+D+i.

Se encontraron tres situaciones que pueden interpretarse como restricciones de orden institucional. La primera es de origen externo a las universidades, y corresponde a la existencia de normas, procedimientos o trámites que deben cumplirse para que las innovaciones puedan ser comercializadas. En dos casos se presentaron situaciones diversas que dificultaron el acceso al mercado, estos son:

Caso Biológicos (exitoso): después de que el aliado decidió invertir en la puesta en operación, y teniendo adelantado el montaje de la planta de producción, hubo cambios en la normativa de cumplimiento obligatorio para obtener permisos de comercialización. Los cambios se dieron cuando ya estaba en marcha el montaje la planta. Esta situación indujo costos ocultos, que elevaron los requerimientos financieros totales. Al ser un proyecto en marcha, el aliado decidió asumir las inversiones adicionales, por lo cual el proyecto pudo continuar. Sin embargo, el ajuste técnico de la planta para cumplir la nueva normativa, implicó una demora en los tiempos de adecuación de la planta, retrasando la salida al mercado. Se resalta que el inversionista convirtió este problema en una oportunidad, adecuando la planta para cumplir normativa colombiana e internacional. Con ello se buscó anticiparse a cambios futuros en la reglamentación colombiana. Adicionalmente se iniciaron contactos comerciales internacionales para exportar el producto desde el inicio de operaciones.

Caso Suelos (crítico): se trata de un desarrollo biotecnológico, que requiere un permiso de acceso al recurso biológico, previo a la comercialización. Afronta problemas para obtener el permiso, porque al iniciar el trabajo conjunto, la universidad y el aliado decidieron utilizar el secreto industrial como mecanismo de protección de la propiedad intelectual. Sin embargo, el trámite para obtener el permiso de acceso a recurso biológico se complicó, porque el ente que lo expide exige que sea presentada la información del elemento biotecnológico para el cual se solicita permiso. Este elemento hace parte del secreto industrial, y no puede ser presentado en la documentación para el permiso, porque implicaría una violación de la confidencialidad. De esta manera, la combinación de las situaciones de propiedad intelectual y los procedimientos a seguir para obtener el permiso, han impedido que el desarrollo pueda ser considerado en fases finales.

Se puede establecer que en los casos mencionados se presentó el problema descrito en el primer constructo de este factor. No obstante, se resalta que, en un caso, las dificultades normativas frenaron la salida del VM. En el otro, la condición regulatoria sólo llevó a cambiar especificaciones de proceso y planta, y continuar adelante con la fase preoperativa. Así que no se puede establecer un patrón replicable. De otra parte, se destaca que los dos casos (Suelos y Biológico), corresponden a desarrollos en biotecnología, lo cual puede ser un indicio de condiciones particulares en esta industria, que llevaría a identificar factores del VM específicos para esta área.

Para explorar el segundo constructo, se revisaron condiciones institucionales universitarias. Se identificaron dos tipos de situaciones formadoras de barreras para el desarrollo de los proyectos: la poca permisividad institucional para establecer alianzas y la dificultad para aprobar recursos que se requieren diferentes actividades, en las etapas de I+D y de demostración. Los proyectos que manifestaron dificultades para generar alianzas son:

Caso Transporte (exitoso): hubo obstáculo para concretar alianzas empresariales, e incluso para trabajar con entidades de apoyo en el sistema de CTI. Esto se debió a que la universidad no tenía claros los lineamientos, criterios y procedimientos para desarrollar actividades de innovación, transferencia de tecnología y emprendimiento, y en su ausencia, el área jurídica planteaba objeciones para el desarrollo de acuerdos, que involucraban compromisos de la universidad ante un tercero. De hecho, el proyecto constituyó un caso pionero para la entidad, lo que significa que la universidad generó el aprendizaje institucional a partir de este caso. El proyecto sorteó dificultades para completar los acuerdos de colaboración, así como para acceder a recursos de la universidad. Esta situación se agravó con el cambio de rector, llegando un nuevo directivo que manifestó desinterés en continuar el proyecto. Ante dicha apatía, la líder del caso logró que la universidad le otorgara una licencia que le da libertad de operación con la tecnología. Con este permiso, terminó de desarrollar los elementos pendientes por cuenta propia, más la ayuda del aliado empresarial.

Caso Térmico (concurrente): tuvo dificultades para compaginar aspectos reglamentarios de la universidad y del aliado. Las condiciones normativas fueron más difíciles de alinear porque tanto la universidad como la empresa son entes públicos, sin experiencia previa en el desarrollo de proyectos con un esquema colaborativo como el del caso. El proceso para compaginar los lineamientos y esquemas jurídicos hasta perfeccionar acuerdos significó un retraso para iniciar las labores de salida del VM. Sin embargo, esta situación no inhibió la salida del VM, y tampoco guardó relación con las condiciones que llevaron al caso a recurrir en el VM.

En algunos casos críticos también hubo dificultades para que las universidades concretaran alianzas: en el caso Energético, se generó un acercamiento con un comercializador interesado. Cuando se requirió definir la posición de

la universidad respecto a participación en regalías, ésta no contaba con lineamientos o referentes para definir sus expectativas al respecto. En consecuencia, la universidad estableció una posición basada en premisas no fundamentadas, que llevaron a plantear exigencias económicas elevadas, que no fueron aceptadas por el aliado empresarial. Como desenlace, se cayó esta oportunidad de trabajo conjunto.

En el proyecto Cerámico, una oportunidad de alianzas falló, al negociar el licenciamiento. En este caso, el problema fue que los derechos de propiedad sobre la tecnología patentada, pertenecía a varias entidades, lo cual fue evaluado como un factor de riesgo por la empresa receptora. Por ello desistió del acuerdo.

En Aguas, una empresa multinacional se interesó en aliarse y licenciar la tecnología. Sin embargo, la universidad no tenía un marco reglamentario y procedimental para la negociación y contratación de propiedad intelectual, como parte de un vacío en la normatividad interna respecto a la transferencia de tecnología. Por este motivo el trámite con la empresa se alargó, hasta que esta última desistió.

En el caso Vestuario, se buscó un aliado investigativo con infraestructuras técnicas adecuadas para perfeccionar y estandarizar el sistema tecnológico. La gestión de este acercamiento fue desarrollada fundamentalmente por el investigador, sin respaldo suficiente de la universidad, que no tenía establecida una estructura y un marco reglamentario que facilitara la gestión de alianzas. Adicionalmente, existieron diferencias entre los sistemas de gestión de la universidad y del centro educativo correspondiente al aliado investigativo. Tanto el líder del proyecto como el responsable de transferencia reportan que el trámite para completar esta alianza de investigación tardó varios años, retrasando el desarrollo del sistema tecnológico.

Los casos anteriores presentaron dificultades para concretar alianzas, relacionadas con factores institucionales universitarios. No se trató de que las universidades tuvieran marcos reglamentarios opuestos a dichas alianzas. En su lugar, se encuentra en estos casos una inmadurez en las definiciones, criterios y procedimientos, lo cual dificulta el avance en los acuerdos necesarios.

Diversos testimonios sugieren otra forma de incidencia institucional, en situaciones donde la reglamentación universitaria condujo a situaciones que limitaron el acceso a recursos financieros y en especie, que dificultaron el avance de los proyectos.

En el grupo de cinco casos exitosos más el recurrente, se manifestó que hubo disponibilidad de los recursos necesarios, con excepción del proyecto Transporte. Debido a la inmadurez de la universidad en el proceso de transferencia de tecnología, no contaba con las definiciones institucionales que habilitaran el suministro de dichos recursos. Esto dificultó el avance del proyecto. De forma peculiar, el problema fue subsanado porque universidad descartó el proyecto, dejando a la líder del proyecto en libertad para gestionar alianzas y buscar recursos, sin estar sometida a restricciones reglamentarias y procedimentales de la Universidad.

En los casos críticos, parte de ellos manifestó afrontar limitaciones de acceso a recursos, debidas a los lineamientos y procesos de las universidades. Este comportamiento se concentra especialmente en las universidades A y B. En la universidad A, siete de los ocho proyectos encontraron limitaciones de acceso a recursos. Estas limitaciones incluyeron tiempos de descargas aprobadas para los docentes de los equipos de los proyectos, y mecanismos que habilitaran la financiación de pruebas de concepto. También se mencionó la falta de dominio de procesos de transferencia, que llevaba a que, en varios casos, la universidad dejara a los investigadores la materialización de actividades que son del ámbito de la gestión tecnológica, y no de las áreas de competencias del equipo de proyecto.

Los casos de la universidad B, no tuvieron problemas de recursos en las fases de investigación. Pero al pasar a labores no asimilables como investigación, tales como demostración, perfeccionamiento y ajuste de las tecnologías desarrolladas, hubo problemas de aprobación de presupuestos y de asignación de tiempo para los investigadores.

De los proyectos críticos ajenos a las universidades A y B, el caso Suelos indicó que tuvo dificultades para avanzar al ritmo que requería el mercado, porque el acceso a los recursos universitarios está supeditado a los tiempos de las convocatorias.

Lo hallado en los casos da soporte a un constructo planteado en el numeral 0: *Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre el acceso a recursos y desarrollo de capacidades que requiere el proyecto de*

I+D+i. Los hallazgos además permiten agregar el efecto de dichas definiciones, normas y procedimientos sobre la habilitación de alianzas. El constructo se podría replantear, así:

Proposición 4: Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre la materialización de alianzas, para el proyecto de I+D+i.

Proposición 5: Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre el acceso a recursos para el desarrollo de dimensiones de capacidad.

5.1.6 Análisis de los casos frente a financiadores

5.1.6.1 Perfil de capacidades de los proyectos

La Tabla 14 resume el nivel de capacidades encontrado para todos los casos, en las ocho dimensiones.

Tabla 14: Resumen nivel de capacidades, para todos los casos.

Clasificación	Grupo	Caso	Know-How	Manufactura	Instalaciones	Calidad	Necesidades	Distribución	Comunicación	Marca	Suma dimensiones
Exitosos		Agricultura	90	90	75	80	90	75	75	100	675
		Biomédico	100	80	70	100	90	80	90	60	670
		Transporte	100	100	100	100	90	75	90	100	755
		Biológicos	100	90	90	90	100	100	75	90	735
		Econocircular	100	90	90	90	90	50	50	80	640
Concurrente		Térmico	100	50	50	80	80	70	60	70	560
Críticos	Univ. A	Fertilizantes	90	75	75	65	80	75	85	75	620
		Cerámico	35	50	100	85	80	0	0	0	350
		Suelos	75	50	75	75	5	0	0	0	280
		Aguas	75	25	75	5	50	5	0	5	240
		Energético	75	50	50	50	100	50	25	5	405
		Hidrocarburo	50	75	50	50	75	50	50	25	425
		Vivienda	75	75	25	75	100	50	5	5	410
	Univ. B	Construcción	75	50	75	75	50	25	25	5	380
		Redes	75	75	5	50	100	5	25	5	340
		Materiales	75	75	50	50	25	5	25	5	310
		Nanomaterial	75	55	30	25	20	5	45	0	255
		Vestuario	75	50	70	50	5	5	5	0	260
		Sisinfo	50	50	75	25	25	0	0	0	225
		Refrigeración	60	20	5	50	5	5	25	25	195
Ganadería	50	25	25	25	5	25	25	5	185		

Para cada caso, ubicado en una fila, se presenta el nivel de desarrollo de las ocho capacidades. Se utiliza la escala de medición en función del ciclo de vida, que se aplicó en el estudio de casos. Se presentan los valores con un código de colores. Las capacidades en valores máximos (100%) aparecen en verde, al 50% en amarillo, al 0% en gris. En la columna de la derecha se suma el valor de las ocho dimensiones de cada proyecto, lo cual, facilita reconocer qué tan desarrollado está el conjunto de capacidades.

En los resultados sintetizados en Tabla 14, se identifica que los cinco proyectos exitosos muestran un nivel de desarrollo de capacidades superior al de los proyectos en estado crítico. Al revisar los niveles de desarrollo de las dimensiones, se reconoce que predominan valores altos (75% o superior), con pocas excepciones: Los casos Agricultura, Transporte y Biológicos muestran que falta ajustar la mayoría de sus dimensiones, aunque todas se encuentran en rangos entre 75% y 100%. Biomédico debe dar énfasis a mejorar las dimensiones Marca e

Instalaciones, mientras que Economía Circular debe dar énfasis a elevar las capacidades de Manufactura, Instalaciones y Comunicación.

En el momento de esta medición de las dimensiones, hubo testimonios de acciones que se siguen desarrollando para elevar el dominio en las capacidades pendientes. En el caso de Transporte, se trabajaba en completar canales de distribución; en Economía Circular, las cuatro dimensiones de mercado; en Biológicos se desarrollaban justes de la planta industrial, que atienden cambios normativos de última hora. Agricultura estaba a la espera de unas nuevas instalaciones de operación industrial, en las que invirtió la Universidad, con el propósito de incrementar la escala de producción. En el caso de Biomédico, el aliado empresarial trabajaba en incorporar la innovación en una plataforma de servicio mayor, y en desarrollar una identidad de marca.

De los casos no exitosos, se destacan Térmico y Fertilizantes: aunque muestran un nivel inferior al de los casos exitosos, se les acercan. En el caso Térmico, esto es explicable porque el proyecto estuvo previamente en fases de operación y comercialización. Para ello, debió desarrollar las dimensiones de capacidad. Aunque posteriormente recurrió en el VM, es factible que mantuviera una buena parte de las capacidades previamente desarrolladas. En particular, las que no dependieran del aliado que se retiró. En cuanto al caso Fertilizantes, muestra un nivel de capacidades cercano a los exitosos. Se resalta que hay señales favorables de la empresa, en cuanto a su interés para invertir en el escalamiento y puesta de la innovación en el mercado. En el momento que se terminó de levantar información para este estudio, las partes estaban negociando los porcentajes de participación en los beneficios de explotación. Es comprensible que este caso se encuentre en un nivel de capacidades que se acerca a las de los casos exitosos, porque constituye un candidato a cambiarse a dicho grupo en el futuro.

En el grupo de casos críticos, llama la atención que la dimensión en la que aparece con mayor frecuencia un nivel de desarrollo alto (75%), es en *know-how*. En cambio, en tres capacidades de mercado se concentran capacidades con los menores niveles de desarrollo (0% y 5%). Esta disparidad valida lo expresado repetidamente por autores del VM, que expresan que los innovadores académicos tienden a concentrarse en el desarrollo de la tecnología y mucho menos en el mercado. La dimensión de mercado restante, que es el conocimiento de las necesidades del consumidor, muestra un patrón cambiante. En seis de los casos se calificó un nivel alto de desarrollo, mientras que en otros nueve se calificó un nivel de bajo a medio, entre el 5% y el 50%. Esto muestra disparidad. Aunque algunos de los innovadores de estos casos manifiestan tener muy desarrollada la capacidad, la tendencia de la mayoría es a tener esta capacidad poco desarrollada, al igual que las otras capacidades de mercado.

5.1.6.2 MM de los financiadores

Se entrevistaron ocho gestores de fondos de financiación de innovaciones, localizados en Medellín, con tradición en la evaluación de proyectos de I+D+i de la Ciudad. Se les pidió clasificar el fondo para el que trabajan de acuerdo con su perfil. Tres de ellos se clasificaron como fondos de inversionistas ángeles, los otros cinco como fondos de capital de riesgo. Uno de los fondos de capital de riesgo, aclaró que opera con dos perfiles de inversión y con dos bolsas de recursos, una en calidad de capital de riesgo y la otra en el modo de capital privado (private equity). La Tabla 15 recopila los MM resultantes del trabajo efectuado con los financiadores.

Tabla 15: MM de financiadores.

Financiador	Perfil	Know-How	Manu-factura	Instala-ciones	Cali-dad	Necesi-dades	Distri-bución	Comuni-cación	Marca
1. FCP Innovación-Fondo P.E.	VC/PE	75	50	75	75	100	100	50	50
2. FCP Innovación-Fondo VC	VC/PE	50	50	75	75	100	50	50	50
3. San Vicente Fundación	Ángel	25	50	75	75	100	25	50	50
4. Salud Kapital	VC/PE	87	75	90	65	75	90	90	65
5. Grupo TIG	Ángel	75	50	25	75	75	25	25	50
6. EPM Fondo Aceleración	VC/PE	75	75	50	50	100	50	50	50
7. Red Inversionistas Ángeles	Ángel	75	50	25	25	75	50	75	25
8. Fondo C-Kapital	VC/PE	75	75	50	50	75	75	50	25

5.1.6.3 Comparación MM de los financiadores y de los casos

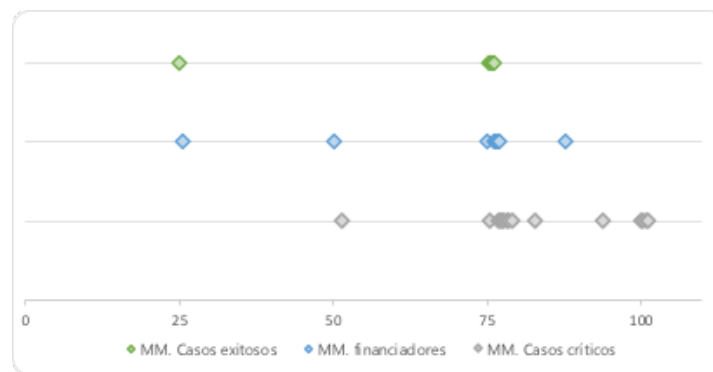
Los MM anteriores son utilizables a manera de perfil de criterios de evaluación, de los instrumentos de inversión consultados. En conjunto, estos se entienden como una oferta de financiación para dirigir los proyectos de I+D+i hacia fases finales. Esta mirada lleva entender los casos, como constitutivos de la demanda.

Se cotejaron dicha oferta y demanda. Se basó en comparar los MM de los casos y de los financiadores, bajo los criterios propuestos en la Tabla 9. A continuación, se presentan los resultados de esta comparación, por dimensión:

5.1.6.3.1 Dimensión *Know-how*

La Figura 42 resume los MM reportados por los casos y los financiadores, para la dimensión *know-how*¹³. En la parte inferior se encuentra una franja de rombos grises, que representa el conjunto de casos críticos. Se puede reconocer que, para este grupo, todos los MM de la dimensión *know-how*, fueron estimados en un rango entre 50% y 100%. Así mismo en la parte superior se encuentra una franja semejante, con rombos verdes, que muestran que para la dimensión *know-how* los casos exitosos estimaron sus MM en el rango entre 25% y 75%.

Figura 42: MM de financiadores y casos, para dimensión Know-How.



En la zona intermedia se representa una franja con rombos azules, correspondientes a los valores de MM estimados por los financiadores, para la misma dimensión. Estos MM se establecieron en el rango entre 25% y 87%.

Tabla 16: Dimensión Know-How-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	0	5	0	5	10	0
%	0%	100%	0%	33%	67%	0%

Como se presenta en la Figura 42, y se puede corroborar en la Tabla 16, todos los casos exitosos calificaron el MM de *know-how* dentro del rango establecido por los financiadores. En cambio, sólo el 67% de los casos críticos se ubicaron dentro de este rango, quedando el 33% restante calificado por encima. Esto es consecuente con lo establecido por Branscomb & Auerswald (2002), Markham (2002a), Verhoeff & Menzel (2011) y Barron & Amorós

¹³ En este apartado, las ilustraciones y tablas utilizarán colores: verde para los proyectos exitosos, gris para los críticos y azul para los MM de financiadores.

(2020), quienes, al reconocer el efecto de los MM en el VM, de forma repetitiva consideraron que usualmente los innovadores sobrevaloran el desarrollar la tecnología y mover la frontera de conocimiento. Esta dimensión se relaciona con dicha consideración. Por ello, a la luz de los autores mencionados, se puede explicar que una parte de los casos críticos sobredimensionen en su MM el desarrollo del *know-how*. Si el desarrollo de capacidades sigue al MM en parte, es previsible que parte de los casos críticos se enfoquen en el desarrollo de esta capacidad, más allá de lo que requieren los financiadores. En cambio, cabe considerar que todos los proyectos exitosos operan en un rango más reducido para esta dimensión. Esta condición favorece que se desarrolle esta capacidad hasta el nivel requerido por uno o varios de los financiadores, lo que implica que su proyecto sería bien calificado en esta dimensión sin haber incurrido en recursos y esfuerzos excesivos.

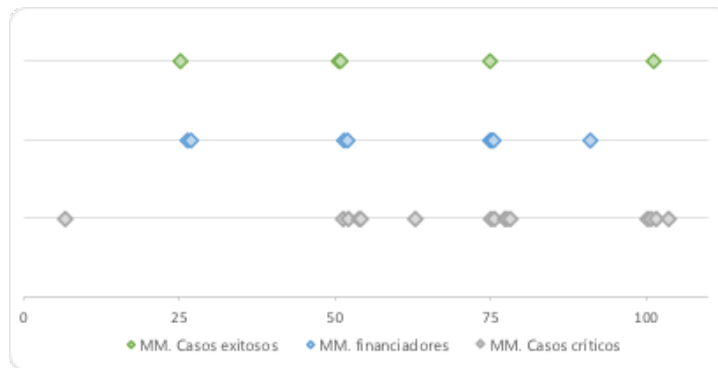
De acuerdo con este análisis, que aplica los criterios de la Tabla 9, los proyectos exitosos manifiestan mejores condiciones al ser evaluados, por tener un perfil de MM más cercano al de los financiadores para esta dimensión.

5.1.6.3.2 Dimensión Instalaciones

En esta dimensión aparece un comportamiento semejante al observado en la dimensión *know-how*.

En la Figura 43 y en la Tabla 17 se observa que al revisar cuales proyectos tienen MM dentro del rango de financiadores, esta condición es cumplida por la mayoría de los casos exitosos, con un 80% de los proyectos dentro de este rango, contra sólo un 67% en los casos críticos. Se identifica que los casos exitosos por fuera de rango tienen MM por encima. Esto significa que podrían ser evaluados favorablemente, aunque con uso excesivo de recursos y esfuerzos. En cambio, en los casos críticos se encuentra que uno califica este MM en déficit respecto al rango de los financiadores. Este déficit establece condiciones para que la capacidad analizada se desarrolle insuficientemente, con respecto a lo que esperan los financiadores. De darse lo anterior, conduciría a una calificación negativa de esta dimensión para dicho proyecto.

Figura 43: MM de financiadores y casos, para dimensión Instalaciones.



Esto significa que el grupo de casos exitosos tiene mayor favorabilidad que los críticos, a la hora de ser revisada esta dimensión por los evaluadores. Sin embargo, esta ventaja es menos pronunciada que la que se encontró previamente, para la dimensión *know-how*.

Tabla 17: Dimensión Instalaciones-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	1	4	0	4	10	1
%	20%	80%	0%	27%	67%	7%

5.1.6.3.3 Dimensiones Manufactura y Calidad

Estas dos dimensiones manifiestan un patrón semejante: son las únicas que muestran una ventaja de los casos críticos respecto a los exitosos:

Figura 44: MM de financiadores y casos, para dimensión 2. Manufactura.

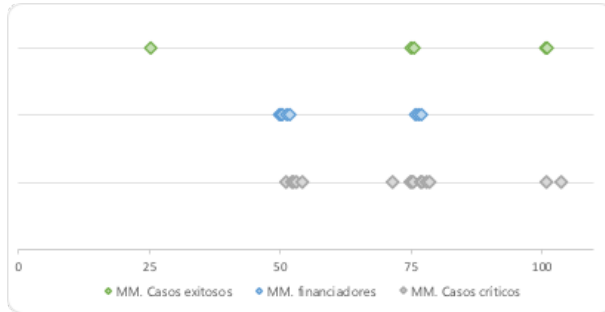
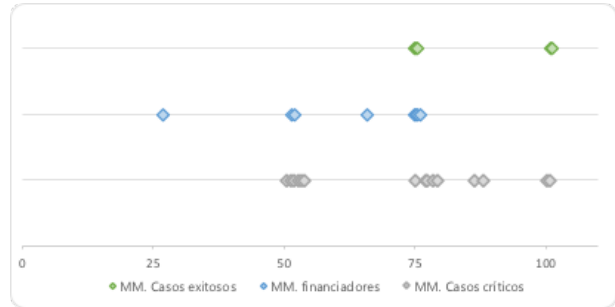


Figura 45: MM de financiadores y casos, para dimensión 4. Calidad.



En la Figura 44 y Figura 45 se identifica que los proyectos críticos tienden a concentrarse dentro del rango de los financiadores, mientras en el grupo de casos exitosos hay más rombos por fuera del rango.

Tabla 18: Dimensión Manufactura-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	2	2	1	2	13	0
%	40%	40%	20%	13%	87%	0%

Tabla 19: Dimensión Calidad-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	2	3	0	4	11	0
%	40%	60%	0%	27%	73%	0%

La Tabla 18 y Tabla 19 corroboran lo anterior: en la dimensión manufactura, el 87% de los casos críticos calificaron el MM dentro del rango de los financiadores. En cambio, los casos exitosos sólo lo hicieron en un 40%. En la dimensión calidad, los casos críticos se ubicaron dentro del rango en un 73%, mientras que sólo el 60% de los casos exitosos logró ubicarse dentro del rango. Esto significa que, en estas dos dimensiones, los casos críticos se encuentran en una situación ventajosa, respecto a los exitosos. Sin embargo, se destaca que la mayoría de los casos exitosos por fuera del rango, se ubicó por encima. Este exceso los llevaría a desarrollar capacidades superiores a lo que requieren los financiadores, ubicándolos en un escenario de evaluación positiva, pero con uso ineficiente de recursos.

5.1.6.3.4 Dimensiones Necesidades, Distribución y Comunicación

Las tres dimensiones, que hacen parte de la capacidad de gestión de mercados, muestran un patrón semejante: En la Figura 46, Figura 47 y

Figura 48, correspondientes a estas tres dimensiones, se identifica que todos los casos exitosos estimaron sus MM dentro del rango establecido por los financiadores. Esto significa que, si desarrollan las capacidades de acuerdo con estos MM, podrían obtener una evaluación favorable. En cambio, para las mismas tres dimensiones, el grupo de casos críticos muestra una cantidad importante de proyectos por debajo del rango de los financiadores. Esta situación conduce a evaluaciones negativas para dichos proyectos en estas tres dimensiones.

Figura 46: MM de financiadores y casos, para dimensión Necesidades.

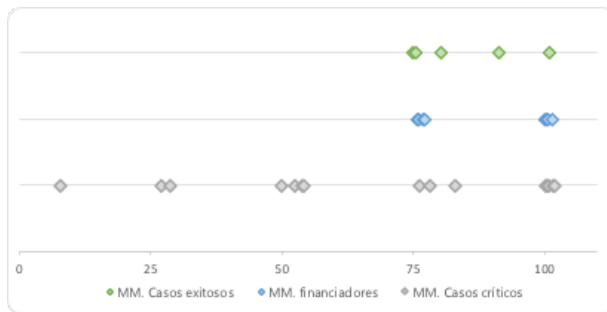


Figura 47: MM de financiadores y casos, para dimensión Distribución.

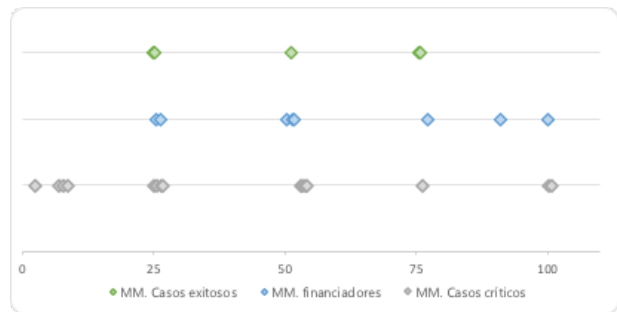
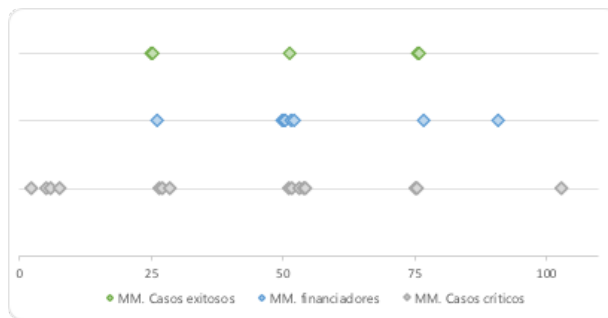


Figura 48: MM de financiadores y casos, para dimensión 7. Comunicación.



La Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22 corroboran lo anterior:

Tabla 20: Dimensión Necesidades-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	0	5	0	0	8	7
%	0%	100%	0%	0%	53%	47%

Tabla 21: Dimensión Distribución-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	0	5	0	0	11	4
%	0%	100%	0%	0%	73%	27%

Tabla 22: Dimensión Comunicación-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	0	5	0	1	10	4
%	0%	100%	0%	7%	67%	27%

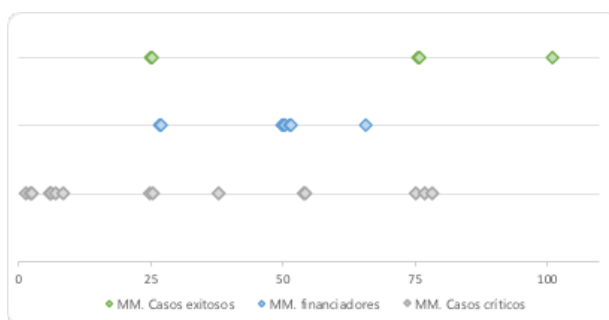
En las tres dimensiones, todos los proyectos exitosos calificaron dentro del rango de financiadores. Por su parte, sólo el 53% de los casos críticos quedaron dentro del rango para la dimensión de necesidades, 67% en la dimensión de canales de comunicación, y 73% en la dimensión de canales de distribución. También se reconoce que una cantidad importante de proyectos críticos ubica el MM por debajo del rango de financiadores: 27% para canales de distribución y canales de comunicación, y 47% en conocimiento de las necesidades. Llama la atención en especial la dimensión conocimiento de las necesidades, porque prácticamente la mitad de los casos críticos, manifiestan un MM que los llevaría a ser evaluados de forma desfavorable.

Este comportamiento es coherente con lo manifestado por autores del VM que, al revisar las formas de pensar como factores de bloqueo, reportaron que los innovadores tienden a sobrevalorar la dimensión tecnológica (cuyo patrón se reconoció en la dimensión *know-how*), y a desconocer las necesidades reales y otros asuntos del mercadeo de las innovaciones. Estos vacíos incluyen: falta de comprensión de las preocupaciones comerciales (Markham, 2002a), no familiaridad con los costos, restricciones y dinámicas de los negocios (Markham & Mugge, 2015), desconocimiento de las necesidades del cliente, la forma de posicionarse en el mercado y la cadena de suministro necesaria (Verhoeff & Menzel, 2011), dificultades para llevar los conceptos de la innovación al lenguaje común del consumidor, así como para plantear la utilidad y mercado objetivo (Barron & Amorós, 2020).

5.1.6.3.5 Dimensión Marca

Esta es la dimensión más débil, con la menor calificación dentro del rango, tanto en casos exitosos como fallidos.

Figura 49: MM de financiadores y casos, para dimensión 8. Marca.



La Figura 49 y Tabla 23 muestran que sólo un 40% de los casos exitosos y un 33% de los casos críticos se ubican en el rango.

Tabla 23: Dimensión 8. Marca-MM de casos vs. de financiadores.

	Casos exitosos			Casos críticos		
	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores	Con MM por encima de los financiadores	Con MM en rango de los financiadores	Con MM por debajo de los financiadores
Cant	3	2	0	3	5	7
%	60%	40%	0%	20%	33%	47%

Sin embargo, hay diferencias importantes en los casos por fuera de rango, pues el 60% de los casos exitosos se ubican por encima, frente a sólo un 20% de los casos críticos. Todos los casos exitosos ubican esta dimensión dentro del rango o por encima, mientras del lado de los críticos, esto sucede en el 53%. Un escenario de desarrollo de las capacidades en el marco del MM y posterior presentación a un financiador, daría por resultado que todos los casos exitosos podrían encontrar una evaluación favorable, aunque en condiciones de ineficiencia. Mientras tanto casi la mitad de los casos críticos recibiría una evaluación negativa.

La Tabla 24 presenta un resumen de las ocho dimensiones. Al comparar los resultados de los dos tipos de casos, se encuentra que los casos exitosos tendieron a definir los valores de MM dentro del rango de los financiadores, en seis de las ocho dimensiones. Por su parte los casos críticos tienen un mejor resultado que los exitosos en las dos dimensiones restantes, correspondientes a manufactura y calidad. Al hacer el balance, se interpreta que los casos exitosos manifiestan una ventaja respecto a los críticos, en seis de las ocho dimensiones, en las que los primeros mostraron MM dentro del rango de los financiadores con mayor frecuencia. Se entiende que esta mejor ubicación llevaría con probabilidad a evaluaciones más favorables, si se materializan los escenarios de desarrollo de las dimensiones en el marco de los MM. Sin embargo, la materialización o no de esta posibilidad es abordada en el aparte siguiente (numeral 0).

Tabla 24: Síntesis de comparación por dimensiones de MM.

Casos estudiados		Dimensión	Know-How	Manu-factura	Instalaciones	Calidad	Necesidades	Distribución	Comunicación	Marca
Casos exitosos	Con MM por encima de los financiadores	cant	0	2	1	2	0	0	0	3
		%	0%	40%	20%	40%	0%	0%	0%	60%
	Con MM en rango de los financiadores	cant	5	2	4	3	5	5	5	2
		%	100%	40%	80%	60%	100%	100%	100%	40%
	Con MM por debajo de los financiadores	cant	0	1	0	0	0	0	0	0
		%	0%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Casos críticos	Con MM por encima de los financiadores	cant	5	2	4	4	0	0	1	3
		%	33%	13%	27%	27%	0%	0%	7%	20%
	Con MM en rango de los financiadores	cant	10	13	10	11	8	11	10	5
		%	67%	87%	67%	73%	53%	73%	67%	33%
	Con MM por debajo de los financiadores	cant	0	0	1	0	7	4	4	7
		%	0%	0%	7%	0%	47%	27%	27%	47%

Se destacan las dimensiones *know-how* y necesidades. Mientras el 100% de los casos exitosos se ubica dentro del rango para estas dos dimensiones, los casos fallidos tienen valores menores de ubicación dentro del rango, del 67% y 53% respectivamente. Adicionalmente es visible que las cuatro dimensiones del mercado tienen un fuerte nivel de ubicación por debajo del rango, especialmente en las dimensiones necesidades y marca, con el 47% de los proyectos fuera del rango.

Respecto a los casos exitosos se destaca que, en la mitad de las dimensiones, todos los casos calificaron sus MM dentro del rango de los financiadores. Respecto a las otras cuatro dimensiones, aunque hubo algunos casos fuera de rango, se reconoce que predominan las valoraciones por encima del rango, respecto a las por debajo. Esta situación ubica a los casos exitosos con dimensiones fuera de rango en un escenario favorable de evaluación, aunque con uso ineficiente de recursos. En cambio, en los casos fallidos hay un ligero predominio de los valores por debajo de rango con respecto a los por encima, lo cual acarrea el riesgo de una evaluación desfavorable.

Proposición 6: proyectos con MM cercanos a MM de los financiadores, definen condiciones iniciales favorables para desarrollar capacidades, afines a las que esperan dichas fuentes de capital.

La proposición habla de condiciones iniciales, porque la relación causa-efecto se completa con una condición, que queda implícita: que los proyectos tienden a desarrollar las dimensiones de capacidad buscando completar el perfil definido en su MM. Por esta razón, esta proposición será transitoria, pues se limita a una descripción básica de generar condiciones iniciales, y no alcanza a cubrir toda la relación causa-efecto. Sin embargo, en el numeral 0, a continuación, el enunciado anterior servirá para darle soporte a una nueva proposición.

5.1.6.4 Favorabilidad de proyectos ante financiadores

Constructo: Los proyectos con mayor desarrollo en las dimensiones de capacidad, tienen mayores probabilidades de acceder a recursos financieros para las etapas finales.

Se compararon: (1) el perfil de capacidades de cada proyecto, antes de salir del VM, y (2) el MM de cada financiador. Con esta comparación se buscó identificar qué tan favorablemente sería evaluado el proyecto por el financiador, considerando sus ocho dimensiones de capacidades. Este análisis se hizo para cada combinación caso-evaluador, con el propósito de reconocer cuantas dimensiones serían evaluadas favorablemente, por estar desarrolladas en el nivel que el financiador espera, o en un grado superior. En este ejercicio, a manera de simulación de una evaluación financiera, se descartan variables de valoración diferentes a las dimensiones de capacidad.

Tabla 25: Resultados de evaluación de los proyectos por los financiadores, en rueda de negocios simulada.

Clasificación	Grupo	Caso	Fin #1	Fin #2	Fin #3	Fin #4	Fin #5	Fin #6	Fin #7	Fin #8
Exitosos		Agricultura	6	7	7	5	8	7	8	8
		Biomédico	5	6	6	5	8	7	8	8
		Transporte	6	7	7	7	8	7	8	8
		Biológicos	8	8	8	7	8	8	8	8
		Econocircular	6	7	7	6	8	7	7	7
Concurrente		Térmico	5	6	6	4	8	6	7	6
Críticos		Fertilizantes	5	6	6	5	7	7	8	8
		Cerámico	3	3	4	3	4	2	4	3
		Suelos	4	4	4	1	4	3	4	3
		Aguas	2	2	2	0	2	2	2	2
		Energético	3	4	4	1	6	5	6	4
	Univ. A	Hidrocarburo	2	4	4	2	5	5	6	6
		Vivienda	4	5	5	3	6	5	6	4
		Construcción	4	4	5	1	6	3	4	3
		Redes	3	3	3	2	4	4	4	4
		Materiales	2	2	2	1	4	4	4	4
	Univ. B	Nanomaterial	2	2	2	0	4	1	4	1
		Vestuario	2	2	2	0	3	3	4	3
		Sisinfo	2	3	3	0	2	1	3	1
		Refrigeración	0	1	1	0	1	1	2	2
		Ganadería	0	1	2	0	3	0	2	0

Se consideró que los proyectos que encontraron al menos un evaluador que califica favorablemente las ocho dimensiones, pasó favorablemente la evaluación y se convirtió en elegible como oportunidad de inversión. Estos cruces proyecto-evaluador que arrojaron una evaluación favorable se marcaron con un punto verde. Fueron señaladas con un punto amarillo las interacciones caso-financiador con una evaluación favorable de siete dimensiones. Con ello se indica que el proyecto va bien encaminado, faltándole solo una dimensión por desarrollar. La Tabla 25 resume estos análisis.

Se reconoce que el caso Biológicos sería evaluado favorablemente por siete de los ocho financiadores. Le siguen Agricultura, Biomédico y Transporte, que recibirían evaluaciones favorables por tres financiadores. También tendrían opciones Fertilizantes, con evaluación favorable de dos financiadores. Los casos Térmico y Economía Circular, serían

evaluados favorablemente por un financiador. Todos los demás casos no reciben una evaluación favorable, porque en todas las evaluaciones aprueban entre cero y seis dimensiones.

Se reconoce que los cinco casos exitosos, más el caso concurrente (Térmico), y uno de los casos críticos (Fertilizantes), encontrarían al menos un financiador que evaluaría favorablemente todas sus dimensiones. En los casos exitosos, esto lleva a confirmar que las dimensiones de capacidad están suficientemente desarrolladas, encontrando condiciones favorables en la evaluación financiera. Se aclara que esta ronda de financiación es simulada, pues en la práctica ya todos los casos exitosos han sido financiados, y no tendrían que ser presentados ante una fuente adicional. En cuanto al caso Térmico, se encuentra una favorabilidad en uno de los ocho fondos, lo cual puede ser una señal de tener algún potencial de salida eventual del VM. Esta favorabilidad es entendible, dado que este caso estuvo fuera del VM de forma transitoria, para lo cual debió desarrollar buena parte de sus dimensiones de capacidad, hasta un nivel atractivo para uno de los financiadores.

Como se mencionó previamente, Fertilizantes tiene probabilidades de migrar al grupo de casos exitosos, si se completan acuerdos de regalías, entre la empresa dispuesta a comercializar y la universidad. De otra parte, la evaluación simulada mostró que este caso podría recibir buena acogida por dos fondos de inversión, lo que significa que podría encontrar alternativas de financiación, si no se concretaran los acuerdos con la empresa interesada.

Se plantea una proposición, que recoge lo anterior:

Proposición 7: cuando un proyecto tiene sus dimensiones de capacidad en un nivel igual o mayor al MM del financiador que lo evalúa, tiene posibilidades de ser aprobado, para una eventual inversión.

Aún cabe otra comparación, de las capacidades desarrolladas en el proyecto, en relación con su propio MM, para explorar los casos en torno al *constructo: cada dimensión de capacidad del proyecto es desarrollada hasta alcanzar el nivel definido en el MM correspondiente a esa dimensión*. Al revisar las gráficas que representan el nivel de capacidades en cada caso (Figura 13 hasta Figura 41), se encuentran dos comportamientos diferentes.

Los casos críticos y el concurrente muestran, un patrón: En trece de los 16 casos, todas las dimensiones de capacidad reportan un desarrollo inferior o igual al valor en el MM del proyecto. También se identifica en siete de estos casos (Térmico, Cerámico, Materiales, Suelos, Vestuario, Redes, SisInfo) que el perfil de capacidades se acerca al MM, manteniéndose por debajo, como si el MM fuera un molde, que delimita hasta donde crece cada capacidad.

Tres casos constituyen excepciones: Fertilizantes, que se ha desarrollado cuatro capacidades por encima del MM, por la participación de un aliado, interesado en llevar el producto al mercado. Este proyecto tiene oportunidades de cambiar al grupo de proyectos exitosos, es decir, superar el VM. Esta posibilidad se materializará en tanto la universidad y la empresa perfeccionen acuerdos sobre participación en utilidades. Al cierre de este estudio, este asunto era objeto de discusión, y ambas partes confiaban en llegar a acuerdo. Por este motivo han adelantado algunas actividades de DNP, como pruebas y ajuste de procesos en escalas y condiciones de operación real.

El caso Hidrocarburos ha desarrollado una capacidad por encima del MM. El líder del proyecto explicó que esto se debe a que se cuenta con contactos con comercializadores, que han facilitado un desarrollo más rápido de la capacidad que desborda al MM. El caso Construcción presenta dos capacidades por encima del MM, que también se desarrollaron gracias a la interacción con un aliado.

En síntesis, en los casos críticos y el recurrente predomina un patrón: las capacidades han sido desarrolladas teniendo como referencia el perfil establecido en el MM de cada proyecto. Como se mencionó, el perfil de MM del proyecto actuó como molde, que delimita hasta donde desarrollar cada capacidad, con excepción de casos donde los aliados aportaron capacidades por fuera de dicho molde.

Previamente se planteó, en la proposición 6, *que proyectos con MM cercanos a MM de los financiadores, definen condiciones iniciales favorables para desarrollar capacidades, afines a las que esperan dichas fuentes de capital*. En este grupo se encuentra que los proyectos no tienen como referencia el MM de los financiadores, y posiblemente lo desconocen. En realidad, estos proyectos tienden a desarrollar las capacidades del proyecto basándose en su propio MM, como marco de referencia. Esto tiene sentido bajo la perspectiva de Kim (1998) y Senge (2010), quienes sostienen que, aunque los MM sean ideas no conscientes sobre el deber ser, delimitan las decisiones y acciones, que

en este análisis se dirigen al desarrollo de capacidades. Holland (1989) relaciona dichos MM con las reglas que determinan las acciones, y con los planes de acción.

En este grupo de 16 casos, se registran siete dimensiones de capacidad, distribuidas en tres proyectos, que superan la referencia del MM, con un nivel de capacidad mayor. En un grupo de 16 proyectos, cada uno con ocho dimensiones, esto significa que el patrón solo se rompió un 5,47% de las oportunidades. Estas excepciones se asocian a la interacción con terceros, que aportaron capacidades, eventualmente por fuera del MM del proyecto.

En los casos exitosos, el patrón es diferente. Se trata de proyectos que tras superar el VM, entran en fase preoperativa, para completar adecuaciones industriales y canales comerciales. Economía circular muestra una brecha de capacidad en cuatro dimensiones, faltantes para alcanzar el MM, aunque dichos faltantes son moderados, entre 10% y 20%. De otra parte, una dimensión rebasa al MM. Biológicos muestra capacidades superiores al MM en cuatro dimensiones, dos dimensiones donde la capacidad debe cubrir una brecha moderada, de 10%, y dos dimensiones donde el MM iguala a la capacidad. En estos casos se identifica un abandono gradual del MM como referencia del nivel de capacidades, para pasar a dominar las capacidades al 100%. Esta transición puede ser normal para la fase en la que se encuentran, pues superado el VM, se encuentran en el alistamiento preoperativo, previo a operar como unidades de negocios en el mercado. En otras palabras, los perfiles de estos casos representan un estado de transición, donde los proyectos, tras salir del VM, gradualmente cambian de marco de referencia. En las etapas posteriores al VM, su objetivo no es demostrar la oportunidad de innovación, sino que se concentran en el cumplimiento de capacidades para operar.

La diferencia entre los casos críticos más el recurrente, y los cinco exitosos, sugiere un cambio de marco de referencia para el desarrollo de capacidades. Para los proyectos en el VM, dicho marco es el MM del proyecto, explicitado como perfil mínimo requerido para completar la fase de demostración. En cambio, para los proyectos fuera del VM, el MM pierde vigencia y el nuevo marco es el nivel requerido para la operación futura, es decir, todas las capacidades en 100%.

En este trabajo, el interés se centra en lo que sucede **antes** de superar el VM, por lo cual se establece una proposición en torno a esta fase:

Proposición 8: Los proyectos en fase de demostración tienden a dirigir su desarrollo de capacidades buscando cubrir su perfil de MM, que se definió para completar dicha fase y cumplir con las condiciones de alistamiento para inversión.

5.1.7 MM y aprendizaje

Constructo: La interacción entre proyectos y financiadores propicia un aprendizaje, que se refleja en la modificación de los MM de los proyectos.

Se hizo esta indagación con los casos exitosos, bajo el entendimiento de que estos necesariamente tuvieron interacciones con financiadores. La Tabla 26 cuantifica el aprendizaje sobre los MM que reportaron estos casos. El aprendizaje para cada caso y dimensión corresponde al valor actual menos el valor inicial del MM del proyecto.

Tabla 26: Aprendizaje, medido como variación en MM.

Caso	1. Agricultura	2. Biomédico	3. Transporte	4. Biológicos	5. Econcircular
1. Know-How	▼ -50	▬ 0	▬ 0	▲ 25	▬ 0
2. Manufactura	▲ 50	▼ -50	▬ 0	▲ 25	▬ 0
3. Instalaciones	▲ 25	▬ 0	▬ 0	▲ 25	▬ 0
4. Calidad	▲ 50	▬ 0	▲ 25	▲ 25	▬ 0
5. Necesidades	▲ 50	▲ 55	▬ 0	▬ 0	▬ 0
6. Distribución	▬ 0	▬ 0	▲ 25	▬ 0	▬ 0
7. Comunicación	▬ 0	▬ 0	▲ 25	▬ 0	▬ 0
8. Marca	▬ 0	▬ 0	▬ 0	▬ 0	▬ 0
Variación total	225	105	75	100	0
	56%	30%	13%	15%	0%

Se esperaba encontrar sólo valores positivos. Antes de la indagación, se supuso que los aprendizajes aumentarían el valor concedido a cada dimensión. Sin embargo, la experiencia en dos casos llevó a reconocer que se habían sobrevalorado algunas dimensiones, advirtiendo que en realidad eran menos relevantes que su concepción a priori. Esto significó un aprendizaje en sentido negativo, de reducción en algunas dimensiones del MM.

Esta disminución se dio en Agricultura, pues durante el alistamiento preoperativo y la operación, se identificó que la capacidad *know-how* no requería estar tan madura como se había figurado al inicio del proyecto. En cambio, las dimensiones de manufactura, instalaciones, calidad y necesidades mostraron ser más relevantes de lo estimado. Algo parecido sucedió en el caso Biomédico. Al iniciar el proyecto se consideraba que la universidad debería hacer un fuerte desarrollo de la capacidad de manufactura, como requisito para salir al mercado. La experiencia demostró no requerirse dicha capacidad al interior, que podía ser suministrada por un aliado. En cambio, reconocieron que la dimensión necesidades, debía ser desarrollada en un nivel mucho mayor a lo que se consideró inicialmente.

En el caso Transporte, la experiencia llevó a reconocer la importancia de un mayor desarrollo en las capacidades de calidad, distribución y comunicación, en relación con la concepción inicial. En Biológicos hubo un aumento de las cuatro dimensiones técnicas del MM, como resultado del aprendizaje por la experiencia.

El entrevistado para el caso Economía Circular se abstuvo de estimar las variaciones en su MM, pues consideró que, al estar avanzando en el alistamiento preoperativo, aún se están recogiendo elementos de experiencia. Por ello consideró prematuro estimar un cambio de MM.

Soportado en las modificaciones a los MM en los casos sometidos a evaluación, y en propuestas en la literatura sobre como los MM se modifican tras experiencia (Kim, 1998; Holland, 1989), se plantea un constructo:

Proposición 9: la experiencia de los innovadores tratando de avanzar hacia instancias post-VM, modifica en parte sus MM.

Además de la búsqueda de financiadores, otras experiencias podrían desencadenar aprendizajes. Por este motivo, el constructo se plantea en términos de "experiencia", que cobija, pero no se limita al fogueo ante financiadores.

En el anexo 5 se encuentran los valores de MM inicial y actual para los casos estudiados, que son insumos para los resultados de la Tabla 26. Al final de la tabla se calculó la magnitud de la variación en el MM, para lo cual se suman los valores absolutos de cada componente. Este valor de variación es dividido a continuación por la suma de los valores del MM actual de cada proyecto. Así se obtuvo un porcentaje de variación, que indica que fracción del MM actual es resultado del aprendizaje, en cada caso.

La propiedad de aprendizaje que tienen los MM es promisorio para considerar mecanismos de superación del VM. Si los ajustes a los MM se pueden hacer oportunamente, se motiva un desarrollo de capacidades más adecuado. Esto implica que proyectos con dificultades para encontrar la financiación, puedan ajustarse a través de la modificación de MM. Los nuevos MM motivarían un reajuste de las capacidades en el proyecto, hasta materializar un perfil que cumpla mejor las expectativas de los financiadores. Esto implica que los proyectos pueden ejecutar ajustes adaptativos, lo cual se alinea con Raven & Geels (2010), quienes asocian la resolución del VM con procesos evolutivos cognitivos, en los que el aprendizaje juega un rol clave. Estos autores apuntan que el aprendizaje requiere *construir sentido*, en lo que participan constructos que ayudan a seleccionar, organizar e interpretar las señales. En este proceso cognitivo, se dan ciclos de aprendizaje de primer orden, relacionados con la acumulación de información; así como bucles eventuales de aprendizaje de segundo orden, que modifican los marcos cognitivos. Este proceso de construcción de sentido lleva a la evolución de reglas y marcos cognitivos, y se convierte en un mecanismo de selección, si se desarrolla a escala de aprendizajes colectivos.

5.1.8 Síntesis

El proceso desarrollado en el estudio de casos, orientado a la propuesta de una teoría explicativa, partió de un conjunto de constructos iniciales, soportados a partir de la literatura y previos a la exploración de los 21 casos, que se presentaron en la sección 0. La aplicación del estudio de casos contrastó dichos constructos frente a la realidad de los casos, para validarlos, ajustarlos o refutarlos. De esta forma, al finalizar el estudio de casos se obtuvo un grupo de proposiciones teóricas, resultantes de contrastar la teoría (constructos) con la realidad de los casos. La **Tabla 27** resume el planteamiento de las proposiciones de una nueva teoría, indicando cuáles fueron los constructos que se establecieron para cada factor, en dos momentos, antes de ser contrastados en el trabajo de campo y análisis de los casos, y las proposiciones finales, que se elaboraron a partir de la comparación.

Tabla 27: Relación entre constructos iniciales y proposiciones.

Factor	Constructos iniciales, previos a estudio de casos	Proposiciones, resultantes de estudio de casos
Talento humano	Un equipo con expertos y doctores en las áreas técnicas medulares del proyecto, facilita la superación del VM. Si el equipo cuenta con personas con experiencia empresarial o de gestión, se facilita la superación del VM.	P1: equipos interdisciplinarios contribuyen a desarrollar las capacidades del proyecto, en diversas dimensiones.
Alianzas	Los aliados industriales o comerciales facilitan la superación del VM. Los aliados investigativos facilitan la superación del VM.	P2: aliados industriales y comerciales contribuyen a desarrollar las capacidades del proyecto, en diversas dimensiones.
Apoyo del sistema de CTi	La financiación mediante instrumentos del sistema de CTi aporta a superar el VM. El suministro de servicios y recursos de apoyo de agentes del sistema de CTi, aporta a superar el VM.	No se estableció proposición.
Financiación	Los proyectos con mayor desarrollo en las dimensiones de capacidad, tienen mayores	P3: cuando un proyecto recibe recursos que le permiten completar su desarrollo y conformar

	probabilidades de acceder a recursos financieros para las etapas finales.	la capacidad de operación comercial, desencadena su salida del VM.
Instituciones	<p>Marcos normativos vigentes en el medio, inciden en la viabilidad de llevar los proyectos hacia fases finales de operación y comercialización.</p> <p>Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre el acceso a recursos y desarrollo de capacidades que requiere el proyecto de I+D+i.</p>	<p>P4: Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre la materialización de alianzas, para el proyecto de I+D+i.</p> <p>P5: Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre el acceso a recursos para el desarrollo de dimensiones de capacidad.</p>
MM	<p>Los proyectos con mayor desarrollo en las dimensiones de capacidad, tienen mayores probabilidades de acceder a recursos financieros para las etapas finales.</p> <p>La interacción entre proyectos y financiadores propicia un aprendizaje, que se refleja en la modificación de los MM de los proyectos.</p>	<p>P7: cuando un proyecto tiene sus dimensiones de capacidad en un nivel igual o mayor al MM del financiador que lo evalúa, tiene posibilidades de ser aprobado, para una eventual inversión.</p> <p>P8: Los proyectos en fase de demostración tienden a dirigir su desarrollo de capacidades buscando cubrir su perfil de MM, que se definió para completar dicha fase y cumplir con las condiciones de alistamiento para inversión.</p> <p>P9: la experiencia de los innovadores tratando de avanzar hacia instancias post-VM, modifica en parte sus MM.</p>

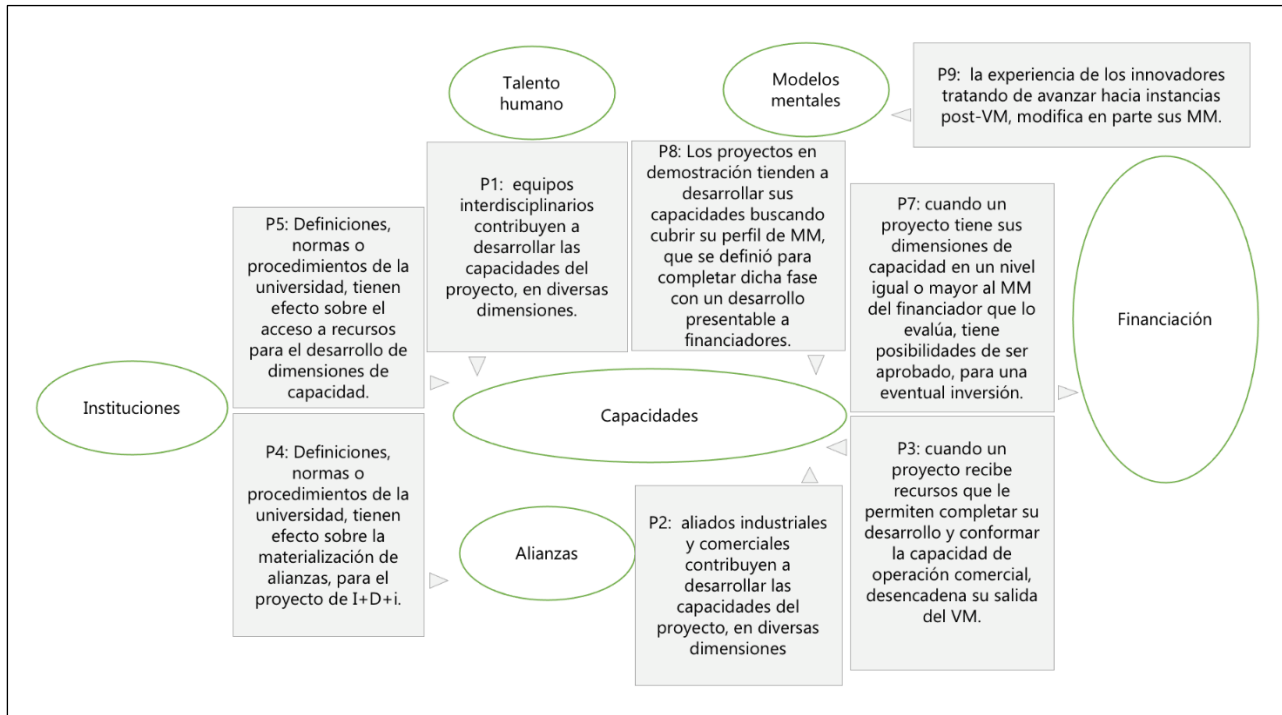
La Figura 50 sintetiza las proposiciones que se plantearon a partir del análisis transversal, considerando los factores definidos para este estudio. Se excluye la proposición 6, pues esta quedó integrada en la proposición 8.

Se resalta que todas las proposiciones presentadas en los recuadros de la Figura 50 expresan relaciones entre pares de factores, que corresponden a las formas ovaladas. Estas relaciones son:

- (P1) Talento Humano -> Capacidades
- (P2) Alianzas -> Capacidades
- (P3 y P7) Capacidades -> Financiación
- (P4) Instituciones -> Alianzas
- (P5) Instituciones -> Capacidades
- (P8) MM -> Capacidades
- (P9) Financiación -> MM

Se resalta una relación doble entre capacidades y financiación, descrita en las proposiciones P3 y P7. Cuando la condición en P3 no se cumple, el proyecto no accede a la financiación para avanzar hacia DNP, y en consecuencia se mantiene en el VM. Esta situación refleja lo que en la literatura se conoce como brecha de financiación. Estas relaciones sirven de insumo para el diseño del modelo de simulación.

Figura 50: Síntesis de proposiciones derivadas de los casos.



5.2 Modelado y simulación

5.2.1 Definición del paradigma de simulación

En el capítulo de definición del problema, se propuso, como es frecuente en la literatura del VM, que este fenómeno constituye un problema complejo. Esto dio pie para reconocer la necesidad de estudiar este fenómeno bajo la perspectiva de sistemas complejos. En parte, la complejidad es entendible por la amplia cantidad de factores que se muestran como partícipes en el problema del VM. Dichos factores dan lugar a un amplio espectro de interpretaciones y abordajes del VM, que fueron expuestos en la literatura. Posteriormente se hizo un levantamiento de factores incidentes en el VM, de acuerdo con la experiencia vivida en las universidades de Medellín. Aunque se identificaron 25 barreras, el análisis de información (en numeral 0) condujo a considerar siete barreras más representativas. Se reconoce que en el VM hay múltiples factores involucrados e interrelacionados, de acuerdo con dos fuentes: la literatura, que expone múltiples explicaciones fragmentarias y múltiples factores para explicar el VM; así como la identificación de múltiples barreras en las universidades abordadas para el trabajo de campo, que son factores de bloqueo en el VM. Estas razones llevan a reconocer que el VM merece una explicación de tipo sistémico.

La literatura describe brechas financieras, institucionales, de capacidades, de información, entre otras. A diferencia de la mirada convencional en la cual se reconoce fundamentalmente sólo una brecha financiera, a la revisión de conjunto en la literatura, mostró un fenómeno mucho más complejo, en el que se superponen e interactúan brechas de diversa índole. Esta situación lleva a recordar perspectivas de Ackoff (1999), quien plantea que algunas situaciones complejas identificables en la realidad corresponden a sistemas de problemas.

Ackoff (1999) plantea que cuando un problema sistémico, o sistema de problemas, se desagrega para abordar cada asunto individualmente, se pierden sus propiedades esenciales. Este argumento sirve para sustentar por qué el abordaje del VM como una brecha de financiación resulta insuficiente, y justifica su abordaje bajo una perspectiva

sistémica, que considere brechas en diferentes ámbitos, que concurren e interactúan. El autor agrega que los gerentes no encarar problemas independientes cada vez, sino que se enfrentan a sistemas complejos en los que, de forma dinámica, problemas cambiantes interactúan unos con otros. Por esto, un sistema no puede ser entendido como una suma de componentes, sino como el resultado de las interacciones entre dichos componentes.

Este argumento es clave en los sistemas complejos, en los que no se pueden entender comportamientos emergentes observando lo que sucede a los agentes individuales. En este trabajo, la mirada a agentes individuales es insuficiente para explicar cómo emerge la decisión que habilita la salida del VM: para el innovador no es claro como sucedió la decisión de financiar, pues ésta la toma el financiador. Para el financiador, no es evidente como maduró el proyecto, cerrando la brecha de capacidades hasta cumplir condiciones de calidad para la inversión.

Una característica de los sistemas complejos es la emergencia. Esto es refrendado por Beard et al. (2009), así como Jucevicius et al. (2016), quienes reconocen que el VM, entendido como brecha de financiación, es un fenómeno que emerge. La emergencia sucede cuando surge o se revela un estado en el sistema, a partir de las interacciones complejas entre agentes, en la ausencia de una intención previa compartida entre ellos (Stacey, 1995).

En el análisis para entender lo que sucede en el VM, se identifica un momento clave, correspondiente al evento de interacción entre el proyecto y el financiador: El proyecto es evaluado, verificando si su perfil de capacidades es suficiente para satisfacer las expectativas del financiador. El hecho de que el nivel de superación del VM sea reducido, implica que los proyectos no llegan a la evaluación, o se presentan y son rechazados. En el segundo caso, si el rechazo está asociado a que el proyecto no cumple expectativas de calidad para la inversión, significa que hay una brecha de capacidades, de acuerdo con el marco de análisis adoptado. La brecha de capacidades motiva una evaluación desfavorable, conducente a la decisión de no financiar. Así se materializa la brecha de financiación, como consecuencia de la brecha de capacidades. La decisión de no financiar impide que se siga avanzando en el desarrollo de las capacidades del proyecto. Esto significa que, entre la brecha de capacidades y la brecha de financiación, se establece un círculo vicioso. Este círculo vicioso fue advertido en la identificación barreras a la innovación y sus relaciones causales, resumidas en la Tabla 12, donde se encontró una relación bidireccional entre el no dominio de las dimensiones y la falta de financiación. Esta relación bidireccional también se representó en la Figura 50, mediante una doble asociación entre capacidades y financiación, explicada con las proposiciones P3 y P7.

La superación del VM requiere romper el círculo vicioso. Esta ruptura se da en un proyecto si ocurre un evento de interacción, en el que el proyecto ha elevado lo suficiente su perfil de capacidades, y el financiador toma una decisión favorable. Este evento puede calificarse como emergente, porque sólo es posible en virtud de la interacción entre el proyecto y el financiador. Adicionalmente, la emergencia no es reconocible a partir de la información individual de uno de los dos agentes. La información no disponible para cada una de las partes, pero que incide en el evento de emergencia, es lo que suscita que el sistema sea visto como complejo para cada tipo de agente.

Teece (2018) identifica una condición afín entre el concepto de capacidades y el marco de análisis de los sistemas, dado que en ambos se adopta una visión holística, en la cual los elementos de una organización se alinean. A la vez, el aprendizaje juega un rol significativo para la adaptación. Sin embargo, advierte que, en la teoría de sistemas, se puede plantear la homogeneidad entre sistemas similares. En cambio, en las capacidades se dan condiciones de heterogeneidad, debido a los cambios en recursos, capacidades y estrategias entre una organización a otra. Esto da pie a considerar las capacidades bajo marcos de análisis de sistemas bajo condiciones de heterogeneidad.

Lo anterior permite una primera definición de características, que debe considerar el modelo a desarrollar:

- Complejidad: con comportamientos que emergen de la interacción de las partes (subsistemas, o agentes).
- Comportamiento a escala micro: la unidad de análisis es el proyecto individual, que además corresponde a la unidad de análisis en los casos. En el planteamiento del problema se justificó por qué hacer este estudio utilizando la escala de los proyectos, en lugar de otras más agregada.
- Heterogeneidad: cada proyecto tiene un perfil propio de capacidades, que es relevante para determinar qué tan apto es para que sea considerado como la base de un nuevo negocio. En otras palabras, las características de heterogeneidad en las capacidades del proyecto son relevantes para entender en parte el evento de salida

del VM. Si se modelan los proyectos sin esta heterogeneidad, o si se tratan agregados, se pierden estos detalles necesarios para el entendimiento pleno del fenómeno.

- Emergencia a escala micro: modelos de sistemas que representan comportamientos agregados pueden mostrar comportamientos emergentes en dicha escala. Sin embargo, para el problema específico, los eventos emergentes se desencadenan en la escala del proyecto individual, en interacción con el financiador individual. De dicha interacción emerge ocasionalmente una decisión de financiar el proyecto, para que complete las capacidades que le faltan hasta entrar en operación. Esta decisión implica la resolución concurrente de las brechas financiera y de capacidades. Tras representar la emergencia a esta escala, es posible agregarla, obteniendo un comportamiento a escala de portafolio de proyectos, o de universidad.

Otra característica presente en el problema estudiado y que tiene implicaciones para definir el tipo de modelo de sistema, corresponde a la propiedad de aprendizaje de los agentes involucrados en el VM: Raven & Geels (2010) describen un aprendizaje basado en la experiencia o "*probe and learn*". Este proceso ayuda a superar las brechas propias del VM. Dicho aprendizaje se da en virtud de marcos cognitivos, susceptibles de caracterizar como los MM con los cuales los agentes interpretan información, desencadenando bucles de aprendizaje de primer orden, y ciclos de aprendizaje de segundo orden, bajo los cuáles se modifican los MM.

En el ciclo de aprendizaje de Kim (1998), los individuos aprenden cambiando sus creencias, las cuales son codificadas en los MM. Esto significa que los MM no son estáticos, sino que están sujetos a evoluciones cognitivas, como plantean Raven & Geels (2010). Los ciclos de prueba y aprendizaje son interpretados por Kim como procesos adaptativos de los MM. En ellos se evalúan los resultados a partir de la experiencia. Esto lo desencadena un agente cuando compara los pronósticos que hizo respecto al desenlace esperado de una acción, y que fueron desarrollados utilizando el MM, contra los resultados reales. La identificación de una diferencia conduce a modificar los MM.

Las consideraciones anteriores fueron validadas por los estudios de caso. En el numeral 0 se revisaron los proyectos exitosos, de los que sabe que tuvieron interacciones con financiadores y se indagó si modificaron sus MM). Se validó que hubo un ajuste en los MM, dentro de un proceso de aprendizaje basado en la experiencia. La consideración del aprendizaje, en forma de modificaciones en los MM, constituye una consideración adicional del tipo de sistema y del modelo a desarrollar.

Se está abordando un sistema con condiciones de complejidad, emergencia y heterogeneidad. Además, ciertos agentes del sistema se adaptan mediante aprendizaje. Todo esto remite al concepto de sistemas complejos adaptativos, definidos por Holland (2006) como sistemas con múltiples componentes, que a medida que interactúan se adaptan y aprenden. Reconoce el autor algunas características de los sistemas adaptativos complejos:

- Pueden tener una gran cantidad de componentes, usualmente reconocidos como agentes.
- Los agentes actúan en paralelo, interactuando entre ellos mediante el envío y la recepción de señales.
- Los agentes actúan a partir de las señales que reciben, las cuales son procesadas a partir de estructuras de condiciones (por ejemplo, tipo *if/then*).
- El comportamiento de los agentes es modular. Para cada tipo de agente existen reglas que se combinan para actuar como subrutinas. Esto significa que el comportamiento del sistema está dado por los módulos de reglas bajo las cuales actúan los agentes, ya sea para desarrollarse o para interactuar con otros.
- Los agentes cambian sus características en el tiempo, en procesos que pueden entenderse como adaptación o evolución. Los cambios no son aleatorios, sino intencionales, buscando mejorar su desempeño.

La adaptación se desarrolla a través de reglas de descubrimiento: para Holland, las reglas son utilizadas por los agentes a manera de hipótesis respecto a su ambiente, utilizadas para hacer pronósticos y definir acciones. A medida que se desarrollan los eventos, dichas reglas pueden ser confirmadas o refutadas, lo cual lleva a reforzar la regla, o a debilitarla y modificarla. Así se materializa la característica adaptativa de este tipo de sistemas.

Holland et al. (1989) relacionan explícitamente los MM con las reglas de decisión de los agentes en el sistema. Dichas reglas describen transiciones en el entorno, basadas en que, si se cumplen ciertas condiciones, entonces determinadas acciones de cambio deben tener lugar. Así, los MM y las reglas son una base para determinar acciones de cambio, pero también para predecir eventos posibles. Esto es aplicable para el problema abordado, donde los MM hacen parte de las variables de estado de dos tipos de agentes, los proyectos y los financiadores. Los proyectos utilizan sus MM para pronosticar que al elevar sus capacidades hasta determinado perfil, será probable obtener financiación. Así el MM desencadena reglas de pronóstico y de acción. Por su parte, los financiadores utilizan sus MM para reconocer si un proyecto constituye una oportunidad de inversión madura, pronosticando su potencial de éxito y desencadenando una acción de aprobación en la evaluación favorable, lo que puede involucrar la aprobación de recursos para que el proyecto complete las etapas finales.

Al tratarse de una propiedad adaptativa, Holland (1992) indica que estos sistemas también exhiben comportamientos agregados, que son susceptibles de ser modificados. Para ello se debe entender cómo se genera la emergencia, a partir de las interacciones entre las partes. Interpretando el comportamiento de proyectos y financiadores y su incidencia en la modificación de MM, se identifica que el aprendizaje tiene efectos sobre los comportamientos emergentes. En consecuencia, la perspectiva de Holland es propicia para reconocer estrategias de mejora en el comportamiento agregado, a través del aprendizaje que modifica los MM.

Recogiendo lo anterior, el sistema muestra características de complejidad y adaptabilidad a través del aprendizaje sobre los MM del proyecto. Esto significa que el sistema puede abordarse como una versión básica de sistema complejo adaptativo. Por precaución, se habla de versión básica, porque en él interactúan múltiples agentes, los proyectos, financiadores y aliados. Estrictamente hablando, todos ellos tienen MM, con los cuales actúan y que eventualmente se modifican. Sin embargo, al abordar el estudio de casos, se recogió información de los MM de los financiadores y de los proyectos. No se estudiaron los MM de los aliados o las universidades, para evitar un abordaje demasiado complejo. Adicionalmente, se indagó cómo se modificaron los MM de los proyectos, descartando las variaciones en los MM de los financiadores, para simplificar el estudio de casos y la estructura del sistema a modelar. En consecuencia, estos últimos MM son representados como constantes, aún en un entorno de sistemas adaptativos.

Tabla 28: Criterios para selección de paradigma de modelamiento de sistemas.

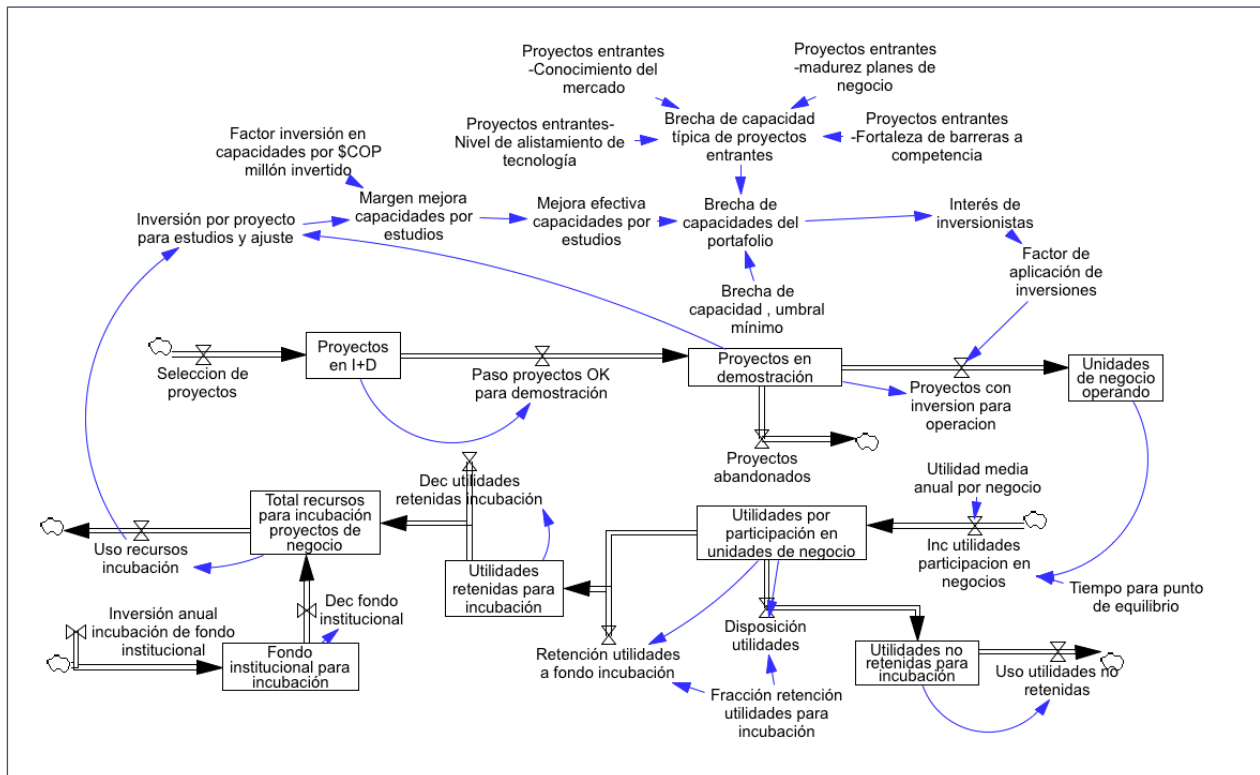
Requerimientos del modelo	En DS	En MBA
Se comporta como sistema complejo	Sí	Sí
Expone comportamientos emergentes a escala individual	No	Sí
Expone comportamientos emergentes agregados	Sí	Sí
Manejo de múltiples tipos de agentes, actuando en paralelo	No	Sí
Considera heterogeneidad de los agentes	No	Sí
Cambios desencadenados por relacionamiento entre agentes	No	Sí
Representa los MM, para incidir en comportamiento del sistema	En estructura del sistema	En reglas de los agentes
Viabilidad de representar ajustes en los MM	Sí	Sí

Tras reconocer las características del sistema a modelar, resta validar si los paradigmas de modelaje bajo DS o MBA, pueden cumplir con las características definidas. La Tabla 28 resume criterios para ello.

La comparación no se limitó al ámbito conceptual. Como parte de un proceso exploratorio para evaluar la aplicabilidad de las opciones de DS y MBA, se construyó una versión inicial de modelos de simulación bajo ambos enfoques. Es esta forma, pudieron cotejarse las dos opciones, a partir de la experiencia. La Figura 51 presenta el modelo desarrollado bajo DS, en Vensim. Este modelo se centró en reconocer cómo evolucionan, a través de flujos, proyectos de una fase de demostración, hacia una etapa posterior, donde hay unidades de negocio operando. Cada fase es un stock de proyectos y el paso de una etapa a otra es un flujo, controlado por la inversión asignada a proyectos, para pasar a DNP y operación. El flujo corresponde al evento de superación del VM.

La decisión de pasar un proyecto de un stock a otro depende del interés de los inversionistas, que a vez es controlada por una revisión que éstos hacen entre una brecha de capacidades esperada (que representa el MM del financiador), y el resultado de la mejora de dichas capacidades, lo cual se logra al aplicar recursos del presupuesto de las universidades. A mayor aplicación de recursos, mejoran las capacidades del proyecto, haciendo que la brecha de capacidad se reduzca, y aumentando el interés de los inversionistas. Si la brecha de capacidad es alta, los inversionistas no financian y pocos proyectos (o ninguno) superan el VM. Con una brecha reducida, los inversionistas sacan más proyectos del VM, que pasan a ser unidades de negocio operando.

Figura 51: Modelo de prueba, con representación del problema en dinámicas de sistemas.



Este modelo fue de prueba. Su propósito no fue correr una simulación que reprodujera comportamientos precisos, sino reconocer hasta donde se podría llegar por esta vía. El elemento central modelado fue el flujo que conduce a la superación del VM, y los parámetros que lo controlan. Por este motivo, este modelo consideró financiación, capacidades (sin dimensiones), el MM del financiador (representado como brecha de capacidad mínima aceptable). También se modeló un primer acercamiento a factores institucionales de la universidad, correspondiente a las reglas para definir un fondo de recursos, la retención de utilidades de la universidad para reinvertir en el portafolio de proyectos, y la asignación de recursos para acciones que incrementen las capacidades de los proyectos. Durante la prueba, no se incluyó el talento humano, que se consideró como inmerso en las capacidades, aliados, ni modelos de mentales de los innovadores, aunque sí los MM de los financiadores.

La Figura 52 y Figura 53 muestran los resultados de una simulación con el modelo, donde la brecha de capacidades disminuye, como consecuencia de la inversión de recursos en estudios. Esta reducción hace que el interés de inversionistas vaya en aumento, y por este motivo, gradualmente van saliendo proyectos del VM.

Este modelo no fue calibrado. Se abandonó tras pruebas de escritorio, en las que se identificaron limitaciones:

En el modelo se representó un conjunto de proyectos, que avanzan a través de los flujos, de un estado (*stock*) inicial en demostración, hasta otro en operación, después del VM. Si bien se modeló un flujo de un estado a otro, la forma como se representó implica que los proyectos son homogéneos, como si las dimensiones de capacidad fueran uniformes, y se desarrollaran al unísono. En un portafolio de proyectos homogéneos, cuando el inversionista toma la decisión de invertir, seleccionaría aleatoriamente cualquier proyecto, porque todos son iguales. Esto es consecuencia de las características de este paradigma, donde los *stocks* agregan elementos no diferenciados. Esta forma de representar el sistema real puede ser adecuada si se trabaja a escala agregada, como los antecedentes de la literatura donde se aborda el VM a escala de sistemas regionales, sectores, países, entre otros.

Figura 52: Brecha de capacidades del portafolio (arriba) e interés de inversionistas (abajo).

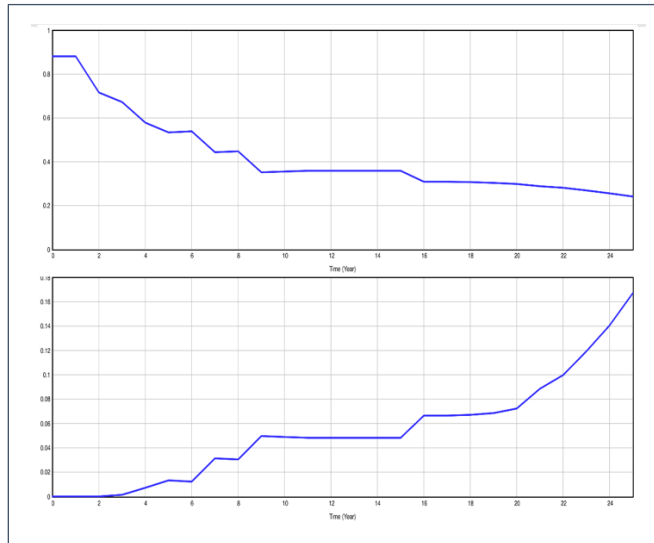
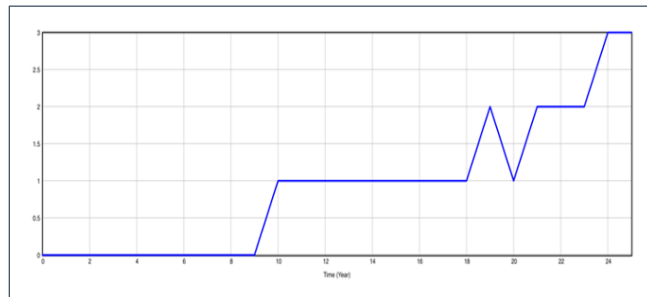


Figura 53: Flujo de proyectos que reciben financiación para operación (y superan VM).



La decisión favorable del financiador hacia un proyecto corresponde a un evento emergente en el ámbito del proyecto individual, el financiador individual y su interacción. Por ello se reconoció que es más adecuado modelar este evento sistémico bajo MBA. Este paradigma opera directamente en la escala micro (el proyecto individual), y el comportamiento agregado (el portafolio de proyectos) emerge de la interacción de agentes en el sistema.

También se desarrolló un modelo de prueba bajo el paradigma de agentes¹⁴, que permitió comparar y verificar el modelamiento de proyectos heterogéneos. La prueba de los dos modelos confirmó la viabilidad de considerar la heterogeneidad bajo este paradigma. También se descubrió que al usar una plataforma de MBA, se tiene la ventaja de contar con información del estado individual de cada proyecto, lo que ayuda a interpretar y reconocer las condiciones de selección que se vuelven favorables para superar el VM. En otras palabras, se validó que el modelamiento de una emergencia a escala del proyecto individual aparece más natural dentro del paradigma MBA, justamente porque al basarse en la interacción entre agentes, manifiesta cambios en forma de eventos emergentes.

Una última ventaja que aportó este paradigma es la interacción entre agentes a través de vínculos, que implica la posibilidad de que dos agentes sólo interactúen si previamente están vinculados. Esta es una condición propia de la realidad del problema a modelar, donde las interacciones no son automáticas, ni generales, sino que se dan en el marco de alianzas entre un proyecto dado y una empresa con la que existe un vínculo previo.

Tanto la comparación de criterios, resumida en la Tabla 28, como las pruebas realizadas con modelos básicos construidos en entornos informáticos de simulación bajo ambos paradigmas, coincidieron en mostrar que la ruta de los agentes constituye la opción a tomar para la construcción del modelo de simulación. Los comportamientos emergentes a modelar, pueden representarse mejor mediante las interacciones entre agentes en la escala micro. Además, se pueden considerar características heterogéneas y vínculos entre agentes. Por estas razones, se validó la favorabilidad de usar MBA para desarrollar el modelo de simulación con el que se debe concluir este trabajo.

Para la conceptualización y diseño del modelo de sistema bajo MBA se aplica el protocolo *Overview, Design concepts, Details (ODD)* propuesto por Grimm et al. (2010), como referente para la documentación de estos modelos. En los detalles se agregan consideraciones para desarrollar análisis a través de simulaciones, mediante el modelo.

5.2.1.1 Mirada general

5.2.1.1.1 Propósito del modelo

El modelo presenta el tránsito de proyectos de I+D+i a lo largo de la fase de demostración, y su eventual salida hacia DNP. Se considera que los proyectos que permanecen en fase de demostración se encuentran en el VM. Los proyectos que lo superan se han beneficiado con la decisión de un financiador que le suministra recursos para completar las capacidades que necesita. Esto los lleva a etapas de DNP y posterior puesta en operación.

El paso de demostración a DNP involucra la consideración de un evento que se da a través de la interacción de dos agentes, un proyecto de I+D+i y un financiador. Este evento corresponde a la evaluación favorable de un proyecto por parte del financiador y subsiguiente decisión de costearlo. Este suceso se desencadena en el marco de una interacción, de la que se derivan las acciones de superación del VM, como comportamiento emergente.

En la fase de demostración, los proyectos interactúan con el entorno que constituye su universidad, la cual define factores institucionales que inciden en la velocidad a la cual los proyectos pueden avanzar hacia el final de la demostración. Empresas con capacidades propias, dentro del conjunto de dimensiones definidas por Danneels (2002), también hacen parte del entorno. Eventualmente pueden desencadenarse alianzas entre el proyecto y una de estas empresas convirtiéndose en un agente aliado.

Los proyectos pueden avanzar en su nivel de capacidades por varias vías. Una de ellas se da como un proceso interno de desarrollo, siguiendo el ciclo de vida de las capacidades de Hottenrott & Peters (2002). Para ello se requiere contar con recursos financieros que suministra la universidad, en el marco de sus criterios y programas. También se obtienen capacidades aportadas por los aliados. Al contar con un nivel de capacidades intermedio, pero que el proyecto considere suficiente para ser interesante a un inversionista, el proyecto iniciará un acercamiento a

¹⁴ Dado que fue evaluado favorablemente el paradigma de agentes para completar el diseño del modelo, la versión de prueba evolucionó hasta llegar a la versión final, que se presenta en el capítulo siguiente.

eventuales financiadores. El financiador, tras conocer el nivel de desarrollo de las capacidades, podrá aceptar o rechazar dicha oportunidad de inversión.

5.2.1.1.2 Entidades, variables de estado y escalas

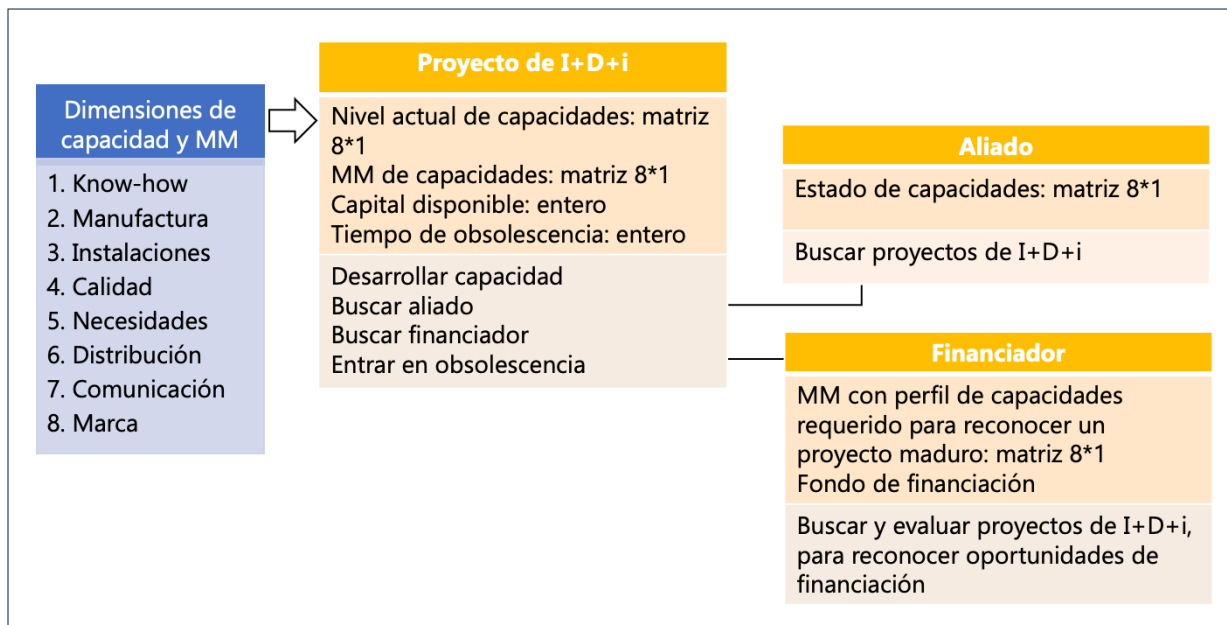
En el cumplimiento de los eventos descritos en el propósito del modelo, se involucran tres agentes: el proyecto, el aliado y el financiador. La oficina de gestión de I+D de la universidad también fue representada como un cuarto agente, para facilitar el modelado de la interacción entre universidades y proyectos, usando vínculos entre agentes.

La Figura 54 presenta las entidades principales del modelo.

La entidad principal del modelo es el proyecto de I+D+i, entendido como un conjunto de recursos y capacidades que se van estructurando, coordinando y desarrollando, hasta madurar como oportunidad de innovación. Esto significa que el equipo de innovadores que participa en el desarrollo del proyecto hace parte de dicho conjunto, quedando integrado en el agente proyecto.

El **proyecto** cuenta con ocho dimensiones de capacidad, de acuerdo con Danneels (2002): cuatro tecnológicas, que corresponden a capacidad de diseño e ingeniería (*know-how*), de manufactura, de acceder y usar planta y equipo, de asegurar la calidad; más cuatro capacidades de mercado, consistentes en entender las necesidades y procesos del consumidor, acceder a canales de ventas y distribución, acceder a canales de comunicación con clientes, y gestionar marca y reputación. Un vector de ocho dimensiones establece el nivel de desarrollo de cada capacidad.

Figura 54: Entidades, variables de estado y escalas.



También tiene un MM que determina el nivel de capacidad requerido en cada una de las ocho dimensiones, a juicio del líder del proyecto. El MM sirve de referencia para decidir qué dimensiones de capacidad deben desarrollarse. Un proceso central en la dinámica del modelo es el desarrollo de las dimensiones, buscando completar el perfil definido por el MM.

Cada dimensión de capacidad, y cada dimensión de MM tendrán valores entre 0 (ningún desarrollo) y 5 (capacidad madura para soportar la ejecución de procesos y actividades en fase de operación). Se establece una capacidad técnica, que integra las cuatro dimensiones tecnológicas, y su magnitud se calcula sumando los valores de las cuatro

componentes. En consecuencia, su magnitud será entre 0 y 20. De forma equivalente, la capacidad de mercado integra las cuatro dimensiones correspondientes, teniendo también un valor de suma entre 0 y 20.

Colombo & Piva (2008) sostienen que, en proyectos de alta complejidad tecnológica, es usual que sus capacidades correspondan a las habilidades y conocimiento del equipo de proyecto. Tomando esa idea, tanto las dimensiones de capacidad, como del MM, son componentes resultantes del talento humano integrado al proyecto.

También se tiene como agente a un **aliado**, que corresponde a una estructura diferente al proyecto. El aliado puede aportar recursos y capacidades complementarias al proyecto, en cuyo caso acelera el alcanzar el conjunto de capacidades necesarios para completar el proyecto de innovación. El aliado en este modelo puede ser una dependencia de las universidades, por ejemplo, la oficina de transferencia de tecnología u otra dependencia. También puede ser organización externa a la universidad, es decir, un tercero. Las variables de estado del aliado son un mapa de capacidades, con las mismas ocho dimensiones que el proyecto.

El financiador es el tercer tipo de agente. Bajo ciertas condiciones de madurez en las capacidades del proyecto, el financiador decide asignarle los recursos para pasar a las etapas finales de DNP. Cuando esto sucede, se desencadenan los eventos emergentes, bajo los cuales el proyecto que recibió los recursos supera el VM.

El **financiador** tiene como variable de estado un MM, que aplica para reconocer los proyectos que pueden constituir una oportunidad de innovación. El MM es comparado contra el estado de desarrollo de las capacidades del proyecto. Así reconoce si un proyecto está suficientemente maduro, para considerarlo como oportunidad de inversión. En el modelo se considera que este agente no tiene recursos de inversión limitados. Así, al decidir el apoyo a un proyecto, puede conseguir el capital que necesita en el mercado, si hiciera falta. La consideración de no límite se estableció para concentrar el desarrollo y análisis del modelo en el comportamiento de la demanda, es decir, del proyecto, y no en el lado de la oferta financiera.

La **oficina de gestión de I+D** de la universidad fue representada como un agente, para facilitar el modelado de la interacción entre universidad y proyecto. Estrictamente, la universidad y sus dependencias pueden concebirse como elementos del entorno con el que interactúa el proyecto. Sin embargo, se optó por usar un agente, lo que permite codificar las interacciones entre proyecto y universidad, mediante vínculos entre agentes. Esto abre la posibilidad de representar en el modelo varias universidades, o varias oficinas de gestión de I+D en una misma universidad. Sin embargo, en este trabajo se usó una sola oficina, simulando así el comportamiento de un solo portafolio de proyectos. En casos de universidades grandes, con varias oficinas de gestión de I+D, o si se quisiera modelar varias universidades en simultáneo, se podrá recurrir a varios agentes de este tipo en una sola instancia de simulación.

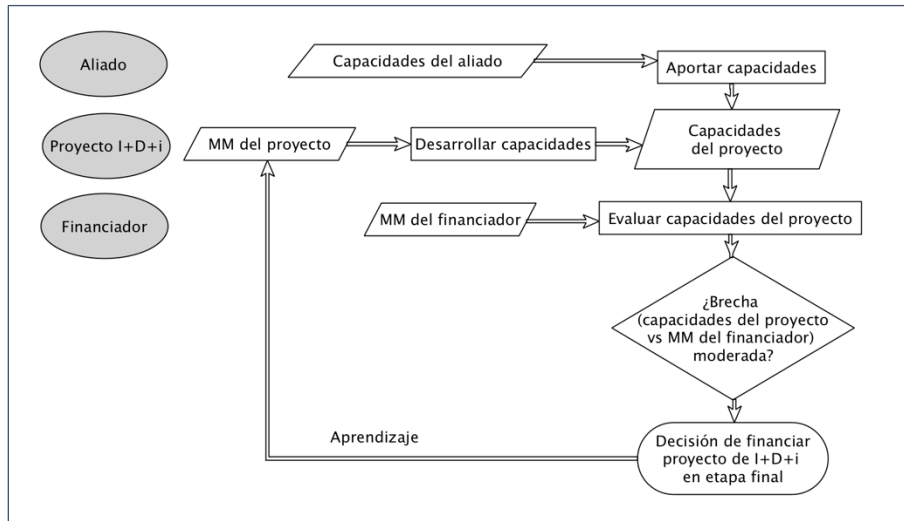
5.2.1.1.3 Unidad de tiempo

Cada periodo será de un semestre, dado que es una unidad de tiempo utilizada por las universidades y por sus grupos de investigación para planear y gestionar actividades. Por ello, el semestre fue identificado como una unidad de tiempo natural para el modelo.

5.2.1.1.4 Resumen y planificación de procesos del modelo

La Figura 55 presenta los procesos principales, ejecutados por tres agentes: proyectos, aliados y financiadores.

Figura 55: Procesos que involucran capacidades y MM.



Los procesos que ejecuta el proyecto de I+D+i, como objeto del modelo, son:

Desarrollar las capacidades, usando el MM como referencia o límite. En este proceso, el MM actúa como *set-point* multidimensional. Los recursos que suministra la oficina de I+D, se utilizar para ejecutar las actividades que llevan al incremento de capacidades del proyecto. En cada periodo de simulación, el proyecto evalúa su perfil de capacidades contra su MM, y da un paso en desarrollar una capacidad en brecha. El motivo que justifica este esfuerzo es que se considera que, si el proyecto completa el perfil de capacidades establecido en su MM, es probable que sea atractivo para un inversionista o empresario, dispuesto a financiar lo que falta para alcanzar la capacidad de operación de una nueva unidad de negocios.

El proyecto ejecuta búsqueda de aliados, que permitan acceder a las capacidades que faltan para completar su perfil de capacidades.

También ejecuta una búsqueda de financiadores externos, que podrían asignarle recursos para pasar a DNP y etapas posteriores de operación industrial y comercial. En el modelo, el proyecto inicia la búsqueda de financiadores cuando considera que ya ha desarrollado las capacidades, de acuerdo con el MM.

Cuando el proyecto es evaluado y rechazado por el financiador, se activa un proceso de aprendizaje, a partir de la experiencia que constituyó la interacción. El revés sufrido por la evaluación desfavorable, indica que el MM del proyecto no fue adecuado para lo que se esperaba, es decir, para determinar qué capacidades desarrollar para obtener el visto bueno del inversionista. Esta revisión lleva a modificar el MM del proyecto, lo que corresponde a un aprendizaje por inducción (Holland, 1989), donde el proyecto reconoce que su comprensión es inadecuada, y desencadena un ajuste.

El proyecto está sometido a un riesgo de obsolescencia. Esta condición fue modelada con un proceso que revisa si el proyecto tiene un tiempo de vida superior a un máximo, establecido para cada proyecto. Si es afirmativo, el proyecto será abandonado y no recibirá recursos en adelante, quedando como un proyecto que sucumbe en el VM.

El financidor ejecuta dos procesos. El primero es la búsqueda y evaluación de oportunidades de financiación. Cuando interactúa con un proyecto, revisa sus dimensiones de capacidades y las compara contra el MM propio. Si las capacidades están desarrolladas en el nivel mínimo que el financiador considera en su MM, o si lo han superado, tomará la decisión de asignarle recursos al proyecto, para financiar las etapas finales, y llevarlo a operación comercial. Pero, si al menos una dimensión está infra-desarrollada respecto al MM de financiador, se declina la oportunidad de inversión, lo que implica que el proyecto permanece en el VM. Un segundo proceso es la financiación del proyecto

hacia la etapa final. Cuando el financiador aplica dicha financiación, hace que el proyecto se retire de la fase de demostración y se dirija hacia DNP.

Los aliados participan en dos procesos: búsqueda de proyectos con los cuales puedan complementarse, sumando capacidades. Tras definir un proyecto con el cual aliarse, ejecuta un proceso de transferencia de capacidades al proyecto. De esa manera el proyecto empezará a utilizar las capacidades que le ofrece el aliado. Esta integración de capacidades se basa en Madhok & Tallman (1998), Eisenhardt & Martin (2000), Auerswald & Branscomb (2008).

La oficina de gestión de I+D inicia cada periodo con un presupuesto asignado, que divide en dos partes: una para financiar actividades de I+D, para que los proyectos avancen en la dimensión *know-how*. La otra parte del presupuesto se destina a ACTI diferentes a I+D, que ayudan a elevar el nivel de capacidades en las siete dimensiones de capacidad diferentes a *know-how*. Tras separar este presupuesto, la dependencia recibe solicitudes de apoyo presupuestal de los proyectos y les asigna recursos, hasta agotar los fondos disponibles.

Algunos autores del VM han determinado que los tiempos requeridos para superarlo, suelen ser extensos:

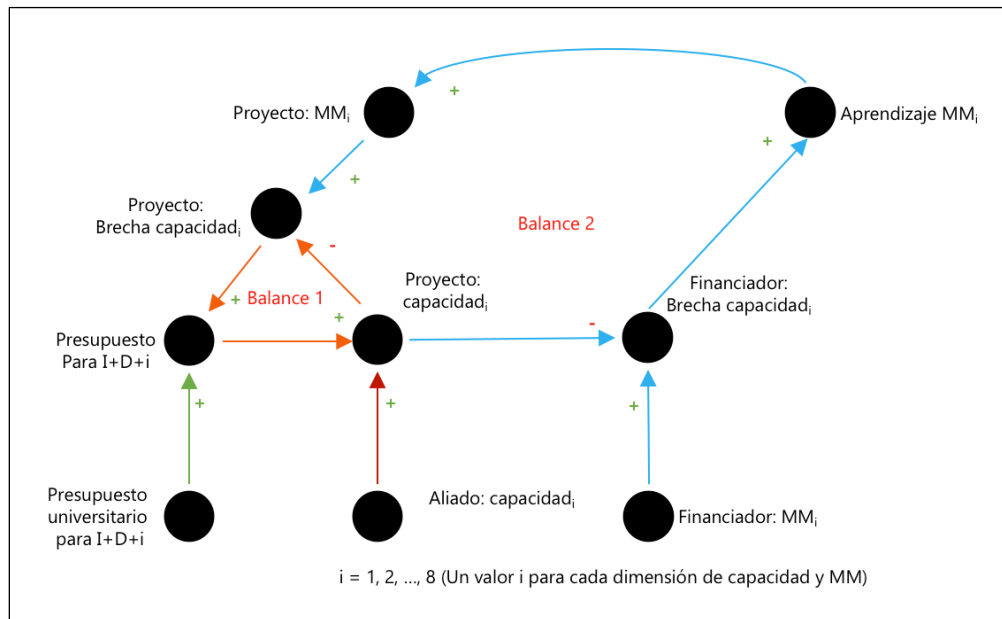
- Auerswald & Branscomb (2003), hacen una estimación de una década, considerando que este marco de tiempo facilita la disminución de incertidumbres de mercado y tecnológicas, necesarias para una evaluación favorable de inversionistas.
- Raven & Geels (2010, p.87) presentan, como un dato conocido y aceptado, que el lapso desde la invención a la innovación, suele ser varias décadas en el caso de innovaciones radicales, y presentan ejemplos de innovaciones y sus tiempos para superar el VM, siendo desde dos años para el transistor, hasta 42 años para los detergentes sintéticos. En un trabajo posterior, Walrave & Raven (2016) exploran comportamientos de sistemas de innovación usando DS, y corren experimentos que comprenden tiempos de 10 a 15 años. Argumentan que este tiempo constituye una estimación media del tiempo en el VM.

5.2.1.1.5 Diagramas de representación del modelo

Los diagramas causales son usados frecuentemente para representar modelos de sistemas. Su amplia aceptación facilita la comunicación de este tipo de modelos. Por este motivo, al momento de decidir cómo representar el sistema, esta fue una alternativa. La Figura 56 expone la estructura de relaciones y bucles de realimentación del sistema, a través de un diagrama causal. Aunque dicha figura aporta a una primera visualización del sistema, se reconoce que los diagramas causales dejan por fuera algunas características particulares de los MBA, en las que el comportamiento de los agentes no necesariamente se da a través de ciclos. Corresponde a situaciones desencadenadas por interacciones entre agentes, que dan lugar a comportamientos eventuales y discontinuos. Estos eventos pueden cambiar el estado de un agente, desactivando bucles de comportamientos causales que eran válidos en estados previos. En el caso del modelo desarrollado, el diagrama causal en la Figura 56 no alcanza a representar:

- El evento en el cual interactúan el proyecto y la oficina de gestión de I+D, para distribuir el presupuesto de I+D+i entre los proyectos en el portafolio, hasta agotar los recursos universitarios.
- El evento en el que interactúan el proyecto y el aliado, que lleva a una eventual vinculación del aliado. Esto conduce a que el aliado integre sus capacidades con las del proyecto.
- El evento que activa la búsqueda de un financiador, para que evalúe el proyecto y considere invertir.
- El evento en que el financiador decide financiar el proyecto, tras evaluarlo.
- El evento de salida del VM, que abre el bucle de comportamiento del proyecto en el VM, indicando que el proyecto pasó a DNP. Esto implica un cambio de estado del agente.

Figura 56: Relaciones generales y bucles.



Por estos motivos, se elaboró un diagrama híbrido, que combina el diagrama causal previo, con elementos de un diagrama de flujo, buscando representar en qué puntos del diagrama causal se dan los eventos basados en la interacción del proyecto con los otros agentes, así como los eventos bajo los cuales el proyecto cambia de estado, saliendo del VM y pasando en cambio a DNP. Este diagrama corresponde a la **Figura 57**.

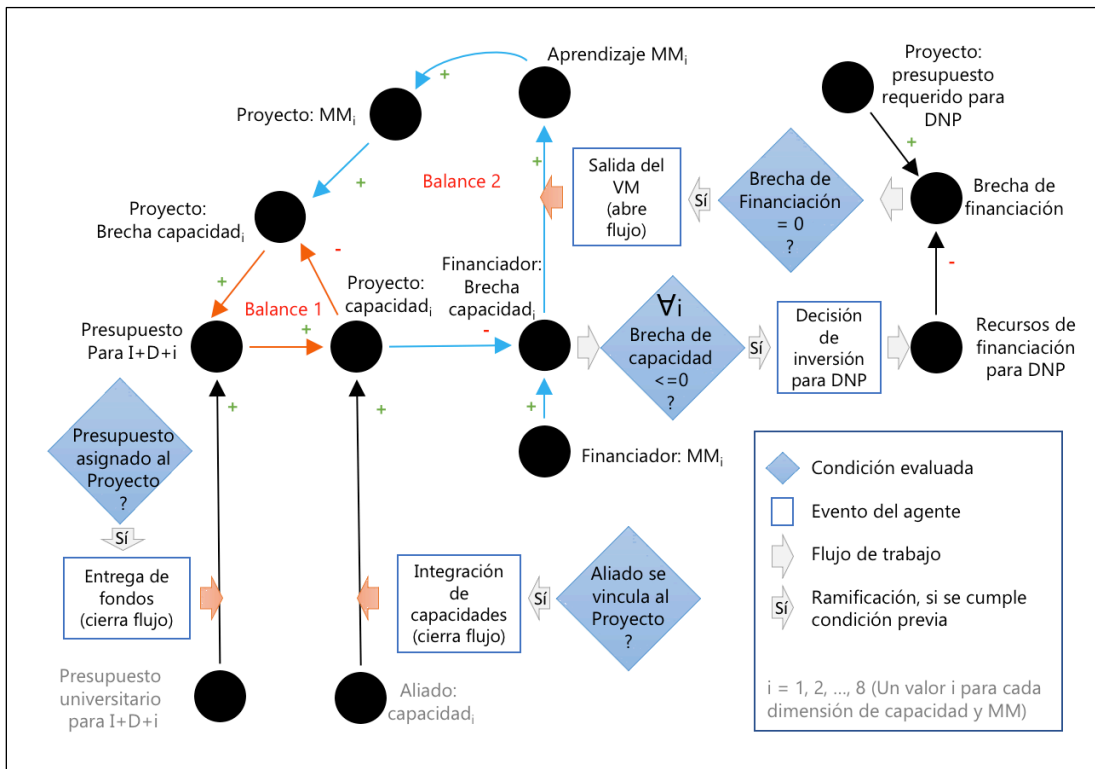
Según el diagrama híbrido, el proyecto establece una relación con la oficina de gestión de I+D, para solicitar presupuesto para I+D+i. La Oficina decide a qué proyectos asignará los recursos disponibles. En el modelo, el presupuesto para I+D+i es inferior al total requerido por los proyectos, por lo cual no todos los proyectos serán financiados cada semestre. Si el proyecto fue beneficiado con la asignación, se activa un flujo monetario, que le transfiere presupuesto.

También se establece una relación entre el proyecto y un eventual aliado. Si este último agente decide vincularse al proyecto, se activa un flujo, bajo el cual las capacidades del aliado se incorporan a las del proyecto.

Aún más crítica es la interacción entre proyecto y financiador, porque desencadena eventos emergentes, bajo los cuales el proyecto cambia de estado, pasando de demostración a DNP, es decir que supera el VM. Este cambio implica que el proyecto modifica su comportamiento en el resto de la simulación. La **Figura 57** representa el comportamiento del proyecto en la fase de demostración, y el cambio de estado que implica pasar a DNP:

- Los proyectos en la fase de demostración manifiestan un comportamiento cíclico, que se representa en el diagrama causal izquierdo de la **Figura 57**, y que se ejecuta mediante los bucles de balance 1 y 2.
- El proyecto ejecuta iteraciones sobre el bucle de balance 1, desarrollando capacidades, hasta que cumple con el criterio de haber eliminado la brecha de capacidad en las ocho dimensiones.
- Cuando esta condición se da, se activa el bucle de balance 2, en el cual el agente pasa a interactuar con el financiador. Este último evalúa si el proyecto está en condiciones para recibir financiación y ser llevado a DNP. El financiador calcula la brecha entre su MM y el nivel de capacidad que manifiesta el proyecto, para cada dimensión. Si en todas las dimensiones la brecha es cero, o negativa, significa que el proyecto cumple con los criterios de calidad para la inversión, y se toma la decisión de financiar.
- Si la evaluación es desfavorable, termina el vínculo entre financiador y proyecto. Este último completa el ciclo de balance 2, mediante un proceso de aprendizaje que involucra un ajuste de su MM. A continuación, reinicia las acciones para desarrollar capacidades, reactivando el bucle de balance 1.

Figura 57: Diagrama híbrido: diagrama causal más condiciones que activan relaciones entre agentes.



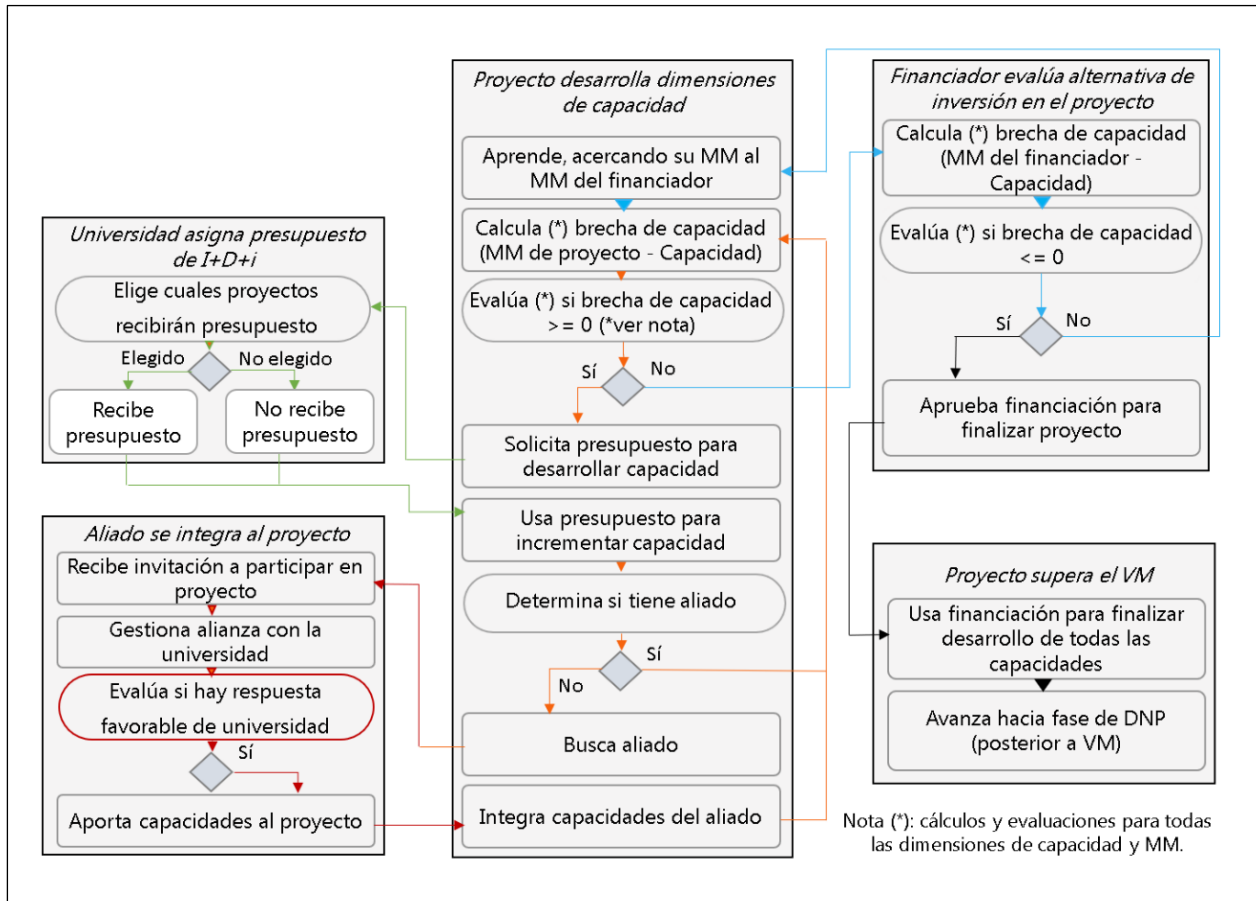
En cambio, si la evaluación del financiador es favorable, se desencadena el evento de cambio de estado:

- El financiador entrega un flujo de recursos equivalente al presupuesto requerido por el proyecto para pasar a DNP. Esto significa que se cancela la brecha de financiación.
- La desaparición de la brecha de financiación implica un cambio discontinuo e instantáneo para el proyecto, que determina la superación del VM. Por este motivo, cuando la brecha de financiación alcanza el valor cero, el proyecto finaliza el ciclo que estaba desarrollando y no completa el bucle de balance 2.
- Al suspender el ciclo mencionado, el proyecto tampoco regresa al bucle de balance 1. Esto significa que el proyecto ya no manifiesta los comportamientos en fase de demostración, pues ha pasado a DNP.

En la **Figura 57**, a la derecha se presentan las relaciones que dan cuenta de la brecha de financiación. No se representan en un diagrama causal, porque no es un proceso cíclico. Si se elimina la brecha de financiación, sucede una sola vez, durante la decisión que cambia el estado del proyecto, pasando de operar en la fase de demostración, a estar en la fase de DNP. Dado que el ámbito del modelo está limitado a la fase de demostración, no cabe representar procesos de DNP, con excepción del evento de cambio de estado. En la figura, se intentó representar las relaciones causales, como los eventos emergentes y relacionamientos relevantes de los agentes.

Aún es posible avanzar hacia una representación que considere los procesos, relaciones e interacciones. Li et al. (2019) advierten que al elaborar diagramas de MBA, es difícil combinar la mirada de alto nivel del sistema con los elementos procedimentales de implementación del modelo simulable. Buscando integrar las dos perspectivas, proponen los diagramas de agentes y acciones, que representan agentes, sus acciones principales y sus relaciones, junto con las ramificaciones que determinan el comportamiento de los agentes en el modelo. La **Figura 58** constituye un diagrama de agentes y acciones principales del modelo, basado en la propuesta de Li et al. (2019).

Figura 58: Diagrama agentes y acciones. Elaboración propia a partir de Li et al. (2019).



5.2.1.2 Conceptos de diseño

5.2.1.2.1 Principios básicos

El proyecto de I+D+i es entendido como un conjunto de capacidades. Se parte por analogía del entendimiento de la firma como un sistema de capacidades (Grant, 1991). Nelson & Winter (1982) también interpretan a la firma como una estructura de capacidades, entre las que se encuentran las rutinas. Para este modelo, se entiende el proyecto como el precursor de una firma u otra forma de unidad de negocios, y por ello puede ser interpretado como un conjunto de capacidades. Una salvedad es que las capacidades que conforman un proyecto de I+D+i no necesariamente estarán desarrolladas en su totalidad y conformadas como rutinas. Es más viable que estén en fases incipientes de formación a través del aprendizaje.

Las capacidades que conforman un proyecto de I+D+i están en formación. Se soporta en el modelo de ciclo de vida de las capacidades de Helfat & Peteraf (2003). Para el proyecto, es relevante el tránsito por las etapas de fundación, desarrollo y madurez, que presentó la Figura 7. Tras alcanzar la madurez y posteriormente, tiene sentido considerar que las capacidades ya no hacen parte de un proyecto, sino que conforman una firma en operación. Para fines del modelo, es suficiente con el uso de las etapas de fundación, desarrollo y entrada a madurez, que permiten identificar como se va desarrollando el proyecto en las etapas previas a su entrada en operación.

Al interpretar los proyectos como agregados de capacidades, surge la heterogeneidad como condición, dado que **cada proyecto estará constituido por un perfil de capacidades único**, que constituye sus variables de estado.

Helfat & Peteraf (2003) argumentan que la heterogeneidad de las capacidades es una de las piedras angulares de la teoría de recursos y capacidades. La lectura del estado de las capacidades en el ciclo de vida permite abordar la heterogeneidad de los proyectos. Cada proyecto cuenta con un perfil único de capacidades, en ocho dimensiones y con niveles diferentes de desarrollo para cada una.

Las capacidades que constituyen las variables de estado, y con ello **determinan las características de desarrollo específico de cada proyecto** de I+D+i, se toman de la propuesta de Danneels (2002). Corresponden a cuatro capacidades tecnológicas y cuatro capacidades de mercado, presentadas en la Figura 8.

Danneels (2002) sostiene que cuando se cuenta con el conjunto de capacidades adecuado, estas promueven la innovación de producto, mientras que la deficiencia de algunas capacidades tecnológicas o de mercado, conduce a fallo de la innovación. Esto se entiende como una co-evolución entre dichas capacidades y los nuevos productos. De acuerdo con ello, el modelo considera **un proceso de desarrollo de las ocho capacidades de Danneels (2002) a lo largo de las primeras tres etapas del ciclo de vida de capacidades**, de Helfat y Peteraf (2003).

Al concebir el proyecto como un conjunto de capacidades, en estas está involucrado un equipo humano, que aporta sus habilidades personales. Nelson & Winter (1982) plantean que las características de las capacidades, que en este caso corresponden a las del proyecto de I+D+i, dependen de las habilidades de los miembros del equipo. De forma similar, Grant (1982) establece que las habilidades de las personas (*skills*) constituyen recursos, que luego se integran en las capacidades. Colombo & Piva (2008) identifican que las capacidades de los proyectos son en su mayoría habilidades, experiencia y conocimiento del equipo humano que los integra.

El desarrollo de capacidades de los proyectos es uno de los comportamientos dinámicos más relevantes en el modelo. Se entiende que el proyecto no es un objeto inanimado, sino que tiene las características de un agente que toma decisiones a partir de reglas. **El líder del proyecto decide cada semestre qué capacidades desarrollar** y ejecuta acciones para lograrlo. Senge (2010, pág. 223) describe los MM como "teorías en uso" de las que usualmente no se tiene consciencia, pero moldean los actos. Kim (1998) sustenta que los procesos de aprendizaje, conducentes a desarrollar capacidades, dependen de los MM. Este mismo autor establece un puente entre el MM y capacidades: en un nivel de aprendizaje conceptual, el MM contiene ideas respecto a por qué se deben hacer determinadas acciones. Basado en dicho MM, somete a juicio los procedimientos y condiciones bajo los cuáles actuar. A continuación, se establece un nivel operacional del aprendizaje, que para el autor corresponde a las rutinas o conocimiento de pasos para completar una tarea. Así, **cada proyecto revisa su MM, y a partir de éste definirá cuáles capacidades debe desarrollar**. Al adoptar el enfoque de Kim (1998), se entenderá que las rutinas corresponden a capacidades, aunque se reconoce que en el caso de proyectos de I+D+i, es previsible que las capacidades resultantes del aprendizaje no alcancen a ser rutinizadas.

Mohammed et al. (2000) reconocen que uno de los usos instrumentales de los MM se da en la identificación de labores a cumplir para alcanzar un objetivo, y el nivel de desempeño que se considera necesario. Bajo esta aproximación, las labores que se deben cumplir corresponden al de las dimensiones de capacidad, hasta el nivel establecido en el MM, para cada dimensión. El objetivo que se espera cumplir, si se ejecutan las labores anteriores, corresponde a alcanzar condiciones de madurez suficiente para pasar a DNP.

Eisenhardt & Martin (2000), Tidd (2000), Madhok & Tallman (1998), Davis & Eisenhardt (2011) sustentan que **las alianzas facilitan el acceso e incremento de las capacidades**. En rigor, estos autores sustentan que dicho incremento en capacidades se logra en virtud de procesos de aprendizaje, que son activados por la interacción con los aliados y la exposición a recursos y conocimiento externos. Sin embargo, en el modelo se hará una representación simplificada del efecto de las alianzas sobre las capacidades. Al establecer una alianza se superpondrán las capacidades individuales, para conformar un nuevo acervo de capacidades, de forma instantánea. Esto no corresponde a un evento de absorción de capacidades (Cohen & Levinthal, 1990), sino a una incorporación de capacidades del aliado con las del proyecto. A mediano plazo, esto podrá habilitar comportamientos de absorción, o incluso de co-evolución, pero esto no está contemplado en el modelo.

El modelo de Danneels (2002), que relaciona la innovación de productos con la disposición de un conjunto de capacidades tecnológicas y de mercado, lleva a la consideración de portafolios de capacidades, en lugar de

portafolios de productos. Desarrollando esta idea, se establece en este modelo un proceso de evaluación de alternativas de inversión, **donde los financiadores consideran las capacidades que integran los proyectos, para decidir en cuáles invertir**. Los financiadores toman decisiones de asignar recursos a los proyectos en función de dos condiciones: El estado de desarrollo de las capacidades que constituyen los proyectos (Klein, 2014; Maxwell, 2011) y un nivel mínimo aceptable para las capacidades, que representa las expectativas del financiador y que corresponde a su MM. En el modelo se comparan las capacidades del proyecto contra el MM del financiador, para reconocer si con las capacidades desarrolladas se alcanzan condiciones de alistamiento suficientes para las expectativas del financiador (Makarov & Ugnich, 2015; Munari et al., 2016).

Si se toma una decisión positiva de financiación, se genera la condición de salida del VM, pues con dichos recursos, los proyectos pasan a la fase de DNP (Markham et al., 2010; Auerswald & Branscomb, 2003).

Peter Senge (2010) advierte que los MM no se pueden considerar terminados o completos, porque el aprendizaje permite modificarlos. Este autor plantea una forma de **aprendizaje, basado en la revisión y mejora de sus MM**, que puede ser entendida como un enriquecimiento conceptual. Kim (1998) describe ciclos de aprendizaje en los que los individuos, y con ellos las organizaciones, modifican sus creencias. Dichos cambios quedan codificados como variaciones en sus MM. En el modelo de simulación, los proyectos aprenden, modificando sus MM después de interactuar con los financiadores y conocer la divergencia entre sus MM previos y los de los financiadores.

5.2.1.2.2 Emergencia

La emergencia es una de las principales características del sistema modelado. En el planteamiento del problema se estableció la relevancia de analizar la superación del VM bajo la perspectiva de un fenómeno emergente: La resolución del VM no es lograda como resultado de decisiones y acciones individuales de los innovadores, ni de los financiadores. Sólo se logra si se dan condiciones adecuadas e interacciones por parte de ambos agentes. Lo anterior significa que la superación del VM es una emergencia, si se mira desde la perspectiva de cada agente. Esta condición fue considerada al adoptar para este modelado los sistemas complejos adaptativos, modelados con agentes.

Bajo la perspectiva de los proyectos, la salida del VM involucra un cambio de estado, que no se puede desencadenar como una decisión interna del propio proyecto. Así, dicho cambio es emergente. Dentro del enfoque de los sistemas complejos, se entiende que algunos comportamientos sólo se pueden materializar como consecuencia de la interacción entre varios elementos del sistema. Del mismo modo, un solo componente del sistema no posee información suficiente para reconocer por qué se da dicho comportamiento, ni cuenta con los mecanismos que activen los cambios de estado. En cambio, al entender las interacciones, se puede hacer una integración holística que permita reconocer el conjunto de eventos e interacciones que conduce al cambio de estado. De esta forma, los modelos basados en agentes, como sistemas complejos adaptativos, ayudan a visibilizar comportamientos emergentes resultantes de la interacción entre los diversos agentes.

Epstein (1999) apoya esta perspectiva, indicando que los fenómenos emergentes a escala de los agentes adquieren dicha característica como consecuencia de la racionalidad acotada: los agentes no cuentan con información global del sistema, ni tienen una capacidad de procesamiento infinito, sino que se comportan a partir de reglas simples e información local. Por este motivo, los agentes individualmente no tienen la capacidad de tomar decisiones que generen resultados óptimos. A cambio de ello, se adaptan a partir de los resultados intermedios obtenidos. De otra parte, un efecto de la racionalidad limitada es que el agente individual no puede prever cuándo se materializa el resultado esperado, ni ejecutar de forma autónoma las acciones que conduzcan a él. Sin embargo, las interacciones con otros agentes llevan a que la evolución del sistema eventualmente materialice el resultado esperado, siendo una emergencia para el agente individual.

Sin embargo, los comportamientos emergentes no se limitan al ámbito de los agentes en los sistemas complejos adaptativos, sino que también surgen comportamientos emergentes a escala del sistema completo. Macy & Willer (2002) reconocen que los comportamientos globales, es decir, a escala del sistema, emergen desde el ámbito micro, conformándose una evolución de abajo hacia arriba (*bottom-up*), a consecuencia de las interacciones locales.

Friesen et al. (2014) plantean que la emergencia corresponde a fenómenos que pueden suceder tanto en el ámbito de los agentes o de los grupos, que no fueron codificados de forma específica por el modelador del sistema. En parte, la emergencia es consecuencia de que, al materializarse la interacción entre elementos del sistema, el comportamiento de conjunto es mayor que la suma de las partes. También reconoce que los comportamientos emergentes pueden ser o no contraintuitivos, pero la característica fundamental es que los resultados de las simulaciones no pueden ser explicados de forma directa por las reglas de comportamiento, y por los perfiles que fueron codificados para los agentes.

Epstein (1999) acompaña esta perspectiva al explicar que los fenómenos emergentes en el MBA no son generados directamente por el diseño del modelo. Esto significa que son resultados no buscados o no deducidos directamente de las reglas y perfiles de comportamiento que se definieron para los agentes. Que un comportamiento no se pueda deducir directamente del diseño, significa que los resultados no pueden ser anticipados. Así, la identificación del comportamiento emergente y su explicación son posteriores al resultado de la simulación (Friesen et al., 2014).

Friesen et al. (2017) plantean que la piedra angular de la emergencia es la habilidad que se da en el nivel de sistema, de generar resultados que escapan a las predicciones basadas en las reglas explícitas que gobiernan el comportamiento de los agentes. Así, estos comportamientos se pueden interpretar *a posteriori*, pero no son deducibles antes de correr las simulaciones. Así, los comportamientos emergentes constituyen efectos a escala macro, que surgen como resultado de interacciones en el ámbito micro. Además, son independientes e impredecibles a partir de las decisiones de modelamiento que se hicieron a escala de los agentes.

Tras correr simulaciones del modelo, se encontraron dos comportamientos emergentes a escala macro. En primer lugar, los proyectos que inician la simulación con MM más parecidos a los de los financiadores, muestran mayores probabilidades de superar el VM. En la codificación del comportamiento de los agentes, no se consideró este comportamiento, sino que las interacciones entre proyectos y financiadores, más los aprendizajes de los proyectos, llevan a que este comportamiento emerja. En el numeral 0 se presentan resultados de simulaciones donde la población de proyectos es iniciada con diversos tipos de MM, emergiendo el comportamiento mencionado.

En el numeral 0. se reporta un segundo comportamiento emergente a escala del sistema, ligado a la cantidad de financiadores. Cuando éstos aumentan, es mayor la probabilidad de que los proyectos superen el VM. Este comportamiento no fue predeterminado en el diseño y codificación del modelo.

Se descarta que la causa de dicho comportamiento sea un aumento en el capital disponible para invertir: El diseño del modelo no consideró que, al aumentar la cantidad de fondos, hubiera un aumento del capital disponible. De hecho, el modelo hace una consideración ideal, consistente en que los financiadores tienen acceso ilimitado a capital para financiar los proyectos que seleccionen. Esta condición fue establecida para evitar reproducir la versión tradicional en la que el VM se forma porque se agotan estos recursos financieros. Por esto, en el modelo se asumió que cuando el financiador decide invertir en un proyecto, podrá financiarlo con recursos propios, o aprovisionados en el mercado de capital. En consecuencia, la razón por la que más financiadores en el modelo conduzcan a un aumento de proyectos que superan el VM no es que más financiadores involucren más recursos para invertir.

La explicación de esta conducta emergente es diferente: Cada financiador tiene su propio MM, que determina sus criterios al evaluar los proyectos. Aumentar la cantidad de fondos, significa mayor heterogeneidad en los criterios de selección de los proyectos. Así, en un escenario de pocos financiadores, un proyecto tendría dificultades para que su proyecto sea evaluado favorablemente, pero al aumentar la cantidad de financiadores, se incrementan las probabilidades de que el proyecto se ajuste al MM de algún financiador. En otras palabras, un número alto de financiadores posibles, aumenta la probabilidad de que un proyecto encuentre un financiador dispuesto a invertir en él. El resultado agregado es un aumento de la cantidad de proyectos que atraviesan el VM, a medida que aumenta la cantidad de financiadores, como consecuencia de la heterogeneidad de sus perfiles de inversión.

5.2.1.2.3 Objetivos de los agentes

El objetivo de los proyectos de I+D+i es entrar en DNP, para lo cual debe obtener recursos por parte de un financiador. Así el cumplimiento de su objetivo se puede evidenciar en tanto un financiador asigne recursos a un

proyecto, para pasar a las etapas finales. Los aliados tienen el mismo objetivo que los proyectos que acompañan, es decir, que los proyectos avancen hacia las fases finales de DNP. Por eso aportan sus capacidades a los proyectos.

El objetivo de los financiadores es aplicar su capital en proyectos que tengan un buen perfil, de acuerdo con sus expectativas de inversión, plasmadas en su MM. El cumplimiento de ese objetivo se evidencia en tanto las capacidades de los proyectos que aprueba el financiador, cumplen o superan el perfil definido en su MM.

La oficina de gestión de I+D obedece a dos objetivos que se cruzan entre sí. Busca cumplir requerimientos de asignación presupuestal para fomentar las actividades de I+D+i en la universidad. De otro lado, contribuir al cumplimiento de objetivos de fomento a las actividades relacionadas con dos misiones universitarias: investigación e innovación. Esto implica objetivos no siempre convergentes, pero que pueden ser coordinados mediante la observación de un marco normativo de la universidad. A partir de los recursos que se le delegan y de reglas de distribución que establece la universidad, la oficina de gestión de I+D activa instrumentos de apoyo a los proyectos, bajo los cuales les suministra parte de los recursos que requieren.

5.2.1.2.4 Adaptación

Se manifiesta en los proyectos de I+D+i. La adaptación se activa en función de la brecha entre el nivel de capacidad esperado por el MM y la capacidad real del proyecto. Al encontrar brechas de capacidad con relación al MM, los proyectos ejecutan dos tipos de acciones para tratar de resolverla: Avanzar en las capacidades que manifiestan brecha, para lo cual solicitan recursos de la universidad. También acceder a capacidades complementarias, mediante la búsqueda de aliados. En ambos casos, el resultado será que los proyectos muestren un perfil de capacidades más elevado, hasta minimizar o eliminar la brecha entre el MM y nivel de capacidades reales.

Este modelo sólo considera comportamientos adaptativos en los agentes correspondientes a proyectos. Si bien es posible que los aliados y los financiadores también se adapten, esto no está considerado en el modelo actual.

5.2.1.2.5 Aprendizaje y proyecciones de los agentes

El mecanismo de aprendizaje del modelo corresponde a una modificación de los MM de los proyectos, siguiendo uno de los procesos en sistemas complejos adaptativos, que describen Holland et al. (1989). Los proyectos aprenden cuando interactúan con los financiadores y son rechazados por ellos. Cuando esto sucede, el proyecto reconoce divergencias entre su MM y el de los financiadores. A partir de ello, se establece un proceso de retroalimentación que lleva a modificar el MM del proyecto, aproximándolo al de los financiadores. Esto significa que los miembros del equipo del proyecto reconocerán dimensiones subvaloradas en su MM. Estas dimensiones fueron causa del rechazo porque llevaron a desarrollar las capacidades en un nivel inferior a lo esperado por el financiador. Tras reconocer esta brecha, revisan y enriquecen el MM del proyecto. El cambio en el MM llevará a un cambio en el comportamiento adaptativo del proyecto, como consecuencia de la experiencia vivida.

Las propiedades de aprendizaje de los agentes son complementadas por un comportamiento basado en proyecciones del resultado probable de una acción propia. De acuerdo con Grimm et al. (2010), parte de los rasgos adaptativos de los agentes son resultado de que estos estiman las consecuencias futuras de sus decisiones. Esto se hace mediante modelos que utilizan los agentes para estimar condiciones futuras o consecuencias de tomar determinadas decisiones, y con estas proyecciones determinan el comportamiento más adecuado.

Holland et al. (1989) hacen un planteamiento semejante en el marco de los sistemas complejos adaptativos, pues establecen un proceso de adaptación de los agentes a través del aprendizaje inductivo. En estos sistemas, los agentes cuentan con mecanismos de inferencia que les permiten proyectar resultados y planear sus acciones. El aprendizaje por inducción se da cuando los agentes revisan con posterioridad si sus proyecciones fueron exitosas o si hubo divergencias respecto al resultado, lo cual permite aprender y adaptarse. Holland et al. (1989) relacionan este proceso con los MM. Plantean que los agentes tienen comportamientos cognitivos, en los que utilizan los MM como representaciones para planear una secuencia de acciones, que los lleven a cambiar de estado, o a cumplir un objetivo.

En este modelo, el comportamiento inductivo planteado por Holland et al. (1989) y por Grimm et al. (2010), se presenta cuando los proyectos planean qué dimensiones de capacidad deben desarrollar y qué tanto. Los proyectos utilizan su MM como marco de referencia para esta planeación, y toman decisiones de aplicar recursos para desarrollar sus dimensiones de capacidad hasta que no haya brecha entre su MM y las capacidades reales. Este comportamiento lleva implícita una predicción, pues, en ámbito del proyecto se considera que, si el perfil de capacidades alcanza el nivel establecido en su MM, las probabilidades de obtener financiación para pasar a etapas finales serán mayores.

Así mismo, cuando el proyecto considera que logró eliminar la brecha entre sus capacidades y su MM, suspende las acciones para desarrollar capacidades, e inicia la búsqueda de un eventual financiador. Esto sucede bajo la consideración de que el proyecto está listo para pasar a etapas finales y, en consecuencia, prevé un éxito en la vinculación de un financiador. Llegado a este punto, cuando el proyecto es rechazado por los financiadores, se da la fase de retroalimentación a través del fallo, o aprendizaje por inducción, según Holland et al. (1989).

5.2.1.2.6 Sensibilidad de los agentes

Los proyectos manifiestan una sensibilidad interna a la comparación o brecha entre sus capacidades actuales y el nivel establecido en su MM. Al identificar brechas ejecutarán acciones para reducirlas. También son sensibles al perfil de capacidad de posibles aliados, pues estas facilitan cubrir las brechas frente al MM.

Los proyectos reconocen cuándo han eliminado la brecha entre su MM y su nivel de capacidades. Cuando reconocen esta condición, toman la decisión de buscar financiadores que los evalúen, para una eventual financiación de las actividades faltantes y pasar a DNP.

Los financiadores son sensibles al nivel de desarrollo de las capacidades de los proyectos con los que interactúan. Cuando esto sucede, comparan dichas capacidades con su propio MM. Evalúan favorablemente el proyecto en tanto no haya la brecha entre capacidad del proyecto y MM del financiador. También son sensibles al nivel de brecha entre diversos proyectos, de modo que en eventos en los que se le presenten múltiples proyectos, el financiador elegirá para interactuar al proyecto con el menor valor de brecha.

5.2.1.2.7 Interacción

Los proyectos compiten por recursos del presupuesto de la oficina de gestión I+D, cuando buscan recursos para desarrollar capacidades. De otro lado, los proyectos que han pasado a la búsqueda de capital de inversión, compiten por la atención de los fondos, puesto que estos últimos no pueden evaluar varios proyectos simultáneamente.

Los proyectos inician la interacción con los financiadores. Cuando su perfil de capacidades iguala al MM, un proyecto busca capital. El financiador tiene su propio MM, que establece el mínimo de capacidades requeridas para que un proyecto sea elegible para inversión. Si el financiador encuentra en la evaluación que el proyecto cumple totalmente con su MM, o lo supera, aprueba su financiación. Esta decisión lleva a una nueva fase de interacción, donde el financiador facilita que el proyecto se dirija fuera de la fase de demostración, hacia la etapa de DNP.

Los aliados interactúan con los proyectos aportando capacidades complementarias. Además, cuando un aliado es vinculado con el proyecto, dicha interacción puede facilitar la aprobación de recursos adicionales de la universidad para completar actividades de la fase de demostración. En el estudio de casos, se encontraron ejemplos de ello, pues al concretar un aliado, las universidades aprobaron la destinación de recursos para avanzar en actividades como pruebas, y desarrollo de componentes faltantes. También se reportaron experiencias universitarias donde se probaron instrumentos de apoyo preferencial a proyectos bajo alianza con empresas. En otro caso se mencionó que la universidad tiene una política de solo avanzar en proyectos en fase de demostración en tanto haya una alianza activa, mientras que los proyectos se suspenden si el aliado se retira.

La interacción entre aliado y proyecto se materializa en una regla de comportamiento, tras concretarse la alianza. En ella, el proyecto incorpora una dimensión de capacidad del aliado, si ésta es superior a la capacidad propia. De esta forma, la colaboración involucra una sinergia que eleva las capacidades totales del proyecto. Eisenhardt & Martin

(2000), así como Cohen & Levinthal (1990), explican el incremento de capacidades en virtud de las alianzas, que desencadenan aprendizajes por absorción y acción de capacidades dinámicas, que se dan de forma gradual en el tiempo. En el modelo desarrollado, se hizo una simplificación, haciendo un aumento de capacidades instantáneo, una vez se establece la alianza. Sin embargo, este comportamiento es cercano a lo planteado por Danneels (2002), quien reconoce que las alianzas son una vía posible para acceder a las dimensiones de capacidad que se requieren, así como Madhok & Tallman (1998), quienes plantean sinergias entre aliados, que al combinarse hacen posible acceder y aprovechar capacidades complementarias. Así, el procedimiento de interacción modelado genera una recombinación de dimensiones de capacidades complementarias, al darse la alianza.

5.2.1.2.8 Comportamientos estocásticos

Algunas variables de estado de los agentes inician con valores aleatorios: El MM de cada proyecto, dentro de un rango de perfiles de MM identificados de los casos; el perfil de capacidades de los aliados, dentro de un rango de perfiles de capacidad; el MM de los financiadores, dentro de un rango de perfiles de MM identificados en entrevistas a los fondos de financiación que se entrevistaron durante el estudio de casos.

Los proyectos tienen un tiempo de obsolescencia, definido mediante una distribución normal aleatoria. Se definió un tiempo de 30 semestres como valor medio para la distribución del tiempo de obsolescencia. Este valor se definió de acuerdo con Auerswald & Branscomb (2003), Raven & Geels (2010) y Walrave & Raven (2016), quienes indican que es usual encontrar proyectos de I+D+i que requieren décadas para materializar innovaciones. Así mismo, se encontró que dos de los casos exitosos estudiados en el trabajo de campo, tardaron tiempos mayores a 15 para cubrir etapas de I+D y demostración, aunque la mayoría del tiempo fue en esta última. Teniendo estos referentes, resultó adecuado plantear un tiempo medio de 15 años, con una distribución normal alrededor de dicho valor.

5.2.1.2.9 Comportamientos colectivos

Los proyectos compiten por obtener recursos del presupuesto universitario para I+D+i. Dicho presupuesto es inferior a los recursos requeridos por el total de proyectos. Tras distribuirlo, quedarán proyectos sin financiación.

A medida que los proyectos desarrollan capacidades, pasan a la búsqueda de financiadores. En este evento deben competir por la atención de dichos financiadores, quienes se concentran en evaluar los proyectos con perfil de capacidades más cercano a sus expectativas, desatendiendo a los otros.

5.2.1.2.10 Observación

El modelo presenta información de salida sobre el total de proyectos que se encuentran en la fase de demostración, de los proyectos que en algún momento de la simulación son evaluados por financiadores y la cantidad de proyectos que pasan a fases de DNP. También se recoge información de los proyectos que superan VM, incluyendo detalles sobre los proyectos con aliados que logran dicho hito.

Utilizando el dato anterior, se calcula un indicador de resultado global para el sistema, que se denomina Tasa de Superación del Valle de la Muerte (TSVM). Se obtiene dividiendo la cantidad de proyectos que pasan a DNP, sobre la cantidad total de proyectos en la simulación. Es decir:

$$TSVM = \frac{\text{Cantidad de proyectos en DNP}}{\text{Cantidad de proyectos totales}}$$

Lo que equivale a:

$$TSVM = \frac{\text{Cantidad de proyectos en DNP}}{\text{Cantidad de proyectos en Demostración} + \text{cantidad de proyectos en DNP}}$$

La TSVM permite reconocer qué porcentaje de los proyectos superó el VM en una instancia de simulación.

En la interfaz de visualización (el "mundo") del modelo, se representa cada proyecto con tres magnitudes, cuyo cálculo se describe en el numeral 0.

- Capacidad técnica del proyecto: valor entre 0 y 20. Determina la posición del agente, en el eje X.
- Capacidad de mercado del proyecto: valor entre 0 y 20. Determina la posición del agente, en el eje Y.
- Capacidad total proyecto: se representa mediante el tamaño del agente (diámetro del círculo). Suma la capacidad técnica y la del mercado.

Los financiadores también se ubican en posiciones X y en el mundo del modelo, de acuerdo con su MM: la suma de los valores de las cuatro dimensiones técnicas en su MM determinan su coordenada X; la suma correspondiente para las dimensiones de mercado determina su coordenada Y. El tamaño del agente no varía.

De esta forma, la ubicación de los proyectos y financiadores en el mundo del modelo, utilizado como plano cartesiano, representa el nivel de desarrollo de capacidades en los primeros, y en los segundos corresponden a los mínimos exigidos por éstos para considerar que se cumplen con condiciones de alistamiento para inversión. Los aliados se ubican en una zona lateral del mundo del modelo, hasta que son vinculados con un proyecto. Cuando esto ocurre, las capacidades del aliado son incorporadas a las del proyecto, cambiando su posición en el plano cartesiano.

5.2.1.2.11 Elementos excluidos en el modelo

Los resultados de los casos, desde la identificación de factores que inciden en el VM y sus relaciones causales (numeral 0), hasta la síntesis de proposiciones explicativas, arrojaron seis factores involucrados en el fenómeno: instituciones, financiación, alianzas, capacidades, MM y talento humano. También establecieron un conjunto de relaciones entre factores, descritas como proposiciones (numeral 0). Estos elementos son útiles como insumo para el diseño de un modelo explicativo del VM.

Al abordar la concepción del MBA, se consideraron cinco de los factores, descartando el talento humano como factor representado de forma directa. Esta decisión de diseño se justificó en la búsqueda de parsimonia en el modelo. La inclusión del talento humano junto con los otros cinco factores hubiera incrementado la complejidad del modelo. En cambio, no hubiera aportado mucho en términos explicativos. Esto se debe a que, al considerar las capacidades del proyecto como factor, se adoptó el concepto establecido Colombo & Piva (2008), que reconocen que en los proyectos de I+D+i las capacidades están constituidas en su mayoría por las competencias y conocimiento del talento humano. Así, al modelar las capacidades, quedan incorporadas en éstas los aportes del factor **talento humano**. En consecuencia, no es indispensable hacer un modelamiento de este factor, como subsistema adicional.

En particular, bajo el paradigma de MBA, la consideración del talento humano hubiera llevado a la incorporación de un tipo de agente adicional. Este aumento hubiera significado un aumento considerable en la complejidad del modelo. Por tal motivo, se probó un diseño en el cual el aporte del talento humano está incorporado a las capacidades del proyecto, obteniendo resultados satisfactorios durante la utilización del modelo.

5.2.1.3 Detalles del modelo

5.2.1.3.1 Inicialización

La simulación del modelo inicia definiendo parámetros bajo los cuáles se crearán los agentes, así como otros que controlarán reglas de comportamiento e interacción que se aplicarán en la simulación.

Se inicializa el sistema definiendo la cantidad de proyectos, aliados, fondos y oficinas de gestión de I+D que correrán en el modelo. Usualmente se tiene una oficina por universidad, aunque se encuentran casos en los que una universidad tiene este rol distribuido en varias dependencias, especialmente en algunas universidades grandes. En las simulaciones se mantuvo el sistema operando con una oficina de gestión de I+D. Sin embargo, el sistema computacional permite simular varias dependencias simultáneamente. En caso de parametrizar el modelo con varias dependencias, el número de proyectos que se definan será dividido en partes iguales entre todas las dependencias.

Se inicia en el semestre 0, que corresponde al periodo de arranque. Al iniciar el modelo, este crea un conjunto de proyectos, con sus ocho dimensiones de capacidad en cero. Por su parte, se definirá un MM establecido aleatoriamente, a partir de un rango de perfiles de MM que fueron levantados al documentar los casos. Se inicia un conjunto de posibles aliados, con un perfil de capacidades determinado a partir de un rango de perfiles de aliados, previamente establecido.

También se define un grupo de financiadores. Cada uno se caracteriza individualmente con su MM, definido aleatoriamente, a partir de los MM que fueron obtenidos en entrevistas a un grupo de financiadores de Medellín.

Las capacidades de los proyectos y los aliados, así como los MM de financiadores y proyectos, corresponden a ocho dimensiones, que se denominan bajo las siguientes variables (Tabla 29):

Tabla 29: Nombres de dimensiones de capacidad, en el modelo. Elaboración propia a partir de Danneels (2002).

Objetivo de la capacidad/MM	Componente de Capacidad	Componente de MM
Diseño e ingeniería (know-how)	Cap_knowhow	MM_knowhow
Manufactura	Cap_manufacture	MM_manufacture
Usar planta y equipo	Cap_factory	CMM_factory
Asegurar la calidad	Cap_Quality	MM_Quality
Entender necesidades y procesos del consumidor	Cap_needs	Cap_needs
Acceder a canales de ventas y distribución	Cap_Sales	MM_Sales
Acceder a canales de comunicación con clientes	Cap_connect	Cap_connect
Gestionar marca y reputación	Cap_brand	Cap_brand

Cada componente de capacidad tiene un valor entre 0 y 5, en una escala desarrollada a partir de las etapas del ciclo de vida de capacidad de Helfat & Peteraf (2003), como se presenta en la Tabla 30. La misma escala de valores aplica para los componentes de MM.

Tabla 30: Escala de desarrollo de capacidades. Elaboración propia a partir de Helfat & Peteraf (2003).

Etapa en ciclo de vida de la capacidad	Capacidad nula o inexistente	Capacidad en fundación	Capacidad en desarrollo			Capacidad en madurez
			25%	50%	75%	
Rango de valores en estudio de casos	0%	5%	25%	50%	75%	100%
Rango de valores en estudio de casos	0%	5%	25%	50%	75%	100%

Los proyectos inician con las ocho capacidades en cero. En cambio, el MM tiene todas las capacidades en valores entre cero y cinco, representando la concepción inicial que tiene el líder del proyecto respecto al nivel de desarrollo que es importante alcanzar, para que el proyecto pueda interesar a un empresario o inversionista.

La definición del MM inicial toma valores aleatoriamente, dentro de un perfil o tipo predefinido. Es posible seleccionar el tipo de MM con los que inician los proyectos, escogiendo entre cuatro opciones. Para ello se asigna una de las siguientes opciones al parámetro `Projects_mindset`:

- "s" o "successful": define los MM de los proyectos, a partir de los identificados en los casos exitosos.
- "c" o "critical": define los MM a partir de los identificados en el grupo de casos críticos.
- "a" o "all": utiliza los MM de los casos críticos y exitosos para definir los MM de los agentes proyecto. Así los proyectos en el modelo serán una combinación de agentes con MM de los tipos "s" y "c".
- "f" o "fund-like": asigna a los proyectos MM semejantes a los de los financiadores. Esta opción genera un escenario de simulación ideal, donde los proyectos comparten MM con los financiadores.

Cada uno de los perfiles anteriores incluye múltiples opciones para cada dimensión del MM. Así para cada proyecto se asigna un MM diferente, garantizando la heterogeneidad. Si se selecciona la opción "a", se configura un escenario de simulación cercano a la realidad. Las otras opciones sirven para simular escenarios ideales y compararlos, lo cual se desarrolla en el numeral 0.

5.2.1.3.2 Datos de entrada

Otro grupo de parámetros de configuración inicial determinará aspectos del funcionamiento del modelo:

- Un parámetro define qué porcentaje de los proyectos establecerán alianzas.
- Un parámetro de obsolescencia activará un proceso que vuelve obsoleta la tecnología central del proyecto. Si esto sucede, los proyectos son abandonados. Si se desactiva este parámetro, se configura un escenario ideal, donde la obsolescencia desaparece.
- A través de un parámetro se puede activar o desactivar la aparición de nuevos proyectos que, de estar presentes, compiten por recursos con los proyectos que inician en el portafolio.
- Un parámetro determina la expectativa de vida del proyecto. Se usa en el modelo como el tiempo medio que tendrá la tecnología del proyecto, antes de entrar en obsolescencia.
- El parámetro de aprendizaje de los proyectos determina qué tanto de la brecha frente al MM del financiador es asimilada e incorporada al MM propio.

Parámetros adicionales definen políticas de la universidad respecto al suministro de recursos a los proyectos:

- Un parámetro corresponde al porcentaje de los requerimientos de recursos de los proyectos, que será cubierto durante el semestre. Si está por debajo del 100%, los proyectos se enfrentarán a una competencia por recursos, porque estos se agotarán durante la asignación en cada semestre.
- Un parámetro activa una política universitaria para priorizar los proyectos con aliados. Si se desactiva el parámetro, desaparece la priorización y todos los proyectos son tratados en igualdad de condiciones.
- Un parámetro final determina el tamaño del fondo para actividades de demostración, con respecto al fondo para actividades de I+D. Dependiendo de este fondo, se pueden financiar actividades para desarrollar las dimensiones de capacidad diferentes a *know-how*.

5.2.2 Desarrollo, solución y ajuste del modelo

Las características de diseño descritas en el aparte anterior fueron la base para la construcción de un programa informático, que se desarrolló mediante el software NetLogo, versión 6.1.1, desarrollado por Uri Wilensky y distribuido por la Northwestern University de Estados Unidos. El programa informático que materializa el modelo fue escrito en un solo archivo de código, a partir de un pseudocódigo que sirvió de versión inicial.

Siguiendo el protocolo de desarrollo en NetLogo, el modelo inicia con dos procedimientos principales, uno que configura condiciones iniciales del modelo, previo a la ejecución, denominado *Setup*, un segundo procedimiento se encarga de la ejecución paso por paso. Cada paso corresponde a un periodo de ejecución, que en este modelo es de un semestre. El procedimiento que integra el conjunto de eventos en cada paso se denomina *Go*. El anexo 7 relaciona los procedimientos que corren durante *Setup* y durante *Go*.

El modelo fue desarrollado mediante la construcción gradual y prueba de procedimientos, hasta completar una versión con la estructura del modelo completamente codificada e integrada. A medida que se fueron agregando componentes, se efectuaron validaciones técnicas de los elementos adicionados y de su integración con el conjunto. Integrado el modelo completo, fue verificado en una prueba de escritorio, para comprobar la estabilidad del sistema. Los datos usados fueron aproximaciones esperadas de los comportamientos reales. Al final de la validación, se contó con un modelo solucionado. Tras ser parametrizado y simulado, el modelo demostró funcionar correctamente, y reproducir de forma aproximada los comportamientos hallados en la literatura y en los antecedentes de la ciudad de Medellín, respecto a las tasas de superación y condiciones de permanencia de proyectos en el VM.

A continuación, se hicieron pruebas de verificación. Se variaron los parámetros de entrada, para validar que las variaciones en las salidas fueran explicables a partir de los cambios en las entradas. Con ello se comprobó que el sistema efectivamente reproduce los comportamientos y es sensible a los parámetros de entrada.

Se complementó con pruebas de robustez. Se parametrizó el modelo con valores extremos, para comprobar posibles condiciones de fallo del sistema informático. Se probó cada parámetro de entrada en los niveles extremos de sus rangos permisibles, identificando y solucionando eventuales anomalías.

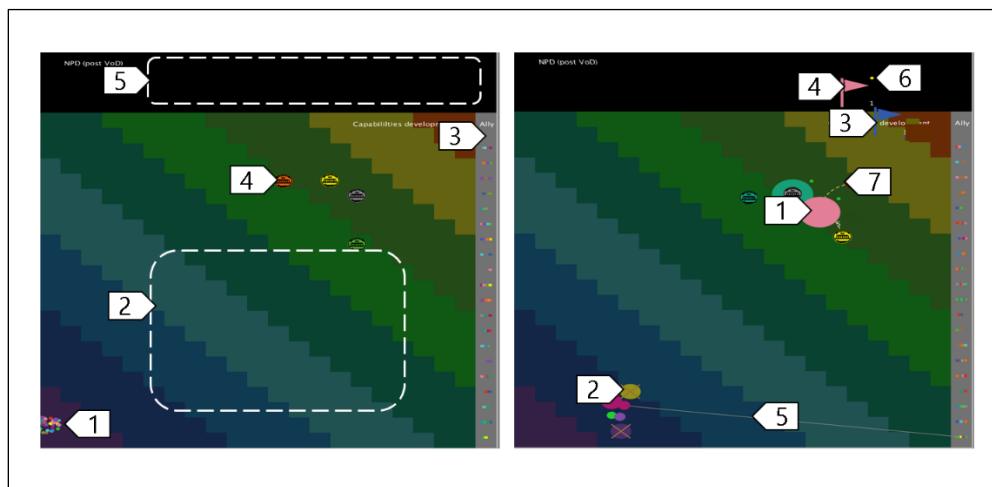
Tras verificar el modelo, se procedió a parametrizarlo con información real de los proyectos, los financiadores y contextos de gestión de I+D+i típicos de universidades. Se repitieron pruebas para calibrar el modelo, hasta validar que los comportamientos simulados lo encontrado en el estudio de los proyectos en el VM.

Se ejecutaron múltiples simulaciones para verificar y validar el modelo. Su objetivo no fue avanzar en el entendimiento del VM, sino que se encaminaron a validar la estructura y el comportamiento, así como ajustar elementos técnicos de diseño. Así se estabilizó una versión final, adecuada para servir como un modelo de simulación válido del VM, en el contexto de las universidades de Medellín. En este punto, fue posible ejecutar simulaciones.

5.2.3 Interfaz del modelo

Aprovechando las posibilidades de NetLogo, se conformó una interfaz que sirve para la interacción entre el modelo computacional y la persona que modela o simula. La interfaz contiene controles para la configuración de los parámetros de entrada, más algunas gráficas y *widgets* que presentan algunas variables de estado y de resumen, elegidas para entender el comportamiento de las simulaciones. El elemento principal es una ventana que permite visualizar variables del estado e interacciones entre los agentes. Esta ventana se conoce como *world* o mundo, que facilita el reconocimiento visual de lo que está sucediendo en el modelo. La Figura 59, lado izquierdo, muestra cómo inicia este mundo al inicio de una simulación. En ella se identifican los agentes y el espacio de interacción. Se añadieron etiquetas a la figura, para presentar los elementos del mundo:

Figura 59: Mundo, durante inicialización (izquierda) y en ejecución (derecha). Imagen generada en Netlogo.



- Etiqueta 1: señala los proyectos, que están representados como figuras circulares.
- Etiqueta 2: señala el espacio de desarrollo de capacidades. A medida que los proyectos avanzan en las cuatro capacidades tecnológicas, se desplazan hacia la derecha, en el eje X de este espacio. Del mismo modo la suma de las capacidades de mercado corresponde a la posición en el eje Y. Las regiones en colores representan zonas en las cuales la suma de dimensiones técnicas y de mercado, se encuentran dentro de un mismo rango, en intervalos que varían de cinco en cinco por color.
- Etiqueta 3: señala una franja gris a la derecha, donde se ubican los aliados que no se han vinculado con los proyectos. Al materializarse una alianza entre un proyecto y un aliado, estos últimos saldrán de la franja gris y continuarán desplazándose solidariamente con el proyecto.
- Etiqueta 4: señala un financiador, representado con un ícono de moneda. La ubicación del financiador corresponde a la suma de dimensiones técnicas en su MM, en el eje x, y la suma de dimensiones de mercado en su MM, para el eje y. De esta forma será posible reconocer cuando un proyecto se acerca al perfil requerido por un financiador, tras desarrollar sus capacidades.
- Etiqueta 5: representa un espacio posterior al VM, que corresponde a la etapa NPD. Cuando un proyecto recibe la financiación para completar el desarrollo de capacidades, saldrá de la zona marcada con la etiqueta 2 y se desplazará a la región superior del mundo.

Los colores de los agentes proyecto, financiador y aliado se aplican aleatoriamente y no tienen significado. Se usan de diferentes colores para facilitar la visualización de múltiples agentes en el modelo.

Cuando la simulación entra en ejecución, se generan algunos cambios en la visualización de agentes y relaciones entre los mismos. La Figura 59, lado derecho, presenta convenciones:

- La etiqueta 1 corresponde a un proyecto que ha desarrollado en parte sus capacidades, por ello ha aumentado su tamaño y se ha desplazado en el mundo.
- La etiqueta 2 muestra un proyecto marcado con x, lo que representa que entró en obsolescencia y fue abandonado.
- La etiqueta 3 representa un proyecto que ha sido aprobado por un financiador, superando el VM. Por ello se encuentra en proceso de salir del espacio de desarrollo de capacidades. Su ícono cambió a un banderín.
- La etiqueta 4 también apunta a un proyecto que superó el VM y se encuentra en la etapa de DNP.
- La etiqueta 5 significa que está adelantándose una alianza entre un proyecto y un agente aliado.
- La etiqueta 6 apunta a un aliado que ya se ha integrado a un proyecto.

- La etiqueta 7 marca una línea punteada que vincula un proyecto con un financiador. El proyecto fue presentado al financiador, solicitando su evaluación.

El anexo 7 incluye un instructivo para el manejo de la interfaz del modelo.

5.2.4 Parámetros del modelo y análisis de sensibilidad

Antes de desarrollar experimentos a través de simulaciones, se presentan los parámetros que configuran su estado al inicio de cada simulación. También se examina la sensibilidad del sistema ante variaciones en dichos parámetros.

5.2.4.1 Parámetros

En la interfaz se encuentran recuadros de entrada y selectores para definir parámetros para inicializar el sistema antes de una simulación. Un grupo de parámetros determina la cantidad de agentes a modelar:

- **Projects_nr**: define la población total de proyectos que corren en el modelo.
- **Allies_nr**: cantidad de aliados en total. De esta población de aliados, eventualmente se vincularán a algunos de ellos con proyectos para desarrollar actividades de innovación bajo colaboración.
- **Funds_nr**: población de financiadores que correrán en el modelo.
- **RDMOs_nr**: cantidad de oficinas de gestión de I+D (Research & Development Management Offices - RDMOs). Se pueden seleccionar entre una y cuatro.

Otros parámetros instrumentan definiciones de la universidad. Los siguientes parámetros son gobernables por la universidad y su OFICINA DE GESTIÓN DE I+D, de acuerdo con definiciones institucionales:

- **Alliance_Policy**: cuando está en posición *On*, hace que los RDMOs asignen presupuesto con prioridad sobre los proyectos que tengan alianzas. Cuando el interruptor está en posición *Off*, no aplicará esta política de priorización, y las probabilidades de que un proyecto sea financiado serán iguales, con o sin alianza.
- **STI_Fund_Cover** determina la dimensión del fondo que administrará la oficina de gestión de I+D, para financiar actividades de CTi, es decir I+D y otras, que se denominarán actividades de demostración. El valor de **STI_Fund_Cover** determinará el presupuesto asignado cada semestre para financiar actividades en todos los proyectos. El parámetro determina qué fracción de lo requerido por los proyectos será la asignación presupuestal. Toma un valor entre 0 y 1 (100%).
- **Fund_Demo**, determina el porcentaje de los presupuestos administrados por los RDMOs, que serán dedicados a actividades diferentes a I+D. El selector permite asignar un valor entre 0% y 100%.

Otros parámetros de configuración son:

- **Ticks_to_run**: define la cantidad de ciclos o *ticks* que serán ejecutados. Cada *tick* corresponde a un semestre.
- **Project_Life_Expectancy**: determina la vida media de un proyecto, antes de que su tecnología central se vuelva obsoleta y el proyecto sea descartado. A partir del valor del parámetro, que se mide en semestres, se

asigna a cada proyecto un tiempo antes de obsolescencia, que sigue una distribución normal alrededor del valor definido en este parámetro.

- **Alliances_rate:** determina qué porcentaje del total de proyectos buscará una alianza. Además de este parámetro, la materialización de alianzas dependerá de que haya suficientes aliados, de acuerdo con lo definido en *Allies_nr*.
- **Obsolescence:** cuando está en posición *On*, activa un proceso que hace que los proyectos vayan entrando en obsolescencia, bajo una distribución normal de probabilidad. Cuando esto sucede, los proyectos dejan de recibir recursos. Cuando el selector está en posición *Off*, los proyectos no entran en obsolescencia.
- **Projects_Mindset:** selecciona un perfil de MM inicial para los proyectos. Una simulación puede aplicar a los proyectos un perfil entre cuatro posibles: "s" o "successful", "c" o "critical", "a" o "all" (successful + critical) y "f" o "fund-like". El perfil que se aplica en simulaciones más cercanas a la realidad será el "a".
- **Projects_Learn:** determina el nivel de aprendizaje de un proyecto tras haber sido rechazado en la evaluación de un financiador. El valor, entre 0% y 100%, define qué tanto del MM del financiador, fue asimilado por el proyecto. Este aprendizaje que se refleja en cambios en el MM del proyecto.

Algunos parámetros son de configuración general del sistema, por lo cual no tendrán variaciones entre simulaciones:

- La cantidad de RDMOs (*RDMOs_Nr*) se fija en un valor de 1, pues todas las simulaciones se realizarán bajo la consideración de una sola universidad, con una sola oficina de gestión de I+D.
- El parámetro obsolescencia se activa, habilitando un proceso que detiene los proyectos por obsolescencia, de acuerdo con el tiempo de vida medio.
- *Project_Life_Expectancy* se fija en 30 periodos. Este parámetro corresponde a un tiempo medio de obsolescencia de la tecnología de cada proyecto, y es activado por el parámetro *Obsolescence*. Se define un tiempo de obsolescencia medio de 30 semestres para los proyectos. En la literatura se manifiesta que los proyectos universitarios de I+D, tardan una o varias décadas para convertirse en innovaciones (Auerswald & Branscomb, 2003; Raven & Geels, 2010; Walrave & Raven, 2016). También se encontró que dos de los casos exitosos en el trabajo de campo, tuvieron tiempos mayores a 15 años para superar el VM. Por esto, este parámetro se fijó en un valor de 30.
- *Ticks_to_run* se fija en 50 semestres. Implica que todas las simulaciones cubrirán un periodo de 25 años.

Merece detallar cómo se asigna el presupuesto al inicio de cada semestre: La oficina de gestión de I+D recibe un presupuesto suficiente para financiar una cantidad fija de actividades por proyecto, para el total de proyectos en el modelo, y con un factor de cobertura parcial a los requerimientos de recursos de todos los proyectos (*STI_Fund_Cover*). Cada semestre, la universidad destina un nuevo presupuesto, cuyo valor es constante durante la simulación. Este presupuesto se distribuye en dos partes: presupuesto para I+D, que financia actividades que incrementan la capacidad Knowhow; además de presupuesto para demostración, que incrementa las dimensiones de capacidad diferentes a Knowhow. Se cumple la condición:

$$\text{PresupuestoTotal} = \text{PresupuestoI+D} + \text{PresupuestoDemo}$$

En las universidades es normal que los recursos para I+D sean mayores que para otras actividades de innovación. Por ello se supone que el *PresupuestoI+D* es mayor o igual a *PresupuestoDemo*. La proporción entre estos dos presupuestos se regula mediante el selector *Fund_demo*, así:

$$\text{PresupuestoDemo} = \text{PresupuestoI+D} * \text{Fund_Demo}$$

Combinando las ecuaciones anteriores, se obtienen fórmulas que determinan el valor de los dos presupuestos:

$$\text{Presupuesto I + D} = \frac{\text{PresupuestoTotal}}{1 + \text{Fund_demo}} \quad \text{PresupuestoDemo} = \text{PresupuestoTotal} * \frac{\text{Fund_demo}}{1 + \text{Fund_demo}}$$

Si el valor de Fund_demo es 100%, el presupuesto total se dividirá en dos partes iguales. Cuando el selector esté en 0%, todo el presupuesto se asignará para I+D y PresupuestoDemo será cero.

5.2.4.2 Sensibilidad

Al iniciar cada simulación, algunos parámetros pueden ser modificados, para evaluar el comportamiento del sistema, cuya salida general es la cantidad de proyectos que pasan a NPD. Resulta conveniente analizar la sensibilidad frente a: Projects_nr, Alllies_nr, Funds_nr, Alliances_rate, Projects_Learn, STI_Fund_Cover, Fund_Demo. Estos parámetros serán sometidos a un análisis de sensibilidad.

RDMOs_Nr, Ticks_to_run y Project_Life_Expectancy son constantes para todas las simulaciones, por lo cual no cabe someterlos a un análisis de sensibilidad. Por su parte, Projects_Mindset y Alliance_Policy son variables booleanas. No se puede aplicar un análisis basado en porcentajes de variación sobre estos parámetros.

El análisis de sensibilidad se basó en calcular el porcentaje de variación de la salida del sistema (cantidad de proyectos que pasan a NPD), respecto a la variación de cada parámetro, manteniendo constantes los demás parámetros. Se definió un valor central, correspondiente al punto medio de los rangos de valores para cada parámetro. La Tabla 31 presenta los rangos y valores centrales.

Tabla 31. Rango de valores de los parámetros y valores centrales utilizados en análisis de sensibilidad.

Parámetro	Rango de valores	Valor central
Projects_nr	0 a 100	50
Alllies_nr	0 a 200	100
Funds_nr	0 a 20	10
Alliances_rate	0 a 100%	50%
Projects_Learn	0 a 100%	50%
STI_Fund_Cover	0 a 100%	50%
Fund_Demo	0 a 100%	50%

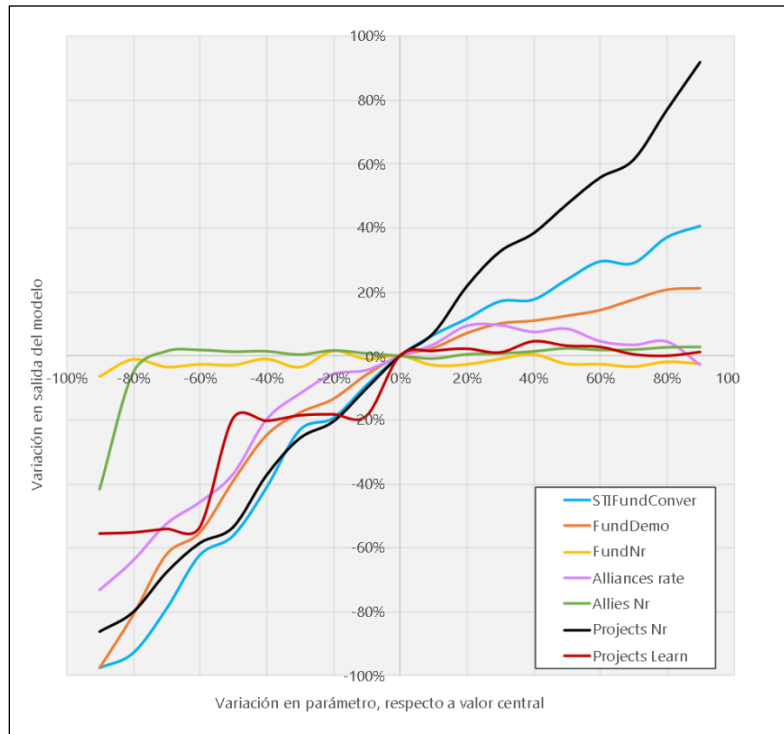
Por cada parámetro se aplicó una simulación, repetida 200 veces: el parámetro estudiado fue modificado en un rango de variación entre -90% y +90% respecto al valor central. Mientras tanto, los otros seis parámetros se mantuvieron constantes en su valor central respectivo.

Para cada valor del parámetro sometido a cambio, se obtuvieron valores de salida del modelo (cantidad de proyectos que pasan a fase DNP), y se registró el valor promedio de la salida, para las 200 repeticiones de cada simulación. Se calculó la variación de dicha salida respecto al valor obtenido cuando el parámetro se encuentra en el valor central. Esto significa que se reporta una variación cero cuando el parámetro está en el valor central.

Tras aplicar estas simulaciones para los siete parámetros, se obtuvieron resultados que se resumen en la Figura 60. Los resultados muestran que el modelo manifiesta una alta sensibilidad frente a la cantidad de proyectos (Projects_Nr) y el porcentaje de cobertura del presupuesto a los requerimientos de los proyectos (STIFundCover). La sensibilidad es intermedia frente a los parámetros AlliancesRate (tasa de alianzas), ProjectsLearn (tasa de aprendizaje

de los proyectos) y FundDemo (porcentaje de presupuesto de I+D+i asignable a actividades de demostración). La variabilidad de la salida es mayor cuando estos parámetros se encuentran en la zona inferior de sus rangos, es decir, por debajo del valor medio. En ello se diferencian de Projects_Nr y STIFundCover, para los cuales se identificó variabilidad en todo el rango de valores.

Figura 60: Variaciones en salidas de modelo, por variaciones en los parámetros.



Estos resultados son de interés para reconocer la pertinencia de considerar estos parámetros al definir las simulaciones, así como para establecer los rangos de valores útiles.

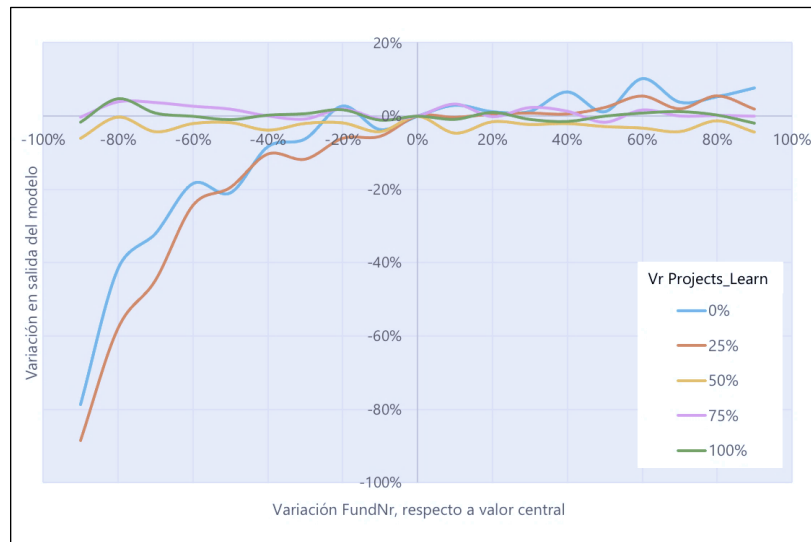
Por su parte, se encontró una baja sensibilidad frente a AlliesNr (cantidad de aliados) y FundsNr (cantidad de financiadores). El sistema mostró que sólo se afecta si la cantidad de aliados es muy pequeña. Los resultados de la Figura 60 muestran que cuando se tuvieron 10 y 20 aliados, el sistema se vio afectado, pero de 30 aliados en adelante, el comportamiento del modelo dejó de ser sensible a este parámetro. Esto es explicable porque el sistema debe tener suficientes aliados para cubrir las solicitudes de vinculación de los proyectos que, de acuerdo con el diseño del modelo, corresponden a la multiplicación de la cantidad de proyectos por la tasa de alianzas. De acuerdo con los valores usados en el análisis de sensibilidad, esto corresponde a 50 proyectos * 50 %, es decir, 25 solicitudes de alianzas. Si el modelo tiene menos de 25 aliados, queda en déficit de alianzas, afectando el comportamiento del sistema. En cambio, en las simulaciones con más aliados que requerimientos de alianzas (30 aliados o más), la mayor cantidad de aliados no tiene efecto sobre el sistema. En consecuencia, el modelo no es sensible frente al parámetro AlliesNr, en tanto se garantiza una cantidad de aliados suficiente para cubrir el requerimiento de alianzas.

Al análisis anterior también arrojó una baja sensibilidad para FundsNr (cantidad de financiadores). Sin embargo, más adelante, al correr el modelo, se encontraron simulaciones donde el modelo sí cambia de comportamiento al modificar este parámetro, contrario a lo hallado en el análisis anterior. Esto llevó a revisar si en la zona donde están definidos los otros parámetros, se genera una condición que neutralice las variaciones en FundsNr. Se encontró que cuando los proyectos tienen una tasa elevada de aprendizaje (ProjectsLearn) las variaciones en FundsNr dejan de tener efecto sobre el sistema. Esta condición se probó mediante un análisis de sensibilidad adicional, en el que se

modificaron estos dos parámetros (FundsNr y ProjectsLearn), manteniendo los otros cinco parámetros en el valor central.

La Figura 61 muestra los resultados de sensibilidad del modelo frente a los dos parámetros. Cuando Projects_Learn tiene valores de 0 y 25%, el modelo es sensible a variaciones en Funds_Nr, aunque el rango de sensibilidad está limitado a valores de Funds_Nr menores al valor central, es decir, entre 1 y 10 fondos. En cambio, el comportamiento del modelo no es afectado cuando Funds_Nr se ubica por encima del valor medio. Funds_Nr tampoco afecta al modelo cuando Projects_Learn toma valores de 50% o superiores. En el numeral 0 se explica por qué cuando el modelo corre con altas tasas de aprendizaje, se neutraliza el efecto de la variación en la cantidad de fondos.

Figura 61. Sensibilidad del modelo frente a variaciones en Funds_Nr y Projects_Learn.



5.2.5 Ejecución de simulaciones

Antes de correr una simulación, es necesario configurar su estado inicial, para lo cual se deben definir valores para los parámetros que se encuentran en la pantalla de interacción del modelo de simulación. Se accede a cada parámetro para configurarlo, a través de un *widget* en la interfaz. Se corrieron varias simulaciones, que son determinadas a partir de los valores de entrada aplicados sobre los parámetros anteriores.

Dado que la heterogeneidad es una característica de los agentes, al inicio de cada simulación se dan condiciones estocásticas en el estado inicial de cada agente, relacionadas con la definición de los MM de proyectos y financiadores, las capacidades de proyectos y aliados, así como los tiempos de obsolescencia de las tecnologías de los proyectos. Esto significa que, aun manteniendo todos los parámetros constantes, los resultados de las simulaciones varían de una corrida a otra, obteniendo cada vez resultados únicos y no repetibles.

Por este motivo, en simulación es normal recurrir a los análisis de comportamiento. Estos se basan en experimentos computacionales donde se corren múltiples simulaciones con las mismas condiciones iniciales, es decir con los mismos parámetros de entrada, para reconocer patrones. Se aprovecharon las características de NetLogo, que proporciona una herramienta de análisis de comportamiento, para diseñar experimentos de simulaciones con múltiples repeticiones.

Durante las pruebas de validación, se corrieron experimentos donde se repitieron simulaciones entre 50 y 100 veces, pudiendo identificar que alrededor de las 100 repeticiones, se puede confiar en que los patrones de comportamiento muestran continuidad. Conociendo esto, en las simulaciones definitivas se optó por ejecutar experimentos con 200 repeticiones para cada caso, procurando una mayor confiabilidad en los resultados de conjunto.

Se ejecutaron varias simulaciones:

- Simulación base del sistema.
- Simulación de variaciones en la distribución entre presupuestos para I+D y para demostración.
- Simulación con variaciones en las alianzas.
- Simulación de variaciones en el número de proyectos gestionados por la oficina de gestión de I+D.
- Simulación de variaciones en la cantidad de fondos en el sistema.
- Simulación de proyectos desarrollando capacidades en el marco de sus MM.

En todas las simulaciones, la salida del modelo es la cantidad de proyectos post-VM, correspondiente al conteo de aquellos que superan el VM al final la corrida. Cuando se hable de resultados en la presentación de las simulaciones, se hace alusión a la cantidad de proyectos post-VM.

5.2.5.1 Simulación base

Se define una simulación que sirve de base, a partir de la cual se modificarán parámetros específicos. Los parámetros se ajustaron a niveles realistas. A continuación, se listan los valores asignados a los parámetros de entrada en la simulación base. Se presenta bajo el esquema de codificación de experimentos en Netlogo: Nombre del parámetro a simular entre comillas, seguidos del conjunto de valores a aplicar al inicio de las simulaciones, entre corchetes.

```
[ "RDMOs_nr" 1]           [ "Allies_nr" 100]           [ "Obsolescence" true]
[ "Project_Life_Expectancy" 30] [ "Projects_Learn" 0]       [ "Fund_demo" 30]
[ "Alliance_Policy" false]   [ "Projects_nr" 50]        [ "Projects_Mindset" "a"]
[ "STI_Fund_Cover" 0.7]     [ "Funds_nr" 4]           [ "ticks_to_run" 50]
```

En las simulaciones se trabaja con una sola universidad y una sola oficina de gestión de I+D adscrita a ella, por ello el parámetro RDMOs_nr vale 1. Se utilizan los valores constantes que fueron definidos en el numeral 0, para activar la obsolescencia de los proyectos y definir su tiempo promedio, así como para establecer la cantidad de periodos a simular y cantidad de oficinas de gestión de I+D+i.

Se estableció un valor de 50 proyectos gestionados por la oficina de gestión de I+D de la universidad, teniendo en cuenta que en las universidades estudiadas se encontraron variaciones en los portafolios, que van desde menos de diez proyectos hasta más de 200. Se buscó un valor relativamente representativo, de 50 proyectos en el modelo. Se definieron cuatro financiadores, dado que la cantidad de estos agentes en el sistema de CTI es reducida. Cuatro financiadores posibles, puede ser un número razonable y representativo de la cantidad de fondos con los que tiene relación una universidad de Medellín.

Se estableció una cantidad de aliados potenciales de 100, aclarando que estos no son los aliados efectivos, sino un número de empresas y otras organizaciones disponibles y dispuestas para una eventual colaboración. Se estableció un número grande, dado que la cantidad de empresas en el entorno puede ser significativo¹⁵. Se estableció una cantidad de 100 aliados, buscando que sean suficientes para correr el modelo y que, en caso de simular una cantidad significativa de alianzas, estas no se vean restringidas por el número de agentes creados.

El aprendizaje de proyectos se estableció en cero, dado que estos aprendizajes están relacionados con los MM, y se optó por considerarlos en un análisis alternativo al del escenario base.

La cantidad de *ticks* o semestres a simular, cada vez será de 50 semestres. Este valor se estableció atendiendo a lo ya mencionado respecto a los amplios tiempos de tránsito usuales de los proyectos universitarios. Un periodo de

¹⁵ Por ejemplo, en Medellín las empresas que participan en el pacto por la innovación exceden las 400.

simulación reducido frente a la expectativa de una o dos décadas necesarias para resolver el paso por el VM, podría truncar prematuramente el comportamiento del sistema. De otra parte, la amplitud de este tiempo es compensada por la obsolescencia de los proyectos. Dado que, en las pruebas de validación y calibración del modelo, Para probar estos tiempos, se hicieron simulaciones abarcando 100 periodos. Se encontró que el comportamiento del sistema tiende a estabilizarse entre los *ticks* 44 a 48, y no se verifican cambios en el estado del sistema a partir del periodo 51. El valor de 50 semestres se encontró suficiente

El tipo de MM seleccionado en la simulación base es el tipo "a", que combina los MM de los proyectos exitosos y críticos del estudio de casos. Por ser una combinación de los casos reales, las simulaciones con este tipo de MM tendrán condiciones iniciales más cercanas a la realidad, en comparación con los otros tipos de MM.

La tasa de alianzas se estableció en un 30%, pues a partir de los casos, se identificó que aproximadamente uno de cada tres proyectos manifestaba tener un aliado. Se desactivó el parámetro de política de alianzas, pues en los esquemas institucionales universitarios esta no es una política generalizada, aunque en los casos este era tema de discusión y exploración en algunas universidades. En la simulación base este parámetro está desactivado, pero se activará en otras simulaciones, para experimentar con una política de apoyo a alianzas.

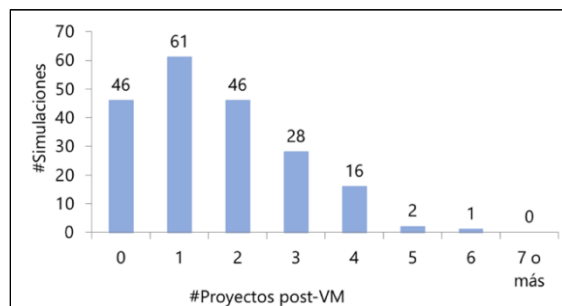
El parámetro de cobertura presupuestal para actividades de CTi se estableció en 0.7, estimando que en condiciones usuales las oficinas de gestión de I+D tienen sobredemanda de recursos de financiación. Con este valor, se reproducen condiciones de escasos recursos, que obligarán a los proyectos a competir por ellos.

"Fund_demo" se estableció en 0.30. Esto significa que la proporción entre presupuesto para I+D vs. Demostración, es de tres a uno. Este valor se estableció tras observar en los casos, que es usual que sean mayores las restricciones para financiar al interior de la universidad actividades que no sean parte del proceso de I+D.

Estos parámetros, que determinan las condiciones de la simulación base, fueron utilizados para un primer experimento, que se corrió 200 veces. A continuación, se describen los resultados del modelo, simulado a partir de esta parametrización. El valor de salida fundamental de este modelo es la cantidad de proyectos que superan el VM, al final del periodo de simulación. A esta salida se la denominará **Proyectos post-VM**.

El siguiente histograma (Figura 62) muestra la distribución de los resultados en las 200 corridas de las simulaciones:

Figura 62: Histograma con resultados de simulación base.



El escenario base arroja en promedio 1,59 proyectos post-VM por corrida de la simulación. Si se divide este valor por la cantidad de proyectos que entraron al VM, y que corresponde a 50, se obtiene una tasa de superación del VM (TSVM) de 3.18%. La moda fue 1, pues 61 de las 200 simulaciones tuvieron un proyecto post-VM.

Estos valores de base sirven para comparar simulaciones futuras, en las cuales se podrá identificar si se generan aumentos en este resultado como efecto del aprendizaje, alianzas, cambios en la cantidad de proyectos a incluir en el portafolio administrado por la oficina de gestión de I+D, variaciones en las políticas de asignación de presupuesto o cambio en la cantidad de fondos con los que interactúan los proyectos para buscar financiación.

5.2.5.2 Simulaciones con variaciones en políticas de asignación de recursos

El modelo cuenta con los parámetros STI_Fund_Cover y Fund_demo, que ajustan políticas de asignación de recursos, que tienen implicaciones en las capacidades que desarrollarán los proyectos. Estos parámetros son una interpretación de lo planteado por Teece (2018), quienes establecen que las definiciones institucionales tienen efecto sobre el suministro de recursos para que se puedan desarrollar capacidades. Variaciones en las reglas bajo las cuáles se suministran recursos, pueden afectar la velocidad a la que los proyectos desarrollan capacidades, que podría ser suficiente o no para que superen el VM.

En el escenario base se estableció STI_Fund_Cover en 0.7, representando una disponibilidad de 70% del total de recursos que requerirán los proyecto en un semestre. Fund_demo se fijó en 30%. Esto significa que el presupuesto para demostración será el 30% del presupuesto correspondiente para I+D. Ambos parámetros se variarán en relación con los valores en el escenario base, para ver el efecto de modificar el presupuesto total y la forma de distribuirlo, sobre la cantidad de proyectos post-VM. Los demás parámetros se mantuvieron iguales a la simulación base.

Los siguientes son los parámetros utilizados para correr este grupo de simulaciones. Se desarrollaron 24 escenarios, combinando seis valores para Fund_demo y cuatro valores para STI_cover. Para cada escenario se corrieron 200 simulaciones.

```
["RDMOs_nr" 1]           ["Projects_Learn" 0]           ["Projects_Mindset" "a"]
["Project_Life_Expectancy" 30] ["Projects_nr" 50]           [["Fund_demo" 10 30 50 70 90 100]
["Alliance_Policy" false]      ["Funds_nr" 4]                ["STI_Fund_Cover" 0.3 0.5 0.7 0.9]
["Alliances_rate" 30]          ["ticks_to_run" 50]
["Allies_nr" 100]             ["Obsolescence" true]
```

La Tabla 32 muestra los resultados de las simulaciones efectuadas. Estos corresponden al valor promedio de la cantidad de proyectos post-VM, para cada escenario. Se puede comprobar que hay un comportamiento monótono para los dos parámetros: cada aumento en el valor de STI_cover generó un aumento en la cantidad de proyectos post-VM. Lo mismo sucedió con las variaciones en Fund_demo.

Tabla 32: Resultados simulaciones con variaciones en políticas de asignación de recursos.

		STI_cover			
		30%	50%	70%	90%
Fund_demo	10%	0,090	0,145	0,280	0,440
	30%	0,325	0,955	1,295	2,210
	50%	0,640	1,525	2,680	3,340
	70%	0,895	2,145	3,305	4,045
	90%	1,080	2,680	3,845	4,630
	100%	1,255	2,865	4,105	4,730

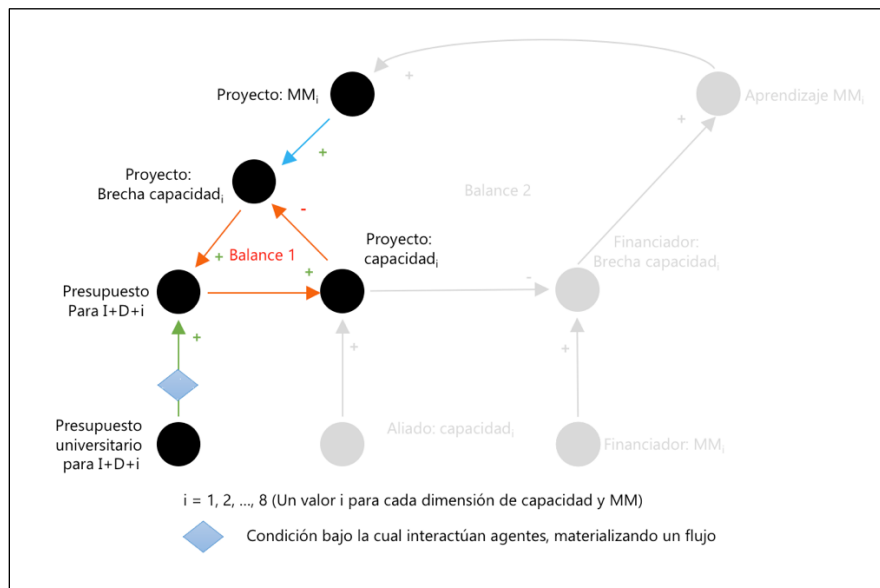
Los resultados indican que cuando el valor de STI_cover es reducido, el sistema arroja resultados modestos. Esto se explica porque en valores reducidos, como es 30%, el sistema afronta una restricción de recursos, que no permite desarrollar las capacidades en los proyectos. Por ello resultan pocos proyectos post-VM. El comportamiento mejora gradualmente, maximizándose cuando los recursos que se entregaron fueron cercanos al máximo requerido (90%).

También se identifica la respuesta del sistema frente a Fund_demo, que determina qué tantos recursos se asignan a actividades de la fase de demostración, en relación con el presupuesto para I+D. En la zona inferior del parámetro, la cantidad de proyectos post-VM es reducida. Esto se debe a que los recursos para actividades de CTi, se canalizan de una forma desbalanceada hacia el desarrollo de una sola capacidad (*know-how*), lo cual involucra una escasez de recursos para desarrollar las otras capacidades de los proyectos. A medida que aumentó este parámetro en las simulaciones, también hubo una mayor cantidad de proyectos post-VM. Esta mejora es efecto de una distribución de los recursos más balanceada, que disminuye las restricciones para el desarrollo del conjunto completo de dimensiones de capacidad.

El mejor escenario se obtuvo en los valores máximos para los dos parámetros, STI_cover en 90% y Fund_demo en 100%. Este escenario arrojó 4.73 proyectos post-VM en promedio, que equivale a una TSVM de 9.46%.

Para comprender cómo afectaron estos parámetros al comportamiento del sistema, se puede retomar el diagrama causal del sistema, presentado en la **Figura 57**. Se reconoce un bucle de balance entre presupuesto para I+D+i, capacidad del proyecto y brecha de capacidad del proyecto, para cada dimensión de capacidad. La Figura 63 corresponde a una vista del diagrama híbrido, que facilita la comprensión de la influencia de los dos parámetros que condicionan el presupuesto para I+D+i, sobre el bucle mencionado, así como una condición (rombo) que activa la interacción entre los agentes proyecto y universidad, en el marco de la asignación presupuestal:

Figura 63: Diagrama causal modificado, con decisiones de distribución presupuestal y su efecto sobre el sistema.



El bucle Balance 1 hace que las capacidades del proyecto converjan hasta un valor de referencia, definido en el MM del proyecto, para cada dimensión. Dicha convergencia solo se da si la universidad aporta presupuesto de I+D+i para que el proyecto invierta en el desarrollo de todas las capacidades. Los parámetros "STI_Fund_Cover" y "Fund_demo" afectan la condición de asignación de presupuesto que se representa como C1, así:

- STI_Fund_Cover determina qué porcentaje del requerimiento presupuestal del total de proyectos, alcanza a ser financiado. Si su valor es 0%, ningún proyecto es costado, y en consecuencia no se desarrollan las capacidades. A medida que aumenta el parámetro, la universidad podrá asignar más presupuesto a los proyectos, en consecuencia, las capacidades aumentan de nivel, en la dinámica de la simulación.
- Fund_Demo: define qué tanto del presupuesto universitario se usará para desarrollar capacidades diferentes a *know-how*. Si es cero, el presupuesto se usará exclusivamente a desarrollar dicha dimensión. Esto significa que la capacidad *know-how* se desarrolla rápidamente, pero las otras dimensiones de capacidad se mantienen sin desarrollarse. En cambio, en simulaciones donde este parámetro aumenta, será mayor el presupuesto para las otras dimensiones, pero disminuirá el presupuesto para *know-how* en la misma medida. El efecto será que las ocho dimensiones de capacidad pueden ser desarrolladas.

Así, la combinación de estos dos parámetros incide en la disponibilidad de presupuesto para que cada proyecto desarrolle las diferentes dimensiones de capacidad. En consecuencia, tienen impacto en la velocidad a la cual se da la dinámica en el bucle Balance 1. A mayor velocidad de desarrollo de capacidades, se activa más rápido el segundo ciclo (Balance 2) de la Figura 63, activando la evaluación de financiadores, lo que a su vez significa incrementar las

oportunidades para que un proyecto sea llevado fuera del VM, o en su defecto desencadena el proceso de aprendizaje sobre el MM del proyecto.

Los resultados mostraron que el sistema es más sensible a las variaciones en el parámetro STI_cover que Fund_demo. Esto se puede comprobar al verificar, por ejemplo, que cuando el primer parámetro se ubica en 90% y el segundo en 30%, se obtienen en promedio 2.21 proyectos a la salida. Mientras tanto, cuando se invierten los valores, quedando el primer parámetro en 30% y el segundo en 90%, sólo se obtienen a la salida 1.08 proyectos.

De acuerdo con los resultados simulados, si se maximiza el presupuesto universitario para disminuir en lo posible las restricciones de recursos totales, se podría generar un apalancamiento en el comportamiento del sistema. Aunque esto es válido en el modelo computacional, su aplicación implica decisiones financieras y asumir costos importantes en las universidades. De otra parte, se encontró que cuando los recursos para actividades de demostración fueron cercanos al de actividades de I+D, los resultados fueron los más altos. Aumentar los valores en el segundo parámetro, no involucra grandes ajustes en el esfuerzo total de la universidad, sino un cambio en la distribución de los recursos. Aunque este cambio también implica asumir y defender decisiones sobre políticas, puede ser viable tomar decisiones sobre este parámetro.

5.2.5.3 Simulaciones con variaciones en alianzas

Tras retomar los parámetros de la simulación base, se varió el parámetro de tasa de alianzas entre 0% y 50%, correspondiente al número de proyectos en la simulación que establecerán alianzas con un tercero, para acceder a capacidades complementarias. También se modificó el parámetro Alliance_Policy, ejecutando simulaciones con aplicación de una política universitaria que prioriza los proyectos con aliados. Cuando esta política se activa, los proyectos que tienen aliados reciben recursos de la universidad antes que los proyectos que no tienen aliados. A continuación, se presenta la lista de parámetros en este grupo de simulaciones:

```
["RDMOs_nr" 1]           ["Allies_nr" 100]           ["Obsolescence" true]
["Project_Life_Expectancy" 30] ["Projects_Learn" 0]       ["Fund_demo" 30]
["Alliance_Policy" false true] ["Projects_nr" 50]         ["Projects_Mindset" "a"]
["Alliances_rate" 0 10 20 30 40 50] ["Funds_nr" 4]
["STI_Fund_Cover" 0.7]     ["ticks_to_run" 50]
```

Al variar Alliances_rate y Alliance_Policy, se configuran 12 escenarios. Cada una se ejecutó 200 veces. Los resultados, correspondientes al valor promedio de la cantidad de proyectos post-VM para cada escenario, se presentan en la Tabla 33.

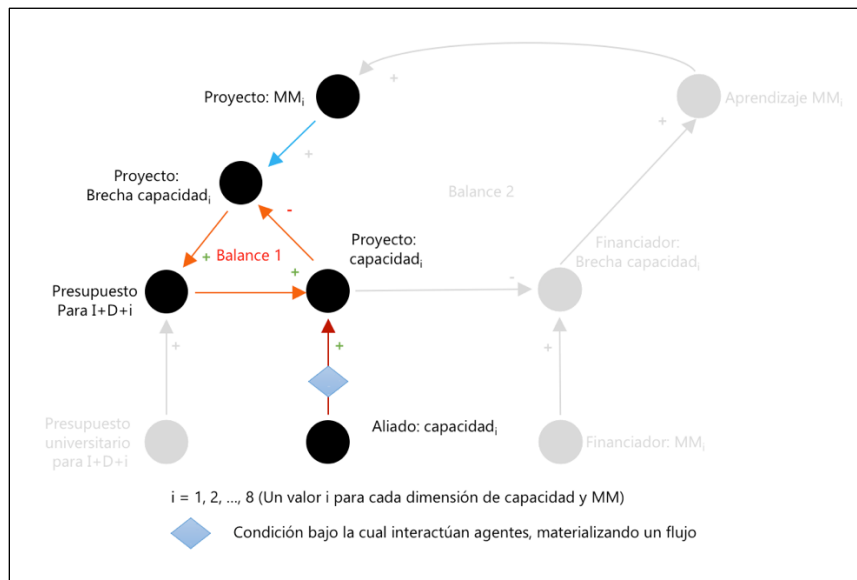
Tabla 33: Resultados simulaciones con variaciones en alianzas.

Alliances_policy	Alliances_rate	Proyectos con aliados	Proyectos post-VM			Efectividad alianzas	
			Total	Con aliados	Sin aliados	Aporte alianzas a salida VM	Éxito alianzas
False	0%	0	0,170	0	0,170	0%	
	10%	5	0,710	0,42	0,290	59%	8,4%
	20%	10	1,065	0,865	0,200	81%	8,7%
	30%	15	1,360	1,22	0,140	90%	8,1%
	40%	20	1,835	1,69	0,145	92%	8,5%
	50%	25	2,230	2,125	0,105	95%	8,5%
True	0%	0	0,155	0	0,155	0%	
	10%	5	1,205	1,045	0,160	87%	20,9%
	20%	10	1,960	1,85	0,110	94%	18,5%
	30%	15	2,955	2,8	0,155	95%	18,7%
	40%	20	3,765	3,71	0,055	99%	18,6%
	50%	25	4,320	4,275	0,045	99%	17,1%

La Tabla 33 muestra que, al aumentar el porcentaje de proyectos bajo alianzas, aumenta la cantidad de proyectos post-VM. Esto se explica porque al contar con estos aliados, se logra acceder a capacidades adicionales, que ya no tendrán que ser desarrolladas internamente. En el numeral 0 se explicó y sustentó como la interacción entre proyecto y aliado lleva a una incorporación de capacidades, que eleva algunas de las dimensiones, sin requerir un desarrollo propio, a cargo del proyecto.

La Figura 64 corresponde a una vista del diagrama híbrido. Cuando se dan las condiciones que activan la alianza, el aliado inyecta capacidades ya desarrolladas al proyecto, lo que se refleja en un aumento instantáneo sobre la dinámica del ciclo formador de capacidades (Balance 1). El efecto de integrar capacidades del aliado es una reducción instantánea de la brecha de capacidades del proyecto, exógenas al ciclo Balance 1. De esta forma, se activa más rápidamente el segundo ciclo (Balance 2), lo que significa que el proyecto será evaluado más temprano por un financiador, y que el proyecto tendrá un perfil de capacidades más desarrollado, mejorando las probabilidades de ser evaluado favorablemente. Estas ventajas explican por qué el aumento en las alianzas contribuye a incrementar la superación del VM, en estas simulaciones.

Figura 64: Diagrama con decisión de alianzas y su efecto sobre el sistema.



En todas las simulaciones que tuvieron alianzas el efecto fue favorable. Sin embargo, los escenarios que aplicaron la política de priorizar proyectos con alianzas, mostraron resultados que aproximadamente duplican a las simulaciones con la misma cantidad de aliados, pero sin la política de apoyo a las alianzas. La diferencia muestra que esta política ayudó a incrementar cantidad de proyectos post-VM. Esto se puede reconocer, por ejemplo, en el escenario con 30% de tasa de alianzas y sin política de alianzas, donde se obtuvieron 1.36 proyectos post-VM en promedio, que corresponde a una TSVM de 2.72%. En cambio, con la misma tasa de alianzas, más la activación de la política de priorización, los resultados aumentaron a 2.96 proyectos post-VM, o una TSVM de 5.91%.

De otra parte, se reconoce que los proyectos bajo alianzas cobran un rol importante, por su aporte sobre el total de salidas. Aún en el escenario más moderado, donde sólo participaron cinco aliados y no hubo políticas de priorización, los proyectos bajo alianzas contribuyeron con un 59% de las salidas. Este comportamiento aumenta a medida que participan más aliados, llegando a ser una participación del 95% en las salidas, en los escenarios donde la mitad de los proyectos tuvieron aliados. Este comportamiento es más notorio en los escenarios donde hay política de priorización de alianzas. Por ejemplo, con sólo cinco proyectos con alianzas, la contribución de estos proyectos sobre la salida es de 87%. En las simulaciones con 25 proyectos con aliados, la participación llega hasta el 99%.

Las alianzas muestran ser un movilizador importante, aunque esto no quiere decir que los proyectos que superaron el VM lo hicieron sólo con las capacidades de los aliados. La salida se da por la combinación de las capacidades internas del proyecto, y las que se integran mediante la alianza. También se reconoce que la alianza no es una condición suficiente para superar el VM: en las simulaciones donde no se aplicó la política de alianzas, la tasa de proyectos bajo alianzas que tuvo resultados exitosos varió entre el 8.1% y el 8.7%. Por su parte, en las simulaciones con política de alianzas, dicha tasa de éxito varió entre el 17.1% y el 20.9%, lo cual muestra que, aunque las alianzas aportan a incrementar las salidas del sistema, sigue siendo una minoría de proyectos bajo alianzas la que logra este resultado. En síntesis, las alianzas pueden ayudar a mejorar el perfil de capacidades de los proyectos, pero por sí solas no garantizan el resultado.

Estos resultados muestran la relevancia de estimular las alianzas, con actores del sector productivo y entidades del sistema de CTI que aporten capacidades complementarias a las universitarias, que pueden estar más centradas en la dimensión *know-how*. Sin embargo, la disposición a fomentar la colaboración en los proyectos puede ser fomentada con decisiones universitarias y acciones de promoción a la colaboración para innovar. Sin embargo, el nivel de colaboración no es gobernable en su totalidad por la universidad, pues involucra cambios de comportamiento en los miembros de la universidad, en las empresas y en otros agentes en el medio. Por este motivo, el parámetro *Alliances_rate* no es en rigor una variable de control del sistema. Por precaución, es preferible entenderla como una variable asociada a las condiciones del entorno de relacionamiento.

En cambio, el parámetro *Alliance_policy* es completamente gobernable. Aunque su materialización implica una toma de posición por parte de la universidad y su justificación ante grupos de interés, corresponde a una decisión que puede ser instrumentada de forma directa. Cabe recordar que los responsables de transferencia de tecnología de varias de universidades consultadas en los estudios de caso, están explorando instrumentos de priorización de alianzas. Dichos instrumentos inciden en la aplicación de recursos, apoyos y acompañamiento a los proyectos. Los resultados obtenidos pueden aportar a esta discusión, pues las simulaciones han mostrado un resultado favorable.

5.2.5.4 Simulaciones con variación en cantidad de proyectos

La universidad puede regular el tamaño de su portafolio de proyecto. Esto implica atender a intenciones de integrar un portafolio de proyectos amplio, para ser gestionado por la oficina de gestión de I+D; o, en lugar de ello, concentrarse en un portafolio más focalizado, con una cantidad reducida de proyectos. En condiciones normales, los recursos para el desarrollo de los proyectos, son limitados. Por esta razón, si se trata de un presupuesto total constante, la cantidad de proyectos considerados implicará aplicar una cantidad moderada de recursos en una cantidad amplia de proyectos, o entregar más recursos por proyecto a una cantidad limitada de los mismos.

Las siguientes simulaciones configuran un conjunto variable de proyectos simulados, a que se entregan recursos de un presupuesto que permanece constante para todas las simulaciones. Se busca revisar si una estrategia de muchos proyectos es más exitosa en términos de salidas de proyectos del VM; o si, por el contrario, lo es un enfoque de concentración en pocos proyectos. Para ello, se usaron los siguientes parámetros:

```
[ "RDMOs_nr" 1]                [ "Funds_nr" 4]                [ "STI_Fund_Cover" 1 0.667 0.5 0.4
[ "Project_Life_Expectancy" 30] [ "ticks_to_run" 50]           0.333 0.286]
[ "Alliance_Policy" false]     [ "Obsolescence" true]
[ "Alliances_rate" 30]        [ "Fund_demo" 30]
[ "Allies_nr" 100]            [ "Projects_Mindset" "a"]
[ "Projects_Learn" 0]         [ "Projects_nr" 20 30 40 50 60 70]
```

Se corrieron simulaciones variando el tamaño del portafolio entre 20 y 70 proyectos, controlando que el presupuesto total de la oficina de gestión de I+D se mantenga constante. Se corrieron 200 simulaciones por valor a explorar en el número de proyectos en el portafolio. El valor promedio de los resultados se presenta en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..** Estos muestran que, al aumentar la cantidad de proyectos en el

portafolio, tiende a disminuir la TSVM, que corresponde a la cantidad de proyectos post-VM dividida por la cantidad de proyectos en el portafolio.

Tabla 34: Resultados simulaciones con variación en cantidad de proyectos.

Projects _nr	Proyectos post-VM		Nivel capacidad promedio
	Cantidad	%	
20	1,03	5,2%	22,3
30	0,835	2,8%	19,8
40	0,57	1,4%	16,9
50	0,655	1,3%	15,5
60	0,47	0,8%	14,4
70	0,375	0,5%	12,9

Los resultados sugieren que un portafolio con una cantidad limitada de proyectos genera mejores resultados. Esto da soporte a un planteamiento de Markham y Mugge (2015) en relación con la gestión de portafolios de proyectos en el VM. Estos autores advierten que estos portafolios suelen fallar por que se tienen demasiados proyectos, lo cual lleva a que los recursos sean atomizados. Por ello no se alcanzan a desarrollar suficientemente.

El comportamiento que hace que más proyectos conduzcan a menos salidas del VM, se relaciona que la oficina de gestión de I+D debe distribuir los recursos disponibles entre todos los proyectos. Si esos recursos están fijos pero los proyectos aumentan, esto lleva a atomizar los recursos. El efecto es que todo el portafolio desarrolla menos sus capacidades, y serán menos los proyectos que alcancen a desarrollar capacidades que alcancen a sus MM y los MM de los financiadores. De esta forma, se constituye una barrera de salida.

La Figura 63 ayuda a entender este comportamiento: si aumenta la cantidad de proyectos que demandan fondos, mientras el presupuesto total de la universidad es constante, el presupuesto universitario para I+D+i se debe distribuir más. Esto hace que el presupuesto por proyecto disminuya, y en consecuencia las capacidades del proyecto se desarrollarán en menor medida. Esto dificulta que se alcance el nivel de capacidad suficiente para que el proyecto sea evaluado favorablemente por un financiador, y en consecuencia disminuye la TSVM.

Esta explicación es comprobable al revisar el nivel promedio de capacidad que alcanzaron los proyectos en las simulaciones anteriores, en la columna derecha de la

Se corrieron simulaciones variando el tamaño del portafolio entre 20 y 70 proyectos, controlando que el presupuesto total de la oficina de gestión de I+D se mantenga constante. Se corrieron 200 simulaciones por valor a explorar en el número de proyectos en el portafolio. El valor promedio de los resultados se presenta en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida..** Estos muestran que, al aumentar la cantidad de proyectos en el portafolio, tiende a disminuir la TSVM, que corresponde a la cantidad de proyectos post-VM dividida por la cantidad de proyectos en el portafolio.

Tabla 34. El nivel máximo de capacidades desarrolladas ocurrió cuando sólo hubo 20 proyectos en el portafolio. A medida que aumentaron los proyectos el nivel de capacidades disminuye continuamente. Esto verifica que, al aumentar los proyectos, manteniendo constante el presupuesto total, el desarrollo de capacidades se limita por efectos de la atomización de recursos.

Este comportamiento guarda cierta relación explicaciones del VM planteadas por Beard et al. (2009). Estos autores identifican que en la etapa de demostración incurren demasiados proyectos, dificultando a los inversionistas la posibilidad de evaluar y reconocer las mejores oportunidades de inversión. Esta situación está modelada en el sistema, dado que en cada semestre el financiador sólo hace una evaluación completa de un proyecto. Si hay demasiados proyectos, disminuyen las probabilidades de que todos sean evaluados por los financiadores, antes de que termine la simulación, o que los proyectos entren en obsolescencia.

5.2.5.5 Simulaciones con variaciones en cantidad de financiadores

Se indagó si una variación en la cantidad de fondos de financiación, incide en la cantidad de proyectos post-VM. Se definieron escenarios en los que se modificó la cantidad de financiadores entre uno y ocho, dejando las otras condiciones del modelo iguales a la simulación base. Se corrieron 200 simulaciones para cada escenario. Los resultados se presentan en la Tabla 35.

Tabla 35: Simulaciones con variación en cantidad de financiadores. Resultados promedio de simulaciones.

Funds_nr	Proyectos post-VM	Rondas de evaluación
1	1,679	1,000
2	1,715	1,430
3	1,926	1,658
4	1,892	1,856
5	1,974	2,124
6	1,994	2,372
7	2,096	2,317
8	2,117	2,509

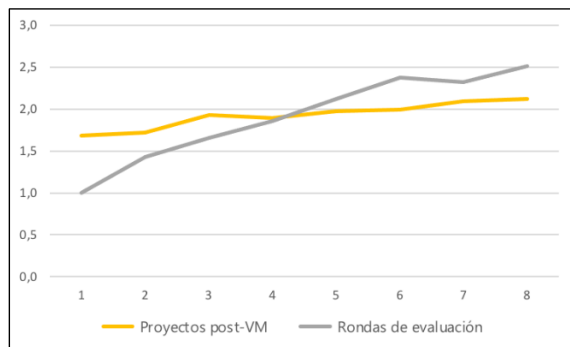
A medida que se aumenta el número de fondos de financiación, la cantidad de proyectos que superan VM tiende a crecer de forma continua. Esto sucede en todos los rangos de la simulación, excepto en uno, debido a las condiciones estocásticas del modelo. El efecto del aumento de salidas es visible si se comparan las simulaciones con un solo fondo, que obtuvieron 1.68 proyectos post-VM, es decir, TSVM de 3.36%; mientras tanto las simulaciones con ocho financiadores tuvieron 2.12 proyectos post-VM, que equivale a una TSVM de 4.23%.

Se descarta que este aumento se deba a una mayor disponibilidad de capital. El modelo representa un comportamiento simplificado del lado de los financiadores, que no los limita por la disponibilidad de recursos. En consecuencia, los fondos acceden a todo el capital que quieren invertir. Por este motivo, un aumento en el número de fondos no implica que haya mayor cantidad de capital disponible. Lo que sucede es que cada fondo es una puerta de entrada de los proyectos a las oportunidades de financiación. Dado que cada fondo es diferente, mientras más fondos estén operando, habrá más puertas disponibles, dándole opciones a los proyectos para encontrar fondos que los evalúen más favorablemente.

Se puede notar que, en los escenarios con un solo fondo, los proyectos post-VM pasaron exactamente una ronda de evaluación, lo cual significa que sólo los proyectos que cumplieron los criterios del único financiador, lograron financiarse y superar el VM. Al aumentar a dos fondos, aumentó la cantidad de rondas de evaluación que tuvieron en promedio los proyectos post-VM. Este valor significa que los proyectos tuvieron entre una y dos rondas de evaluación. Esto quiere decir que algunos proyectos fueron evaluados y aprobados en la primera ronda, tal como en el escenario anterior; mientras otros fueron rechazados por el primer financiador, pero luego se presentaron al segundo financiador, obteniendo una respuesta positiva. Por este motivo, el aumento de rondas de evaluación está ligado a un aumento en la cantidad de proyectos que lograron pasar el VM en esta simulación.

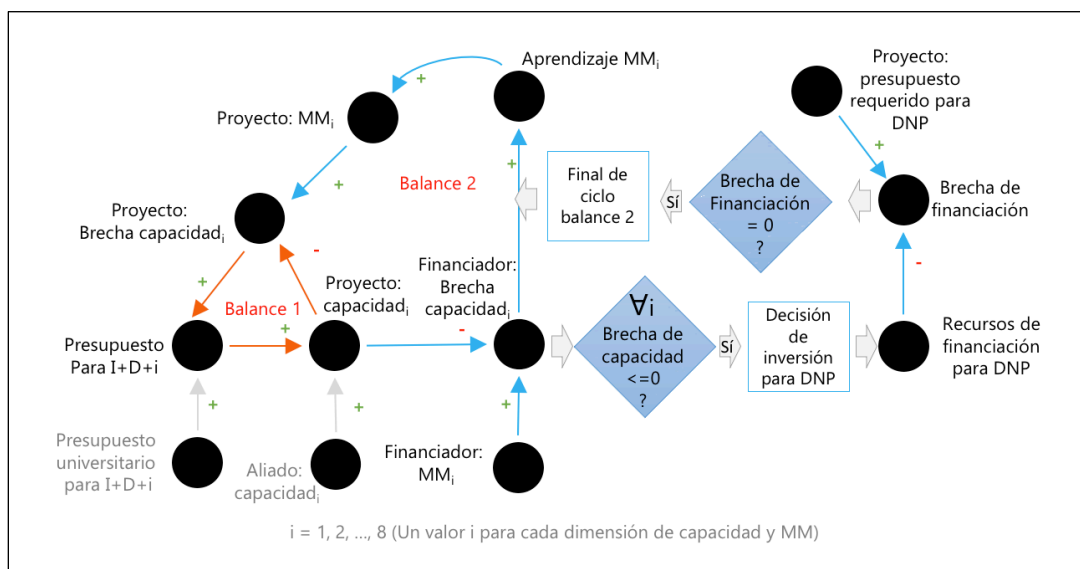
En los escenarios con tres hasta ocho financiadores, se reconoce que las salidas del sistema tienen un aumento moderado, como se visualiza en la Figura 65. Mientras tanto, la cantidad de rondas de evaluación que tuvieron estos proyectos aumenta con una pendiente más pronunciada, tal como se ve en la línea gris de la misma figura. El aumento de rondas de evaluación solo se da si se incrementa la cantidad de financiadores. También se reconoce que, al aumentar dichas rondas, mejoraron las probabilidades de que los proyectos fueran financiados. El efecto es que en las simulaciones donde el número de fondos fue mayor, se obtuvo cierta mejora en los indicadores de salida.

Figura 65: Cantidad de rondas de financiación y de proyectos post-VM, variando cantidad de financiadores.



La Figura 66 corresponde a una vista del diagrama híbrido del modelo, que puede aportar al entendimiento de por qué más fondos inciden en que más proyectos superen el VM. En la interacción entre proyectos y fondos, la decisión de financiar se basa en la comparación entre el MM del financiador y el nivel de desarrollo de capacidades del proyecto, en todas las dimensiones. Cuando el sistema tiene varios financiadores, cada uno con un MM diferente, es mayor la probabilidad de que los proyectos encuentren al menos un fondo que lo evalúe favorablemente. En cambio, si solo hay un financiador, serán menos los proyectos que cumplan con el perfil de capacidades desarrolladas para pasar tal evaluación. Esto significa que diversidad de financiadores, con heterogeneidad en sus MM, incide sobre el comportamiento del modelo.

Figura 66: Diagrama híbrido, con la decisión de invertir en el proyecto, llevándolo fuera del VM.



El comportamiento anterior es emergente, es decir, no previsto con anterioridad al diseño y construcción del modelo, y en consecuencia no es un resultado previsible *a priori*. Sin embargo, se pueden encontrar conceptos cercanos a este hallazgo, en la literatura de la brecha de financiación: Branscomb & Auerswald (2002) reconocen que parte de las soluciones para superar el VM, involucran mecanismos especializados en soportar financieramente las actividades en fase de demostración. Posteriormente, Auerswald & Branscomb (2003) identifican que, en los sistemas financieros, una evolución, en términos de aumento en cantidad y tipo de instrumentos de financiación, pueden ayudar a resolver la brecha financiera del VM. Nemet et al. (2018) confirman esta observación, encontrando que en el mercado financiero se encuentra una mezcla heterogénea de fuentes de financiación, pública y privada, para

abordar las tentativas de paso por el VM. Otros trabajos en los que se reconoce la heterogeneidad en los instrumentos de financiación incluyen a Munari et al. (2014), Munari et al. (2018) y Tassej (2014).

En el MBA, la heterogeneidad en los fondos de financiación corresponde que cada uno de ellos utiliza un MM diferente. Esta característica implica que cada financiador tiene un comportamiento único durante la evaluación de los proyectos, pues sus expectativas de inversión son definidas por su MM, y por lo tanto son heterogéneas. Cada financiador aceptará proyectos con diferentes niveles de desarrollo en cada dimensión. Del lado de los proyectos, si éstos se someten a varias rondas de evaluación, encontrarán unos financiadores más dispuestos que otros. Así, si hay uno o pocos financiadores en el modelo, las probabilidades de que un proyecto se adecue al perfil del financiador, serán más reducidas. En cambio, si el número de financiadores aumenta y cada uno tiene un perfil diferente, aumentarán las probabilidades de que un proyecto pueda interesar a alguno de los financiadores. Esto es consecuencia de que el proyecto tenga un perfil de capacidades que, aunque esté incompleto, se acerque al menos a uno de los MM de los fondos.

Hubo un hallazgo final, que también corresponde al descubrimiento de un comportamiento emergente: cuando se hizo el análisis de sensibilidad (numeral 0) se encontró que cuando el modelo corre con valores elevados en la tasa de aprendizaje de los proyectos (Projects_Learn), se neutraliza el efecto del aumento de financiadores. Si los proyectos pueden aprender a una tasa elevada, modifican sus MM rápidamente, después de interactuar con un financiador, y ajustan a continuación su perfil de capacidades, para volver a presentar el proyecto al mismo financiador. De esta forma, al tener proyectos con la habilidad de modificar aceleradamente su MM, deja de ser relevante la presencia de múltiples financiadores, con heterogeneidad en sus MM. En otras palabras, una capacidad elevada de aprendizaje por inducción en los proyectos, disminuye la importancia de una oferta diversificada de mecanismos de financiación.

5.2.5.6 Simulaciones con variaciones en MM

El modelo permite configurar los proyectos con diferentes tipos de MM, para identificar hasta que punto variaciones en los MM cambian la salida del modelo. Para este experimento, se definieron cuatro categorías de MM, a partir de los MM reales, registrados de los casos, e interpretados en el numeral 0:

MM tipo "s" o "successful": asigna a los proyectos MM semejantes a los que se identificaron en los casos exitosos, es decir, que habían superado el VM. Al escoger este perfil, se introduce deliberadamente un sesgo en la simulación, al cargar el modelo con proyectos parecidos a los que mostraron resultados positivos. Se espera que este tipo de proyectos tenga mayor probabilidad de pasar el VM.

MM tipo "c" o "critical": define los MM de los proyectos a partir de los encontrados en los casos críticos, es decir, aquellos que al cierre del estudio de casos no han salido del VM. Este perfil se introduce un sesgo en el modelo, cargándolo con proyectos semejantes a los que no mostraron resultados favorables. La expectativa es que, al simular estos proyectos tengan una menor probabilidad de superar el VM.

MM tipo "a" o "all": Utiliza los MM de los casos críticos y exitosos para definir los MM de los agentes proyecto. Al ser una combinación, da lugar a una mezcla más heterogénea de agentes. Al recoger el perfil de la mezcla de casos exitosos y críticos, se espera reducir sesgos en el modelo, y obtener un comportamiento más cercano a la realidad. Por este motivo, en las simulaciones previas a éstas, se utilizó el MM tipo "a".

Tipo "f" o "fund-like": se utiliza para hacer simulaciones bajo condiciones ideales, que permitirán explorar qué pasaría si los innovadores tuvieran MM parecidos a los financiadores. Para ello, las simulaciones con este tipo, utilizan los MM de los financiadores consultados en el estudio de casos, para inicializar los proyectos con MM que se acercan a los de los fondos. En este escenario ideal, se espera maximizar la cantidad mayor de proyectos que superan el VM. Al ser un escenario ideal, los resultados sirven como referencia, para comparar otros escenarios.

Se agregó una segunda dimensión al análisis. Según Holland (1989), los agentes toman decisiones y desencadenan acciones a partir de pronósticos basados en sus MM. Cuando hay una brecha entre el pronóstico y los resultados, identifican fallos en sus MM, y ejecutan un proceso de aprendizaje que concluye en la modificación de sus MM. Con

este ajuste, los agentes esperan mejorar su desempeño futuro. En el numeral 0, se comprobó que en los casos exitosos se dio dicho proceso de aprendizaje, a partir de información aportada por los líderes de dichos proyectos.

Este aprendizaje fue representado en el modelo. Después de que un proyecto es rechazado por el financiador, revisa las diferencias entre su MM y el MM que usó el financiador. Reconociendo dicha diferencia como una brecha en su propio MM, asimila una parte de esta brecha y la incorpora a su nuevo MM. Se utiliza el parámetro `Projects_Learn` para controlar qué porcentaje de la brecha es incorporada como aprendizaje, tras la evaluación de un proyecto.

Se corrieron simulaciones que consideraron la variación de dos parámetros: el tipo de MM y el nivel de aprendizaje de los proyectos. A continuación, se presentan los parámetros cargados en NetLogo para estas simulaciones:

```
[ "RDMOs_nr" 1]                [ "Projects_nr" 50]                [ "Projects_Mindset" "c" "a" "s" "f" ]
[ "Project_Life_Expectancy" 30] [ "Funds_nr" 4]                    [ "Projects_Learn" 0 20 30 40 ]
[ "Alliance_Policy" false]      [ "ticks_to_run" 50]               [ "Alliances_rate" 0 ]
[ "STI_Fund_Cover" 0.7]         [ "Obsolescence" true]
[ "Allies_nr" 100]              [ "Fund_demo" 100]
```

Para centrar las simulaciones en los MM y los aprendizajes, se ajustaron los parámetros, para eliminar influencias exógenas de los aliados, y evitar sesgos por diferencias en el peso las dimensiones de MM: se puso la tasa de alianzas en cero para eliminar la influencia de capacidades aportadas por aliados. Así se garantizó que los comportamientos se asociaran exclusivamente al desarrollo interno de capacidades de los proyectos, en el marco de sus MM. También se estableció el valor de `Fund_demo` en 100%, para que los recursos para actividades de I+D y de demostración, fueran iguales. Con ello se trató de evitar que, como efecto del desbalance de recursos para diferentes dimensiones de capacidad, el comportamiento de los MM tuviera un efecto mayor con algunas dimensiones.

Tabla 36: Simulaciones con variaciones en MM y aprendizaje. Promedio de resultados.

Projects _learn	Projects_mindset				
	c	a	s	f	
0%	1,370	1,730	3,545	5,150	
20%	1,735	2,310	3,475	5,280	
30%	4,310	4,835	5,040	6,470	
40%	4,370	4,305	5,360	7,075	

La Tabla 36 muestra la cantidad de proyectos post-VM, para cada escenario. El nivel de salida de proyectos post-VM tiene una variación para los cuatro tipos de MM, siendo el nivel más bajo el de los proyectos con MM **tipo c**. Esto tiene sentido porque dicho perfil fue construido a partir de los MM de un grupo de proyectos reales, que no han superado el VM. Si se compara este grupo con el de los proyectos **tipo s**, se encuentra que el nivel de salidas de este segundo grupo es dos veces y media mayor, lo cual se debe a que los proyectos iniciaron con MM definidos a partir de los MM de proyectos reales, que superaron el VM. También tiene sentido que en las simulaciones **tipo a**, que combinan los MM de los casos exitosos y críticos, se tengan resultados intermedios.

Finalmente, en las simulaciones donde se aplicaron MM **tipo f**, se obtuvo una salida que supera a los otros grupos. Esto es explicable porque en este escenario ideal, los financiadores y los proyectos inician con MM similares. Esto conduce a que los proyectos desarrollan capacidades más cercanas a las expectativas de los financiadores, obteniendo una respuesta mucho más favorable en la evaluación financiera. Las simulaciones con MM **tipo f** no son realistas. Parten de un supuesto no realizable, consistente en tener dos agentes que, pese a sus diferencias históricas de roles, formación, competencias e intereses, comparten MM afines. Sin embargo, sirven como referencia para entender que cuando los MM de los proyectos y de los financiadores se parecen más, es más probable obtener una decisión positiva de financiar y llevar más proyectos fuera del VM.

En el análisis transversal de los casos (numeral 0), se compararon los MM de los financiadores con los MM de los proyectos, tanto exitosos como críticos. Se encontró que los casos exitosos tienden a tener MM más cercanos los financiadores. En comparación, los casos críticos mostraron MM con una mayor brecha con respecto a los MM de

los financiadores. Los resultados de las simulaciones en la Tabla 36 van en el mismo sentido, pues agentes que utilizan MM **tipo s** muestran el mismo efecto, logrando más proyectos post-VM. El aumento en la salida se explica por la cercanía de sus MM y con financiadores. Lo contrario sucede con los agentes con MM **tipo c**.

Este comportamiento puede explicarse en el marco del sistema: la decisión de invertir en un proyecto depende de que, al evaluar las brechas de capacidad en todas las dimensiones, estas sean nulas o negativas. Si es así, el proyecto cumple, o excede, el mínimo esperado en el MM del financiador. Si esta condición se cumple, el proyecto recibe financiación para superar el VM. Los proyectos que al iniciar la simulación tienen MM semejante al del financiador, tienen mayor probabilidad de que en la evaluación, las brechas sean nulas o negativas. En caso de que sean moderadas, pueden ajustarse rápidamente, en los ciclos siguientes de la simulación. Esta situación se dio en las simulaciones con MM **tipo s**, y aún más cuando los proyectos tuvieron MM **tipo f**.

La situación contrasta si se inicia con una diferencia marcada entre el MM del proyecto y el del financiador, como sucede cuando se aplicaron MM **tipo c**: cuando el financiador evalúa la brecha de capacidad, encuentra que el desarrollo del proyecto está lejos de lo que espera. Esto garantiza el rechazo del proyecto. Esto lleva a una menor TSVM, tal como se encontró en las simulaciones con dicho MM.

Sin embargo, este comportamiento tiene una derivación: cuando los proyectos son rechazados, se activa el aprendizaje. El líder del proyecto reconoce que su fracaso en obtener financiación se debe a una brecha entre sus capacidades y las expectativas del financiador. Se sabe que el proyecto desarrolló sus dimensiones de capacidad hasta alcanzar su propio MM. Esto significa que la brecha de capacidades que motivó el rechazo es un reflejo de la diferencia entre los MM de los agentes. Esta reflexión lleva a un aprendizaje por inducción (Holland et al., 1989) que modifican algunas dimensiones del MM del proyecto, para acercarlas al MM del evaluador. En la Tabla 37 se reconoce este aprendizaje que modifica el MM del proyecto, como parte de la dinámica del ciclo Balance 2.

En este punto entra en juego el parámetro `Projects_Learn`, que determina qué tanto de la brecha es reconocida y asimilada en el nuevo MM del proyecto. Al aumentar la tasa de aprendizaje, el MM del proyecto se modifica más rápido, lo que lo conduce a una mayor actividad de desarrollo de capacidades en los semestres siguientes, mediante ciclos de Balance 1. En algún momento, el proyecto estará listo para volver ser evaluado, teniendo un perfil de capacidades más desarrollado. En la nueva evaluación aumentan sus probabilidades de éxito. En resumen, un mayor valor de `Projects_Learn` provoca un mayor ajuste del MM del proyecto, un mayor desarrollo de capacidades, y con ello incrementa las probabilidades de obtener financiación para superar el VM.

Lo anterior es confirmado con los resultados de estas simulaciones: En la Tabla 36, el grupo de simulaciones con MM **tipo a** y sin aprendizaje, arrojaron en promedio 1.73 proyectos post-VM, que corresponde a una TSVM de 3.46%. En cambio, si estos mismos proyectos aprenden tras ser evaluados, cubriendo un 30% de la brecha de MM, se obtiene una salida de 4.83 proyectos post-VM, que corresponden a una TSVM de 9.67%.

Para completar el análisis, se determinó qué tanto varían los MM de los proyectos durante el periodo simulado. Se calculó la variación en dichos MM a lo largo del periodo simulado, con la siguiente fórmula.

$$\text{Variación de MM} = \frac{\text{MM}_{\text{final}} - \text{MM}_{\text{inicial}}}{\text{MM}_{\text{inicial}}} - 1$$

Tabla 37: Aprendizaje de los proyectos, calculado como variación de sus MM. Valores promedio.

Projects_learn	Projects_mindset			
	c	a	s	f
0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
20%	3,7%	2,9%	0,7%	0,6%
30%	8,1%	6,3%	2,7%	2,4%
40%	8,0%	6,6%	2,6%	2,5%

Los resultados se presentan en la Tabla 37. Cada combinación (tipo de MM vs % de aprendizaje) utiliza datos de las mismas simulaciones que se reportaron en la Tabla 36. A medida que se incrementa Projects_Learn, es mayor la variación de los MM, como se reconoce al recorrer la Tabla 37 verticalmente. De otra parte, se reconoce que los proyectos con una brecha de MM superior manifiestan mayor variación en sus MM. Esto sucede especialmente en los proyectos con MM **tipo c**, seguidos por los **tipo a**. En cambio, en las simulaciones donde la brecha inicial de MM es menor, la variación también fue moderada. Esto sucedió en los proyectos con MM **tipo f**, seguidos por los **tipo s**. Es comprensible que, si la brecha de MM es moderada, también lo será el ajuste de los MM de los proyectos.

En otras palabras, a mayor brecha, mayor ajuste. Por esta razón, proyectos con MM **tipo c**, que son los de mayor brecha, llegan a variaciones de hasta 8,1% en sus MM; les siguen los proyectos con MM **tipo a**, con variaciones de hasta 6.6%; los que tienen MM **tipos s** tienen variaciones de hasta 2,7%; por último, los proyectos **tipo f**, en los que intencionalmente se minimizó la brecha de MM, manifiestan las menores variaciones, de hasta 2.5%.

La revisión de las dos dimensiones muestra que el tipo de MM es significativo para incidir en la capacidad del sistema para llevar proyectos fuera del VM. El análisis final puede descartar los proyectos **tipo f**, que fueron utilizados sólo para fines de comparación frente a una situación ideal. Aún se puede reconocer que cuando se utilizaron los MM de los proyectos exitosos, se tuvo una TSVM significativamente mayor que con los proyectos críticos. Sin embargo, cuando se activan los procesos de aprendizaje, dicha diferencia se modera. Los proyectos con mayor brecha, definidos a partir de los MM de los casos críticos (**tipo c**) tuvieron un mayor aprendizaje que los proyectos más cercanos a las expectativas de los financiadores (**tipo s**). Esto implica que el aprendizaje modera el efecto de las diferencias iniciales entre los MM. Este efecto moderador se corrobora con datos de La Tabla 36: en las simulaciones sin aprendizaje, la TSVM de los proyectos **tipo s** fue 2,59 veces mayor que la de los proyectos **tipo c**. En cambio, en las simulaciones con 40% de aprendizaje, la TSVM de los **tipo s** sólo superó a la de los **tipo c** en 1,23 veces. Estos resultados confirman que el aprendizaje acortó las diferencias.

Cabe aclarar que el parámetro Projects_Learn define la tasa de aprendizaje que tiene un proyecto en un evento discreto, que es la evaluación por parte del financiador. Esto significa que Projects_Learn determina a un aprendizaje eventual, que no sucede a lo largo de la vida del proyecto. En cambio, la variación en los MM calcula el efecto acumulado de todos los eventos de aprendizaje del proyecto.

Si se verifica el valor de variaciones de MM en la Tabla 37, contra lo sucedido en los casos reales, se comprueba que estas tasas de variación son viables en la realidad. La máxima variación de MM en las simulaciones fue de 8.1%. Por su parte, el aprendizaje en los casos, calculado como variación en los MM, alcanzó niveles de 15% o superiores (Tabla 26). Esto significa que las tasas de aprendizaje aplicadas en las simulaciones corresponden a un valor factible en la realidad, dado que en los casos se encontraron tasas que incluso son mayores que las de simulación.

5.2.5.7 Simulaciones de síntesis

Un escenario final recopiló los mejores comportamientos en las simulaciones previas, buscando una combinación de parámetros capaz de arrojar mayores salidas del sistema. Los parámetros fueron:

["RDMOs_nr" 1]	["Obsolescence" true]	["Funds_nr" 8]
["Project_Life_Expectancy" 30]	["Fund_demo" 100]	["Projects_Mindset" "a"]
["Alliances_rate" 30]	["STI_Fund_Cover" 0.8]	["Projects_Learn" 30]
["Allies_nr" 100]	["Projects_nr" 30]	
["ticks_to_run" 50]	["Alliance_Policy" true]	

En los escenarios que variaron las políticas de asignación de recursos para los proyectos, se encontró que la cantidad de proyectos post-VM aumentó, tanto al incrementar el parámetro STI_cover como Fund_demo. Sin embargo, el primer parámetro depende de políticas institucionales universitarias que inciden sobre las asignaciones presupuestales; en cambio, el segundo parámetro incide sobre la distribución de los mismos recursos, una vez estos

han sido asignados. También se encontró que el sistema tuvo un mejor comportamiento cuando la distribución de recursos fue más equitativa entre las actividades de I+D y de demostración, independiente del presupuesto total asignado. Por este motivo, en la simulación de síntesis, se asignó al parámetro Fund_demo un valor de 100%, que establece las condiciones de balance entre los dos tipos de actividades.

A continuación, se reconoció que cuando se manejan portafolios con una cantidad moderada de proyectos, se tienen mayores resultados a la salida del VM. Por este motivo, se definió un valor de 30 proyectos en la simulación. Al moderar la cantidad de proyectos, fue posible incrementar el parámetro STI_Fund_Cover al 80%. Este valor se definió considerando que, con pocos proyectos en el portafolio, es factible aumentar la cobertura presupuestal, sin que esto implique un desembolso de recursos excesivo para la universidad. No se llevó este parámetro hasta 100%, para evitar un escenario de tipo no económico, donde los proyectos no compitan por recursos.

En los escenarios donde se variaron las alianzas, las salidas del sistema aumentan con la tasa de alianzas. También, se incrementa si se activa una regla de asignar recursos dándole prioridad a los proyectos bajo alianzas. El primer parámetro no depende exclusivamente de decisiones internas de la universidad, por lo cual en esta simulación se mantendrá el valor establecido en la simulación base, de 30%. En cuanto a la política de priorizar alianzas, se activará.

En los escenarios donde varió la cantidad de financiadores, se encontró que al aumentar la cantidad de financiadores interactuando en el modelo, hay más oportunidades de que un proyecto sea aprobado por alguno de ellos, como consecuencia de la heterogeneidad en sus MM. Se optó por darle un valor a este parámetro de ocho financiadores, bajo el supuesto de que si la universidad tiene la posibilidad de hacer gestiones para un relacionamiento activo con diferentes mecanismos de financiación. Así, es viable que incremente la cantidad de financiadores con los que se relaciona. Adicionalmente, se tiene la opción de crear nuevos instrumentos de financiación por parte de la propia universidad, tal como los que consideran Gubitta et al. (2015), Munari et al. (2015), Munari et al. (2018). Bajo estas consideraciones, Funds_nr se estable en un valor de 8 para la simulación.

Con respecto a los MM, se selecciona el **tipo a**, pues corresponde a la combinación de MM más cercana a la realidad. Dado que también se reconoció que el aprendizaje incide en un aumento de los resultados, se estableció Projects_Learn en 30%, valor que mostró resultados significativos y justificables en la realidad. Se descartó el valor de 40% porque se confirmó que el sistema pierde sensibilidad para valores más elevados de este parámetro.

Se ejecutaron 200 simulaciones, obteniendo como resultado un valor promedio de 8.23. proyectos post-VM. Dividido este valor entre 30 proyectos en cada simulación, la TSVM equivalió al 27.4%. El resultado en este escenario fue muy superior a los valores obtenidos en las otras simulaciones donde sólo se trabajó con uno o dos parámetros.

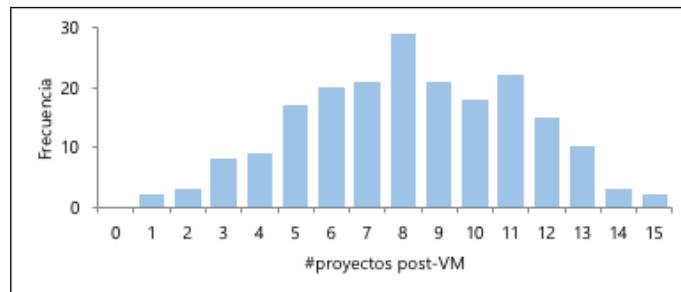
En los escenarios previos predominaron TSVM inferiores al 10%. Las excepciones fueron aquellos en los que los proyectos tuvieron los MM de los financiadores (**tipo f**). Sin embargo, estas escenarios no reflejan *a priori* a las características de los proyectos que fueron encontradas en los casos, cuyos MM se clasificaron como **tipo s** y **tipo c**. Por esta razón, para llevar al mundo real los comportamientos registrados en los escenarios de simulación basados en MM **tipo f**, sería necesario adelantar acciones previas en las universidades, para acelerar el aprendizaje por parte de los líderes de futuros proyectos de I+D+i, para que así estos inicien con MM parecidos a los de los financiadores. Esto podría ser representado, por ejemplo, en una versión futura del modelo de simulación, donde se representen los proyectos en un flujo continuo, y proyectos de I+D+i futuros aprovechen el aprendizaje del pasado, para modificar sus MM, desde antes del inicio de los proyectos.

Los escenarios desarrollados en todas las simulaciones previas, presentadas entre los numerales 0 y 0, dieron TSVM inferiores al resultado presente, de la simulación de síntesis. Por este motivo, se toma como favorable que, al combinar los diferentes valores favorables en los parámetros individuales, se haya alcanzado un resultado de 27.4% como TSVM, efecto de la sinergia entre las diferentes decisiones individuales sobre los parámetros.

El escenario de síntesis combinó valores favorables en cuanto a la aplicación de reglas para la distribución presupuestal de la universidad, limitaron la cantidad de proyectos en el portafolio de I+D+i, y activaron una regla de priorización a los proyectos en alianza. También involucró que se hicieran gestiones para garantizar diversidad de mecanismos de financiación. Finalmente, se estableció un nivel de aprendizaje significativo, bajo el cual los

innovadores revisan y mejoran los MM de los proyectos, ajustándose a los requerimientos de los financiadores y compensando divergencias iniciales entre los MM de ambos agentes. Estas decisiones favorables, representadas en los parámetros establecidos, generaron un comportamiento sinérgico en las simulaciones. Se alcanzó un nivel de salidas significativamente superior a lo obtenido en el escenario base (numeral 0), que fue 3.18% en la TSVM. Entre las simulaciones base y las de síntesis, donde se mejoraron los parámetros, la TSVM se incrementó 8.6 veces. Así mismo, el histograma de la Figura 67 muestra que la moda del valor de proyectos post-VM en el escenario de síntesis fue 8, mientras que en el escenario base, dicha moda apenas fue de 1.

Figura 67: Histograma con resultados de simulaciones de síntesis.



5.3 Integración de resultados e implicaciones para gestión de proyectos

Los resultados de las simulaciones y los casos son comparables, pues ambos se enfocaron en los mismos factores y sus relaciones. Estos elementos también se consideraron al inicio del trabajo de campo, que se identificaron los factores (en la Tabla 12) para el diseño del estudio de casos. A continuación, se integran los resultados de la identificación de factores, los casos y las simulaciones. Tras integrar los hallazgos, se derivan propuestas de lineamientos para gestionar proyectos de I+D+i, buscando a una mejora de la TSVM.

Variaciones en políticas de asignación de recursos:

Al inicio del estudio de casos, se revisaron los factores que actúan como barreras en el VM (numeral 0). Este análisis, que se sintetizó en la Tabla 12, señaló factores de mayor incidencia, expresados como barreras, y relaciones causales entre dichos factores. Las relaciones causales identificadas, luego fueron confirmadas en los casos, y reproducidas en las simulaciones. La Tabla 12 identifica las siguientes relaciones:

Condiciones institucionales -> Financiación al proyecto -> Desarrollo de dimensiones de capacidad

Esta secuencia de relaciones conforma una rama del modelo de sistema presentado bajo un diagrama híbrido (Figura 57). El desarrollo de las capacidades requiere transferencias presupuestales, cuya asignación depende de reglas institucionales de asignación de recursos. Estas controlan la condición bajo la cual fluyen recursos del presupuesto para I+D+i hacia el proyecto. Si se activa el flujo, el proyecto recibe recursos y desarrolla cada dimensión de capacidad hasta el nivel definido en el MM del proyecto. Sólo si fluyen los recursos, el proyecto puede madurar sus capacidades hasta considerarse aceptable para un financiador. Esta secuencia de eventos, activando las interacciones que eventualmente conducen el proyecto fuera del VM.

Las simulaciones mostraron que la TSVM es sensible a variaciones en las asignaciones presupuestales para I+D+i. También es afectada por la distribución de dicho presupuesto entre actividades de I+D, relacionadas con el desarrollo de la dimensión *know-how*, y otras actividades de fase de demostración, que inciden en las otras siete dimensiones de capacidad. Las simulaciones con mejores resultados de TSVM, tuvieron mayor asignación de recursos totales y una distribución equilibrada, a través del parámetro Fund_demo.

Cuando se identificaron los factores incidentes y sus relaciones causales, en la Tabla **12**, una de las relaciones causa-efecto con el nivel más alto de ocurrencia en las universidades, apunta a que las fallas institucionales en la universidad tienen un efecto en la falta de financiación. Por su parte, la falta de financiación muestra un efecto de la misma intensidad sobre el no dominio de las dimensiones. Esta vinculación causal en dos etapas es adecuada para reconocer lo que sucedió en los escenarios con variaciones en las políticas de asignación de recursos. En el modelo, condiciones institucionales no propicias se manifiestan como reglas que afectaron la financiación de los proyectos. Esto a su vez reduce el desarrollo de capacidades. El efecto final es una disminución de la TSVM.

Las relaciones causales de la Tabla **12** pueden leerse en términos de resolución de barreras: condiciones institucionales favorables, manifestadas en reglas que asignen más recursos para I+D+i, y los distribuyan balanceadamente entre I+D y actividades de demostración, favorecen el desarrollo de capacidades. Esto lleva a un aumento de TSVM. Esto se replicó en la simulación donde STI_cover y Fund_demo fueron más altos.

En el estudio de casos se revisó si el factor **instituciones** tiene efectos sobre el suministro de recursos financieros a los proyectos. En muchos casos críticos se manifestaron situaciones de acceso limitado a recursos de la universidad. De forma repetida, los proyectos tuvieron problemas para financiar versiones avanzadas de prototipos o productos mínimos viables. Esta situación obligó a que algunos proyectos tuvieran como versión de muestra un prototipo a escala diferente de la ofrecida, diseños en planos, o versiones simuladas. También se reportaron casos en los que no se asignaron recursos suficientes, los recursos se demoraron en llegar, o el acceso a los recursos desapareció al concluirse los plazos del proyecto de investigación inicial.

El análisis del factor **instituciones** en el estudio de casos, planteó una proposición: *Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre el acceso a recursos para el desarrollo de dimensiones de capacidad.* Esta proposición interpreta bien a las simulaciones que variaron las políticas de asignación de recursos.

Los hallazgos de las tres fases se refuerzan entre sí. Esta situación lleva a considerar lineamientos que revisen las políticas de asignación de recursos. En la práctica de las universidades, estos pueden dar pie a instrumentos de financiación de actividades en fase de demostración. Como mostró la simulación, un aumento del presupuesto total, arrojó mejores resultados en la TSVM. Sin embargo, esta decisión implica una apuesta estratégica con implicaciones económicas para la universidad. En todo caso, es importante que los directivos universitarios reconozcan que se requiere asumir apuestas presupuestales, si se quiere incrementar la salida de innovaciones hacia sectores productivos y sociales, y generar un impacto en relación con la tercera misión de la universidad.

De otra parte, un cambio en el balance entre los recursos para las actividades de demostración, respecto a los correspondientes para I+D, mostró efectos positivos. Una definición clara de los presupuestos disponibles para las actividades de demostración facilitaría la constitución de un fondo para este propósito. Este tipo de mecanismos puede contribuir a resolver restricciones para completar pruebas de concepto, demostraciones, estudios de mercado, u otras dimensiones diferentes al *know-how*. En la literatura del VM se encontraron varias propuestas asociadas a fondos de esta índole, sirviendo como referente para instrumentar mecanismos financieros, que ayuden a resolver las brechas en dimensiones de capacidad en la fase de demostración.

Variaciones en alianzas:

Las simulaciones mostraron qué tanto al aumentar la cantidad de proyectos con aliados, como al aplicar políticas de fomento a alianzas, se incrementa la TSVM. Este resultado guarda afinidad con dos de las relaciones causales identificadas en la Tabla 12: las fallas institucionales mostraron una alta incidencia sobre el relacionamiento en redes; por su parte, el relacionamiento en redes mostró un efecto importante sobre el acceso a la financiación.

En los estudios de caso se encontró una fuerte asociación entre la participación de aliados en el proyecto, y la superación del VM. Esto fue explicado porque los aliados aportan capacidades al proyecto, acelerando el cumplimiento del perfil de capacidades para convertirse en una unidad de negocios. Del análisis de los casos, surgió la siguiente proposición: *aliados industriales y comerciales contribuyen a desarrollar las capacidades del proyecto, en diversas dimensiones.* De los casos, también se encontró que condiciones institucionales inadecuadas para la concreción de las alianzas generaron bloqueos para varios de los proyectos críticos. Por ello, se planteó la siguiente

proposición: *Definiciones, normas o procedimientos de la universidad, tienen efecto sobre la materialización de alianzas, para el proyecto de I+D+i.*

Cabe discutir posibles lineamientos para el desarrollo de proyectos de I+D+i universitarios bajo alianzas. Esta revisión requiere que la universidad defina hasta dónde le interesa y puede llegar en la materialización de las iniciativas de innovación. Esta definición lleva a interpretar su manera de cumplir con la "tercera misión". El rol de los aliados y las universidades será diferente si la universidad determina que quiere actuar como empresaria, o si la universidad se visualiza como una entidad con capacidades para desarrollar paquetes tecnológicos, y transferírseles a aliados. En cada caso, el rol de los aliados, y las capacidades de las partes, deben ser diferentes.

Parte de la reflexión se puede encausar con las ocho dimensiones de Danneels (2002). Según este autor, para materializar una innovación, se requiere un arreglo de capacidades. Por esta razón, es pertinente que cada universidad determine si cuenta con experiencia, recursos y mecanismos para desarrollar todas las capacidades, o sólo algunas de ellas. En el último caso, puede ser una buena estrategia la búsqueda de aliados que cubran las capacidades complementarias. Una opción para gestionar alianzas partiría de reconocer el perfil de capacidades buscadas, para llevar los proyectos fuera del VM. Tras ello, podrán buscarse aliados con el perfil complementario, en los sectores económicos propios de cada proyecto. Esto implicaría gestionar alianzas mediante hojas de ruta que determinen los cursos de acción para completar el perfil de capacidades, con la vinculación de aliados.

También cabe considerar el desarrollo de mecanismos favorables a las alianzas. Para iniciar esta alternativa, es necesario que las universidades reconozcan condiciones institucionales, como políticas, procedimientos y trámites que actúen como barreras para la concreción de alianzas, tales como: dificultades en los trámites que soportan los acuerdos, posiciones de propiedad intelectual que se vuelven inaceptables para la otra parte, esquemas de valoración de los activos intangibles que no son realistas o claros. Estos son ejemplos de problemas encontrados en los casos y que jugaron contra la materialización de alianzas.

Tras revisar estas posibles restricciones, el paso siguiente será considerar políticas e instrumentos favorables a las alianzas. En algunas universidades estudiadas, se han considerado estrategias como, aplicar instrumentos en las convocatorias que le den puntos adicionales a los proyectos bajo alianzas; o exigir la participación de aliados, como condición para ser elegible en las convocatorias. Una de las universidades indicó que, por política, ha definido que no le interesa llegar por su cuenta al mercado. Por esta razón, los proyectos de I+D+i requieren un aliado, y en caso de que el aliado se retire, el proyecto se detiene. Esta condición puede ser extrema, pues de retirarse un aliado se deberán buscar contramedidas para continuar adelante. Sin embargo, es un ejemplo interesante de lineamientos de gestión favorables a las alianzas.

En cualquier caso, las definiciones institucionales pro-alianzas deberían establecerse dentro del campo de los proyectos concebidos para ser I+D+i. No se puede generalizar una política de alianzas con empresas, para aplicarla a proyectos de investigación, no pensados para desencadenar actividades de innovación. La aplicación de lineamientos para la innovación hacia proyectos universitarios que no tienen dicho propósito se podría volver restrictiva y contraproducente para los proyectos de investigación, que deberían gestionarse bajo criterios diferentes.

Variación en cantidad de proyectos:

Aunque este no fue un factor explorado en los estudios de caso, constituyó un parámetro del modelo y fue objeto de simulaciones. En estas se encontró que cuando los portafolios de proyectos son limitados en número, cada proyecto puede acceder con mayor facilidad a los recursos que necesita. En cambio, un portafolio con excesivos proyectos lleva a una atomización de los recursos, disminuyendo el desarrollo de capacidades de los proyectos y aumentando las posibilidades de que estos queden atrapados en el VM.

Una reflexión al interior de la universidad, tendiente al descubrimiento de lineamientos para gestionar los proyectos en fase de demostración, implica reconocer hasta qué punto interesa tener portafolios amplios. A este respecto, cabe reconocer una diferencia entre un portafolio de proyectos de investigación básica y aplicada, y uno de proyectos en fase de demostración. En el primero, posiblemente sea favorable una cantidad amplia de proyectos, gestionados por el área de investigación, encaminados al objetivo de adquirir nuevos conocimientos en múltiples

campos. En cambio, al pasar a demostración, ya no se trata de proyectos para generar conocimiento, pues esta meta se cubrió cuando dichos proyectos se encontraban en fase de I+D. Como apuntan Beard et al. (2009), en el VM se pasa de criterios de generación de conocimiento, a otros de tipo económico. Por ello, es probable que en la fase de demostración, tenga más impacto focalizar los recursos en pocos proyectos con altas probabilidades de superar el VM. Así, se rompe la barrera que señalan Markham & Mugge (2015), quienes establecen que la atomización de recursos suele llevar a que los proyectos se queden a mitad de camino y no superen el VM.

Variaciones en cantidad de financiadores

La cantidad de financiadores no fue considerada directamente como un factor en el estudio de casos, aunque está relacionada de forma indirecta con el factor **financiación**.

Al simular, se identificó que cuando la cantidad de financiadores en el sistema es mayor, la TSVM aumenta. Esto fue explicado porque si hay muchos evaluadores, con criterios diversificados entre sí, la heterogeneidad en los criterios de evaluación aumenta la probabilidad de que un proyecto sea evaluado favorablemente.

Buscar un aumento en la cantidad de financiadores no necesariamente implica perseguir el surgimiento de nuevo instrumentos de financiación. Esto depende de elementos externos a la universidad. Lo que sí está al alcance de la gestión universitaria, es la intensidad de su interacción con los mecanismos de financiación en el medio. Así, la universidad puede gestionar un aumento en el grado de involucramiento de los financiadores en el conocimiento y evaluación de los proyectos de la entidad. Incluso se pueden crear mecanismos para que los financiadores sigan al tanto de algunos proyectos, a medida que su perfil de capacidades evoluciona. Esta cercanía puede mejorar el entendimiento de las expectativas y los criterios de los financiadores, bajo los cuales los proyectos son calificados como meritorios para superar el VM. Esto puede transformar los MM. También se crean más puertas de entrada a la financiación, aumentando las posibilidades de que un proyecto encuentre los recursos faltantes, en una de ellas.

Aunque no se puede esperar que la universidad tenga una incidencia directa en la conformación de fondos e instrumentos en el sistema regional de CTi, es posible que las universidades constituyan fondos propios, aumentando las fuentes disponibles. Esto es favorable, pues en la simulación se validó que el incremento de sólo un fondo, tiene un impacto positivo sobre la cantidad de proyectos post-VM. Los fondos propios de las universidades tienen el beneficio adicional de generar un efecto de "señal" (Gubitta et al., 2016) para el resto de los inversionistas. Esto se debe a que, en ausencia de otras formas rápidas para disminuir las asimetrías de información, los financiadores reconocen que cuando una universidad invierte en sus proyectos, suele ser una señal de que dicha iniciativa constituye una buena oportunidad. Munari et al. (2016) estudian mecanismos para financiar pruebas de concepto. En una línea semejante, Munari et al. (2015) estudian el impacto de fondos universitarios de capital semilla en el aumento en la capacidad innovadora. Por último, Munari et al. (2018) revisan los dos tipos de fondos anteriores, como estrategias para que las universidades resuelvan la brecha de financiación. Estos antecedentes sirven de referencia para considerar mecanismos constituidos por las universidades, para actuar como financiadores en parte de sus proyectos en fase de demostración y posteriores.

Variaciones en MM

En las simulaciones se identificó que variaciones en los MM de los líderes de los proyectos, inciden en la TSVM, como consecuencia de dos situaciones: de un lado, dichos MM sirven de marco para conformar el perfil de capacidades del proyecto; de otra parte, dicho perfil de capacidades aumenta o disminuye el interés de los inversionistas, en el evento de la evaluación. También se reconoció una incidencia positiva del proceso de aprendizaje adaptativo que lleva al ajuste de los MM (Holland, 1989; Kim, 1998). Esto se identificó al simular proyectos con MM iniciales más alejados de la expectativa del financiador, el aprendizaje tuvo un efecto de corrección mayor.

En el reconocimiento inicial de factores y relaciones causales (Tabla 12), se encontró una alta incidencia de los MM sobre los demás factores. Esto sugiere que pueden encontrarse varios MM asociados a diferentes espacios de gestión y decisión, incluyendo los ámbitos de los proyectos y la gestión de tecnología e innovación universitaria, entre otros. Posteriormente, los estudios de caso y el modelo de simulación se concentraron en un tipo de MM apropiado para interpretar las indicaciones en la literatura sobre el VM. Estas referencias describen que la mentalidad

de los innovadores académicos suele dar énfasis al desarrollo de la dimensión tecnológica, y no a otras relacionadas con el negocio, en especial las de gestión de mercados. Siguiendo esta observación, repetida en la literatura, este trabajo empleó las dimensiones de capacidad como ámbito para hacer un desarrollo en materia de MM.

La focalización sobre el MM del proyecto y sus dimensiones, lleva a reconocer una relación entre un MM que define un conjunto de dimensiones a desarrollar en el proyecto, y un sistema de capacidades constituido por las mismas dimensiones. En la matriz de relaciones entre factores (Tabla 12), se identificó una relación notoria en la que los MM son causa, y tienen efecto sobre dos factores, el dominio de las dimensiones y las competencias y roles. Ambos factores están integrados en el sistema de dimensiones de capacidad, que fue conceptualizado para este trabajo.

En los estudios de caso se compararon los MM de los proyectos con los de los financiadores, para reconocer el nivel de similitud entre los MM de los proyectos respecto a los de los financiadores. El resultado fue que los MM de los casos exitosos se parecen más a los de los financiadores, mientras que los MM de los casos críticos son más distantes. Dichos MM condicionan en parte el perfil de las capacidades que se desarrollan. Así, los casos con MM más parecidos a los MM de financiadores, tuvieron mayor aceptación en la evaluación financiera, porque desarrollaron mejor las capacidades para cumplir los requerimientos de calidad para la inversión

En el grupo de casos donde era reconocible que ya habían afrontado procesos completos de evaluación para inversión, se identificó el cambio en los MM. Esto confirmó que la experiencia condujo a una modificación de los MM, a través de la interacción, y de actividades de gestión del proyecto para avanzar hacia etapas finales.

Para considerar posibles lineamientos que aprovechen este hallazgo en la gestión de portafolios de proyectos de I+D+i en las universidades, se debería concentrar el esfuerzo en desarrollar mecanismos que aceleren el aprendizaje bajo el cual se modifican los MM. Como mostraron las simulaciones, a mayores tasas de aprendizaje, el sistema hace una mayor corrección de los MM iniciales. Algunos procesos para acelerar la adaptación de MM en los proyectos, podrían iniciar por volver explícitos los MM, tanto de investigadores como de financiadores. A este respecto, cabe recordar que los MM son una herramienta de aprendizaje organizacional (Senge, 2010), y tienen la propiedad de que, al hacerse explícitos, ayudan a mejorar el entendimiento y acelerar su propia modificación.

La revisión de MM explícitos implicaría trabajar de la mano con los financiadores, y desarrollar procesos para capturar las expectativas de financiadores e inversionistas, en forma de MM. Tras ser reconocidas y explicitadas dichas expectativas, sería posible difundirlas en las comunidades universitarias. Esto ayudaría a que los MM se ajusten a partir del testimonio real del grupo de interés al que se espera llegar, en lugar de formarlos a partir de supuestos basados en la experiencia propia de los innovadores. Una interacción constante con algunos financiadores podría facilitar la comunicación de sus expectativas y la representación explícita de sus MM. También sería posible usar los MM como medio para verificar el avance de proyectos de interés, y reconocer cómo van ajustándose a las expectativas de los financiadores. Por esta vía, un intercambio continuo entre instancias de la universidad y los financiadores, crearían espacios favorables al enriquecimiento de los MM. Tales instancias podrían ser los líderes de proyecto y el personal de transferencia.

En caso de que una universidad cuente con un fondo de inversión propio, podría apropiarse más rápidamente de los criterios de inversionista, para retroalimentar esta perspectiva al resto de la universidad. De esta forma, se tendría un mecanismo adicional favorable a la modificación de los MM, para buscar un mayor nivel de superación del VM.

6. Discusión

Al inicio de este documento se expusieron las aproximaciones de autores que interpretan el VM como un problema financiero, expresado como una brecha de financiación (Heller & Peterson, 2005; Ford et al., 2007; D'Amico et al., 2013; McIntyre, 2014), o brecha de capital (Auerswald & Branscomb, 2003; Wessner, 2005). Otros autores en la misma línea (Belz et al., 2019; Daldrup et al., 2020; Dean et al., 2022; Ellwood, Williams & Egan, 2022), ven el VM como manifestación de una restricción de fondos en la fase de demostración. Frente a esta mirada tradicional, este trabajo aporta una perspectiva complementaria, derivada del enfoque sistémico.

Partiendo de la consideración del VM como un problema complejo, en términos de Ackoff (1999), este trabajo exploró la incidencia de múltiples factores interrelacionados, que incluyen, pero no se limitan al financiero. Con soporte en los resultados del estudio de casos, se plantearon proposiciones teóricas que reconocen factores institucionales, humanos, cognitivos (los MM), financieros, de capacidades y asociativos (alianzas y apoyos del sistema de CTI). A través de tales proposiciones, se reconocieron relaciones entre dichos factores (ver síntesis en la Figura 50), con las cuáles se da respuesta positiva a la hipótesis de esta investigación: *La brecha de financiación, característica del VM, hace parte de un comportamiento sistémico en el cuál intervienen múltiples factores.*

La brecha de financiación, entendida como una restricción para que los proyectos puedan acceder a los recursos monetarios para avanzar a la fase de DNP, fue interpretada en este trabajo como parte de una interacción sistémica, como se presenta en la **Figura 57**, en la que participan dos brechas más: La primera es una **brecha de capacidad**, vista por el proyecto. Corresponde a la diferencia entre un nivel de referencia establecido en su MM, y el nivel real de capacidad, en cada dimensión. Representa el faltante para completar el desarrollo de capacidades, según lo que el investigador considera que son las condiciones de calidad para la inversión.

El financiador reconoce una segunda brecha, correspondiente a la diferencia entre su propio MM y la capacidad real del proyecto. Sin embargo, esta desigualdad también corresponde a una brecha entre los MM del financiador y del proyecto: Cuando se activa la evaluación financiera, el proyecto ha cumplido una condición previa, dada por el ciclo Balance 1, que lo lleva a eliminar su brecha de capacidad. Esto significa que cuando se activa la interacción entre el proyecto y el financiador, todas sus dimensiones de capacidad están igualadas con el valor en el MM. En otras palabras, cuando el evaluador revisa el proyecto, las capacidades y el MM del proyecto coinciden. Esto implica que:

$$\text{Brecha de capacidad}_i \text{ evaluada por el financiador} = \text{Financiador.MM}_i - \text{Proyecto.capacidad}_i$$

$$\text{Brecha de capacidad}_i \text{ evaluada por el financiador} = \text{Financiador.MM}_i - \text{Proyecto.MM}_i$$

Así, la brecha vista por el financiador equivale a la brecha entre los MM del proyecto y del financiador. Se denominará **brecha cognitiva** a esta diferencia, dado que los MM son representaciones de tipo intelectual.

Se puede interpretar el MM del financiador como el perfil de condiciones a cumplir para que el proyecto alcance el alistamiento esperado por el inversionista, es decir, que tenga el nivel de calidad para la inversión (Munari et al., 2016). Por su parte, el MM del proyecto representa las creencias del innovador respecto a lo que espera el financiador. Así, el innovador desarrolla las capacidades del proyecto según su propio MM, bajo la expectativa de que, si cubre la brecha entre su MM y sus capacidades, el proyecto debería despertar el interés del financiador.

Durante la evaluación se contrastan las expectativas frente a la realidad, conduciendo a que la aceptación del proyecto por parte del financiador sea determinada en parte por la brecha o diferencia entre los MM de ambos agentes, es decir, la brecha cognitiva.

Lo anterior permite una explicación alternativa del VM, como *efecto de la interacción sistémica entre múltiples factores, entre los que interactúan tres brechas, más otros factores asociados a ellas*. Las brechas son: de financiación, de capacidades y cognitiva. Entre las brechas se manifiesta una dinámica de interacción cíclica: La brecha cognitiva incide sobre el MM del proyecto, que a su vez determina la brecha de capacidades. Por su parte, la brecha de capacidades inhibe la decisión de financiar, incidiendo en la permanencia de la brecha financiera. El ciclo se cierra

durante la evaluación financiera, cuando se reconoce la permanencia de la brecha de financiación. Esta condición activa el aprendizaje que modifica el MM del proyecto, reduciendo la brecha cognitiva y reiniciando el ciclo.

Presentar el VM como resultado de la interacción entre tres brechas, junto con otros factores, se aproxima al planteamiento de Rusell Ackoff (1999), quien propone que un problema complejo corresponde a un sistema de problemas. En el modelo desarrollado, cada brecha corresponde a un problema, que interactúa con las otras brechas y con otros factores, correspondientes a talento humano, condiciones institucionales y alianzas. El mismo autor advierte que al desagregar cada problema individualmente, es difícil resolverlo. Si se entiende la interacción entre tres brechas en el VM, abordar una perspectiva que se enfoque exclusivamente en la brecha financiera, o en otra de ellas para solucionar el cuello de botella, puede llevar a soluciones parciales, no suficientes para la resolución del VM. La literatura enfocada en la brecha financiera del VM incurre en esta situación, que simplifica el problema.

Ackoff (1999) también indica que la gestión a realizar frente a sistemas complejos se debe centrar en el gobierno de las interacciones entre los elementos del sistema y no sólo en los componentes individuales. Esto implica que esquemas y procesos para gestionar los proyectos fuera del VM, deberían trabajar en el desarrollo de condiciones favorables en los proyectos para resolver las brechas cognitivas, de capacidades y de financiación, mediante procesos que aprovechen la interacción entre ellas. La misma aproximación permite reconocer los factores institucionales de las universidades, las alianzas y el talento humano, que también participan en la dinámica que genera el VM, y en los procesos de cambio que habilitan la resolución sistémica del problema.

Este trabajo se apartó de la proposición tradicional y dominante en la literatura del VM como brecha circunscrita a la dimensión financiera. La brecha de financiación deja de entenderse como el problema en sí, pues se reconoce que hace parte de un sistema mayor, con el cual interactúa. En consecuencia, el modelo propuesto permite contrastar la perspectiva adoptada por los autores en la aproximación dominante respecto al VM. En este trabajo, la brecha de financiación sigue tomando las características que se reportan en la literatura, y es identificable tanto en los casos como en los proyectos simulados, porque estos no encuentran la financiación necesaria para avanzar a etapas finales. Sin embargo, ya no es interpretada como el problema en sí, sino como un componente de un problema mayor.

Aunque es relativamente amplio el grupo de autores que se acogen a un tratamiento financiero del VM, la aproximación sistémica permite ir más allá de lo que se ha explicado sobre el VM por parte de dichos autores. A continuación, se discutirán algunos de los trabajos más significativos.

Uno de los abordajes del VM que constituyen un punto de referencia, corresponde al trabajo publicado por Auerswald & Branscomb (2003). Dichos autores consideran que el VM sucede porque los proyectos en la fase de demostración tienen dificultades para financiarse. Su planteamiento los lleva a argumentar que el término VM se utiliza para dramatizar lo que en realidad es una brecha de capital. Así, estos autores adoptan una perspectiva del lado de la oferta de capital para explicar el VM. En consecuencia, proponen alternativas de resolución que se basan en implementar nuevos mecanismos de financiación y aumentar la oferta de capital.

Sin embargo, los propios Auerswald & Branscomb (2003) permiten reconocer un vacío en dicho enfoque, pues manifiestan que en la práctica es frecuente que los fondos no alcancen a invertir sus recursos. Esta situación es explicada por los autores al reconocer que los financiadores no buscan invertir todo el capital a su cargo, sino que se concentran en financiar proyectos que constituyan oportunidades de inversión claras. Aunque Auerswald & Branscomb no van más allá, esto sugiere una situación de desacople más compleja que una brecha unidimensional de financiación. En otras palabras, el desajuste descrito no es entendible si el problema se limitara a una oferta de capital menor que su demanda.

Si se profundiza en el vacío que deja el planteamiento de estos autores, se reconoce una situación simétrica del lado de la oferta y la demanda de capital: en el VM, los proyectos no encuentran el capital requerido para pasar a DNP, y simultáneamente los financiadores no encuentran proyectos con una buena calidad para la inversión. Esta explicación da cuenta de la anomalía reportada por estos autores, pero trasciende a su aproximación del VM como brecha que se da exclusivamente en la dimensión financiera, así como a los modelos secuenciales de proceso de I+D+i, en los que se basa su trabajo.

El modelo desarrollado en este estudio permite profundizar en el problema identificado, pero no resuelto, por Auerswald & Branscomb (2003). Esto se da al reconocer que en el VM también están involucrados factores del lado de la demanda de capital, es decir, del proyecto de I+D+i; así como interacciones entre financiador y proyecto. Además, el estado de las brechas de financiación, de capacidades y cognitiva, es relevante para determinar el comportamiento y la interacción de ambos agentes. El modelo de sistemas está en capacidad de abordar el problema identificado en Auerswald & Branscomb (2003) donde no sólo los proyectos se enfrentan a una escasez de capital, sino que además los financiadores afrontan una escasez de proyectos atractivos para invertir en ellos, así:

El proyecto encuentra la brecha de financiación tras interactuar con el financiador y ser descartada la posibilidad de invertir en ellos. Esta parte no dista de lo que aportan Auerswald & Branscomb, así como la corriente de la aproximación financiera. Por su parte, los financiadores afrontan una escasez de proyectos susceptibles de inversión, como consecuencia de la brecha de capacidades y la brecha cognitiva. Esto sucede cuando los proyectos no cuentan con capacidades suficientes para cumplir los requisitos de calidad para la inversión, o cuando estas capacidades fueron desarrolladas a partir de MM distantes de las expectativas del financiador. Cuando un proyecto que acarrea una de estas brechas es evaluado, se concluye que no está suficientemente maduro como oportunidad de negocio. Esta situación explica la restricción del financiador para encontrar proyectos atractivos, a partir de las variables de estado de los proyectos y de las condiciones de interacción entre ambos agentes.

Como se mencionó, el modelo permite reconocer que las restricciones que experimenta el financiador están asociadas a la brecha cognitiva, es decir, la diferencia entre los MM de ambos agentes; así como la brecha de capacidades y otros factores, que contribuyen a la formación de capacidades del proyecto. Bajo esta estructura de interacciones entre factores, es posible avanzar en un frente que no consideran Auerswald & Branscomb, e incluso es ignorado en la mayoría de la literatura de la aproximación financiera. Esta vía considera trabajar en los factores no financieros, correspondientes a las capacidades, modelos mentales, condiciones institucionales universitarias, talento humano y alianzas. Al intervenir en estos factores se pueden activar dinámicas de cambio de estado, que reduzcan las brechas de capacidades y cognitiva. Con ello, aumentan las probabilidades de que un proyecto sea evaluado favorablemente, activando la decisión de inversión que elimina la brecha de financiación.

Así, la aproximación sistémica abre un camino alternativo al recorrido por los autores de la corriente financiera, incluidos Auerswald & Branscomb. Esta opción consiste en abordar estrategias para que los proyectos superen el VM, trabajando del lado de la demanda. Esto es, actuando sobre los factores no financieros que participan en el proyecto, e interactúan con la financiación a través del comportamiento dinámico del sistema.

La alternativa mencionada se vuelve complementaria e integradora de la aproximación de Auerswald & Branscomb, pues valida la búsqueda de mecanismos financieros para resolver el VM en la que se enfocan estos autores, incorporándolos a un conjunto mayor de acciones sobre múltiples factores, así como estrategias de relacionamiento. Así, la interacción de dichos factores con el financiador, con su MM y con la brecha de capital, puede motivar cambios en el comportamiento del sistema.

Es posible plantear algunas discusiones en relación con la visión centrada en la **brecha de financiación**: la propuesta para contribuir a superar el VM, planteada por Auerswald & Branscomb (2003), consiste en implementar múltiples mecanismos de financiación. Estos autores parten de la premisa de que, al haber diversidad en estos mecanismos, se pueden cubrir vacíos a lo largo del ciclo de vida del proyecto de I+D+i. En consecuencia, los financiadores se complementan entre sí, y los proyectos podrán disminuir sus restricciones de acceso a la financiación, recurriendo a diferentes fuentes financieras en diferentes etapas durante su ciclo de vida. Nemet et al. (2018) retoman esta idea, explorando cómo se complementan mecanismos privados y públicos de financiación, para facilitar la resolución de problemas asociados a la brecha de financiación. Al seguir la vía de la diversidad y complementariedad de instrumentos de financiación, centrada en los mecanismos institucionales, y especializando su análisis en instrumentos públicos y privados, el trabajo de Nemet et al. cubre terrenos semejantes a los previamente explorados por Auerswald & Branscomb (2003).

El planteamiento de estos autores respecto a estimular la diversidad y multiplicidad de financiadores guarda alguna similitud con la característica de heterogeneidad de los financiadores, en el modelo desarrollado. Sin embargo, se

resalta que Auerswald & Branscomb consideran la heterogeneidad en términos de diseño institucional de dichos mecanismos, mientras que este trabajo se enfocó en las diferencias en los MM. Esto significa que se representó una heterogeneidad de los criterios de calidad para el inversionista, que no hacen parte del diseño institucional sino de los perfiles de inversión. Así pues, este trabajo complementa la mirada de Auerswald & Branscomb respecto a dicha diversidad de mecanismos de financiación, al aportar con la exploración otros factores que inciden en que haya heterogeneidad.

Tanto en las propuestas de Auerswald & Branscomb, como en este trabajo, se coincide en que, al aumentar la diversidad de los financiadores, se incrementan las posibilidades de que los proyectos accedan a la financiación. Sin embargo, en este trabajo se encontró que la heterogeneidad dada por el aumento de los financiadores es favorable hasta cierto punto, más allá del cual no es relevante continuar aumentando la cantidad de financiadores. Por su parte, Auerswald & Branscomb (2003) reconocen que eventualmente se encuentran situaciones de exceso de mecanismos de financiación, y sugieren que cuando esto sucede, constituye un síntoma de desacoples en el sistema y problemas de información. Pese a que reconocen el riesgo de llegar a un exceso de financiadores, no reconocen cuál es la cantidad óptima de estos mecanismos.

En consecuencia, los hallazgos en este trabajo dan una señal respecto a un asunto no resuelto por Auerswald & Branscomb (2003), ni por Nemet et al. (2018), respecto a la cantidad adecuada de financiadores. Este aporte es relevante porque evita enfocar esfuerzos hacia un aumento permanente de la diversidad y creación de mecanismos de financiación. Con el MBA, se reconoce que un aumento desmedido en la cantidad de financiadores ya no aporta positivamente por la heterogeneidad, sino que puede llegar a una situación de redundancia. El modelo obtenido con este trabajo constituye una opción que facilita el reconocimiento de los rangos adecuados para estimular el aumento de la cantidad de financiadores. Así se aporta a la solución de otro problema que Auerswald & Branscomb (2003) dejan esbozado, pero no lo resuelven.

Al revisar los textos de Auerswald & Branscomb, también llama la atención que, pese a su enfoque secuencial y unidimensional, en algunos apartes estos autores reconocen que en realidad el VM corresponde a un fenómeno complejo: En Branscomb & Auerswald (2002) y Auerswald & Branscomb (2003), se describe el VM como un mar darwiniano, debido a los comportamientos caóticos que se desarrollan en él. Anotan que además de los problemas de financiación, son relevantes asuntos humanos, técnicos, de mercado e infraestructura. Este reconocimiento es confirmado posteriormente (Auerswald & Branscomb, 2008) al plantear que en el VM se manifiesta un agregado de factores de riesgo de diversa índole, incluyendo factores técnicos, financieros, de mercado y de gestión. En este punto se identifica una situación llamativa en los desarrollos de Auerswald & Branscomb, porque reconocen que el fenómeno que estudian es de una naturaleza más compleja que los modelos que proponen para interpretarlo. Estos autores declaran otros factores, pero los dejan de lado, en lugar de profundizar en ellos.

Por su parte, Nemet et al. (2018) señalan limitaciones para comprender el VM por cuenta de los modelos secuenciales. Estos autores reconocen que cuando el sistema en el que ocurre el VM es representado mediante procesos lineales, se dificulta comprender eventos relacionados con la complejidad, propiedades emergentes, comportamientos estocásticos y no lineales. De nuevo, el modelo resultante de esta investigación aporta en estos asuntos, pues considera la incidencia multifactorial, relaciones entre agentes, interacciones que trascienden los procesos secuenciales, comportamientos basados en la complejidad, emergentes, no lineales y estocásticos. Estos avances aportan alternativas para continuar trabajando en puntos que son reconocidos, pero no resueltos, por autores de la corriente financiera, y confirman los beneficios de enfocar el problema bajo una perspectiva sistémica.

En los casos, se encontraron dos situaciones atípicas, correspondientes a eventos no descritos en la literatura sobre el VM. La primera se dio en el caso Térmico, que salió del VM, para reingresar posteriormente. El enfoque secuencial para el VM es inadecuado para interpretar dicho reingreso. Del proceso de I+D+i modelado como secuencia, se entiende que, tras superar una etapa, necesariamente se continúa en la siguiente, sin que haya retrocesos. Lo sucedido en el caso Térmico deja en problemas el modelo secuencial. El modelo de proceso de Auerswald & Branscomb (2003) manifiesta algún avance, porque considera retroalimentaciones entre etapas, pero aun así, estos autores no contemplan la posibilidad del regreso al VM una vez resuelta la brecha de financiación.

La aproximación utilizada en este trabajo entiende que el proceso de I+D+i es iterativo. Bajo esta perspectiva, es factible interpretar la salida del VM hacia a DNP y comercialización, para reingresar a la fase de demostración como un ciclo de un proceso recurrente de I+D+i. En el caso Térmico, se reconoce que el financiador modificó su MM, lo que lo llevó a revertir una decisión de financiar las fases finales. Sin embargo, al reconocer que aún se debían mejorar algunas dimensiones, el financiador determinó que el proyecto aún no estaba listo para DNP, y en consecuencia debía regresar a fase de demostración para completar el desarrollo de capacidades.

La otra situación atípica se encontró en dos casos que superaron el VM (Agricultura y Transporte). En ellos se identificó una forma de resolver la brecha de financiación, que no es explicable por Auerswald & Branscomb, ni otros autores que asumen la fórmula de incrementar la oferta de capital para resolver la brecha de financiación, ya sea inyectando recursos adicionales o incorporando más mecanismos de financiación. En los dos casos, la solución alternativa para resolver la brecha de financiación, se basó en la integración en la cadena y la reutilización de recursos de otras áreas y proyectos de la universidad. Así disminuyeron los requerimientos de inversión. En estos casos, la brecha de financiación no se resolvió con un aumento de la oferta de capital, sino con una reducción de su demanda. Esto cambió la estructura de financiación y minimizó los requerimientos de financiación para salir del VM.

En la literatura de aproximación financiera no se encuentran propuestas basadas en la reducción de la demanda de capital, sino en la ampliación de la oferta, por lo cual es difícil articular una explicación de los dos casos mencionados, a partir de Auerswald & Branscomb u otros autores de la misma corriente. De otra parte, en la perspectiva no financiera, Ward et al. (2018) consideran la integración de cadena de suministro como condición de superación del VM, pero no relacionan dicha integración con la reducción de la brecha de financiación, ni consideran en su propuesta factores financieros.

En cambio, al diseñar el MBA, se buscó integrar factores financieros y no financieros, bajo la expectativa de configurar explicaciones más holísticas. Para los dos casos mencionados, se reconoce que las propuestas de perspectiva financiera tienen problemas para explicar cómo atravesaron el VM, mientras Ward et al. (2018) puede dar una descripción de la dinámica de integración de capacidades, pero no alcanza a reconocer por qué esta integración ayuda a resolver la brecha de financiación. El modelo que se desarrolló permite esclarecer que los proyectos integran capacidades de la cadena, aportadas por los aliados. Esta incorporación incrementa las capacidades disponibles, reduciendo los requerimientos de capital para terminar de desarrollarlas. En consecuencia, la integración de capacidades de los aliados reduce la brecha de capital, simplificando la decisión de llevar estos proyectos a fases de operación y comercialización.

Otra línea de contribución en la literatura es aportada por Ford, Koutsky & Spiwak (2007) y continuada por Beard, Ford, Koutsky & Spiwak (2009). Este grupo de autores se mantiene en la aproximación del VM como brecha financiera. Desarrollan un modelo que representa el paso de proyectos por un proceso secuencial, en medio del cual se manifiesta el VM. A partir de sus resultados, proponen que la brecha de financiación es consecuencia de una diferencia de criterios a la hora de asignar recursos en diferentes etapas del proyecto en I+D+i. Su interpretación de estas discordancias se fundamenta en que antes de llegar al VM, la asignación de recursos para el proyecto se basa en criterios no económicos, asociados a la generación de conocimiento; mientras las decisiones de inversión para la salida del VM, se enfocan en factores económicos, relacionados con el potencial de éxito de un nuevo negocio. Esta variación en criterios es significativa, porque explica la brecha de financiación a partir de factores que no son financieros, sino que se pueden clasificar como cognitivos e institucionales. Esto constituye un avance en relación con el enfoque típico de la aproximación financiera.

Aunque la perspectiva de Beard et al. (2009) es secuencial y concentrada en los elementos de financiación, al explorar diferentes momentos en dicha secuencia y reconocer diferencias en los criterios de decisión, da espacio para involucrar otros factores y avanzar hacia una explicación más profunda. En consecuencia, el planteamiento de estos autores aportó al desarrollo del modelo. El reconocimiento de una diferencia de criterios de decisión facilitó el entendimiento del rol de los MM y la brecha cognitiva que se representó con ellos. Sin embargo, Beard et al. (2009) se quedan cortos porque no detallan cuáles son los elementos en los que se desagregan los criterios de decisión, lo cual resulta necesario para precisar las diferencias que llevan a una brecha cognitiva.

En este trabajo, al abordar el modelo bajo MBA, no bastó con reconocer esta diferencia de criterios de forma agregada, como lo hacen los autores referenciados, sino que se requirió plantear una estructura de dimensiones, sobre la cual se establecen las prioridades de inversión. Esto implicó avanzar más allá que Beard et al. (2009): se propusieron elementos capaces de representar las diferencias de criterios de decisión y su efecto sobre la prevalencia del VM. Esto se logró en virtud de la estructura de dimensiones planteadas para los MM y las capacidades de los proyectos. En este modelo, las diferencias entre criterios de inversión antes y después del VM, se derivan de la existencia de MM diferentes, que les sirven a los agentes como referencia para aplicar recursos en dos momentos diferentes, la fase de demostración y el evento conducente a invertir para que el proyecto pase a DNP. En este sentido, los resultados obtenidos con el modelo desarrollado en este trabajo complementan y detallan lo propuesto por Beard et al. (2009).

Otra línea marcada en la aproximación financiera se identifica a través de Hall (2002), Hall (2009), Hall & Lerner (2010) y Hall et al. (2015). Esta línea, cuya autora principal es Hall, se concentra en la brecha de financiación que afrontan los proyectos de I+D+i, llegando a un entendimiento de las restricciones involucradas en la toma de decisiones de inversión. Así se reconocen diversos factores involucrados en la toma de decisiones y en el proceso de inversión de innovaciones, bajo los cuales es usual que se incurra en la situación de brecha de financiación.

Estos trabajos revisan las condiciones para costear los proyectos, con una combinación de recursos propios y de terceros: Los recursos propios son fáciles de obtener, pero escasos; los recursos de terceros son relativamente abundantes, pero los proyectos tienen restricciones para acceder a ellos. El agotamiento de recursos propios, combinado con las dificultades para acceder a fuentes externas, configuran la situación de la brecha de financiación.

Sin embargo, tras desarrollar esta investigación, tanto en los resultados de las simulaciones como en los casos revisados, se tuvieron hallazgos contrarios a algunos aspectos propuestos por Hall: en varios casos que no superan el VM, los proyectos tienen restricciones para acceder a recursos propios de la universidad, aunque dichos recursos estén disponibles. En los casos se encontró que las condiciones institucionales internas no habilitan que los proyectos accedan a dichos recursos. Esto conduce a revisar los argumentos de Hall, respecto a que el problema con las fuentes internas de financiación es su agotamiento. En este trabajo se encontraron casos que no pueden acceder a la financiación interna, no por razones de agotamiento, sino por restricciones institucionales. Esto implica una configuración alternativa a lo que Hall y sus coautores plantean.

A este respecto, cabe reconocer que la línea liderada por Hall no revisa el ciclo de vida de los proyectos de I+D+i, sino que su óptica se limita al momento en que los proyectos se someten a evaluación financiera. Esta perspectiva implica que el conjunto de proyectos observados es más pequeño que el conjunto de proyectos totales. Los proyectos que tuvieron problemas para acceder a recursos internos no tienen posibilidades de cubrir su brecha de capacidades, y en consecuencia, es poco probable que sean sometidos a una evaluación financiera. Por este motivo, dichos proyectos no llegan al punto de observación establecido en la perspectiva de Hall.

Al utilizar una perspectiva sistémica, en la que los proyectos no sólo son visibles durante la evaluación financiera, sino que también se incluye la fase de demostración, se tiene una óptica más amplia y holística que la de los autores mencionados. Esto facilita el reconocimiento de condiciones adversas a la financiación, que no se alcanzan a visualizar desde el marco de referencia de Hall. En consecuencia, este trabajo permite establecer un diálogo con estos autores, que complementa sus resultados a partir de una mirada más amplia.

Cambiando a la perspectiva no financiera, se encuentran trabajos de Markham (2002a), Markham (2002b), Markham et al. (2010), Markham & Mugge (2015) y Barr et al. (2009). El autor que lidera esta línea es Markham, e interpreta el VM a partir del ciclo de desarrollo de innovaciones de producto. Con esta aproximación se consideran procesos, recursos, competencias del talento humano y capacidades, entre otros elementos que aportan al alistamiento de los proyectos, como condición necesaria para que superen el VM. Se puede reconocer que esta corriente aporta al entendimiento de la **brecha de capacidades**.

El modelo desarrollado en este trabajo guarda afinidad con la línea liderada por Markham, al considerar la evolución de los proyectos de I+D+i, que se materializa en la dinámica de desarrollo de las capacidades del proyecto. Así, la

brecha de capacidades y la estructura de dimensiones de capacidad, pueden ser conceptos de puente para interactuar con los modelos de Markham y aportar en esta línea. Dos ideas se pueden destacar a este respecto:

Markham et al. (2010) proponen que el VM sucede en una zona de transición entre I+D y DNP. La zona de transición es la fase de demostración, aunque es denominada interfaz difusa por estos autores. En ella no se cuenta con procesos estructurados, y en consecuencia, falta una ruta clara para llevar los proyectos hasta la etapas de DNP. La ausencia de dicha claridad dificulta la ejecución eficiente de actividades, e incluso el reconocimiento, planeación e implementación de las acciones adecuadas para llevar los proyectos fuera del VM. Así, el VM es consecuencia de la no estructuración y desconocimiento de los procesos a ejecutar en la fase de demostración, lo cual constituye un problema en el marco de la brecha de capacidades.

Una forma para avanzar en el entendimiento de los procesos en fase de demostración es aportada por el MBA. Siguiendo la evolución de los proyectos en este modelo, se entiende que parte de las gestiones para resolver las restricciones del VM, pasan por resolver las brechas cognitiva y de capacidades en el proyecto. También se comprende que, al resolver estas dos brechas, aumentan las probabilidades de remediar la brecha de financiación, como consecuencia de la dinámica e interacciones en el sistema. Adicionalmente, este modelo reconoce vías para incentivar el cierre de brechas, a través de alianzas, talento humano y condiciones institucionales universitarias. En consecuencia, este trabajo sugiere una respuesta posible al cuestionamiento que deja abierto Markham et al. (2010), sobre el vacío de conocimiento respecto a qué procesos desencadenar, para gestionar los proyectos durante la fase de demostración, con el objetivo de mejorar las probabilidades de superación del VM.

De lo anterior se deriva el segundo punto de contacto con Markham (2002a) y en mayor medida con Markham et al. (2010): en estas propuestas se plantea que, la participación en el proyecto de individuos que cumplen roles de gestión especializados es una solución para resolver las restricciones que se dan en la etapa de demostración. La capacidad de gestión y solución de problemas de estos individuos, contrarrestan las restricciones que se derivan de no tener procesos definidos. Si se interpreta este planteamiento a la luz de la cibernética, estos individuos tienen la responsabilidad de dirigir los proyectos de forma adaptativa, en el marco de un proceso de alta incertidumbre, hasta alcanzar las condiciones de resolución del VM.

La propuesta de Markham et al. (2010) considera roles centrales para gestionar la salida del VM. Estos corresponden a campeones, patrocinadores y guardianes, que actúan de forma interactiva e interdependiente. A la luz del modelo de sistemas propuesto en este trabajo, es posible interpretar los objetivos de gestión de los tres roles anteriores. Esto es posible si se interpretan las acciones para completar la fase de demostración como un esfuerzo para solucionar las brechas cognitiva, de capacidades y de financiación. Según los autores referenciados, los guardianes se centran en la gestión de recursos financieros, lo que significa que su gestión se relaciona con la resolución de la brecha de financiación. Los campeones y patrocinadores propician la maduración de la innovación, procurando que se complete el desarrollo del producto, así como la estructuración y gestión de la oportunidad de negocio. El desempeño de estos dos roles puede representarse mediante el ajuste de las capacidades y los MM del modelo de agente, lo que modifica las brechas de capacidades y cognitiva.

Aunque el modelo de sistemas no incorporó los roles propuestos por Markham et al. (2010), se reconocen las posibilidades de complementar y profundizar. Con ello se aportaría al entendimiento de los vacíos de competencias y formalización de procesos en torno al VM, que deben entenderse como constitutivos de la brecha de capacidades. Sin embargo, cabe advertir de una revisión detallada de los diversos abordajes de Markham, llevan a reconocer que la brecha de capacidades reviste un carácter complejo, pues en sus análisis se cruzan exposiciones sobre capacidades en diversos ámbitos, con incidencia en el VM: competencias del talento humano, dimensiones de los proyectos, capacidades de gestión de los proyectos, capacidades en el ámbito de las organizaciones donde se desarrollan los proyectos. Este trabajo tuvo un alcance limitado, pues se concentró en las capacidades vinculadas a las dimensiones de los proyectos, y en menor medida en las competencias del talento humano. En consecuencia, la brecha de capacidades considerada en este trabajo puede ser vista como un componente de una gran brecha de la misma índole, cuyo entendimiento es importante para plantear futuras soluciones al VM.

En relación con la **brecha cognitiva**, es prudente reconocer que el modelo hace representación de **uno de los MM** relevantes para el VM, pero este no es necesariamente el único involucrado. Auerswald & Branscomb (2003), Markham (2002a), Markham & Mugge (2015) coinciden en apuntar diferencias en los modos de pensar de individuos con distintos roles y perspectivas, en relación con los proyectos de innovación, como causantes de tensiones que exacerban el VM. Esta advertencia es precisada por autores que relacionan esta situación con modos de pensar (Verhoeff & Menzel, 2011) o de mentalidad (Abereijo, 2015; Liening et al., 2018; Barron & Amorós, 2020) de los innovadores. Este trabajo hizo una representación posible de este factor, proponiendo un MM que sirvió para validar en un conjunto de casos lo expresado por los autores mencionados. En la medida que el MM modelado busca recoger estos planteamientos, el comportamiento de interdependencia entre dicho MM, el perfil de capacidades y la decisión de financiar, puede ser aprovechado para proponer líneas de trabajo que lleven a avanzar en relación con este asunto. Un hallazgo importante, logrado como consecuencia de considerar el MBA como sistema complejo adaptativo, es que los MM son modificados a partir del aprendizaje. Las simulaciones sugirieron que la propiedad de aprender, cambiando los MM y mejorando las probabilidades de superar el VM, constituyen una de las condiciones de mayor impacto para mejorar la TSVM. Pese a que el reconocimiento de los MM como problema de conocimiento puede ser abordado bajo perspectivas que den cuenta del aprendizaje, como pueden ser el aprendizaje organizacional o diferentes enfoques de pensamiento sistémico, llama la atención que los trabajos mencionados se limitan a reconocer el problema, pero no avanzan hacia la búsqueda de soluciones a partir del aprendizaje. Esto implica que queda un campo de trabajo por explorar.

De otra parte, cabe reconocer posibles MM que incidan en los proyectos de I+D+i y su salida hacia etapas finales. La lectura de Bessant et al. (2014) muestra la pertinencia de MM de un ámbito diferente al abordado en este trabajo. Estos autores reconocen modos de pensar a escala de las organizaciones, que condicionan el curso de sus decisiones y procedimientos que son adecuados para iniciativas de mejoramiento, pero no para enfrentar iniciativas que involucren la discontinuidad de la innovación. Esto significa que, al igual que la brecha de capacidades puede ser reinterpretada a una escala mayor y más compleja que lo abordado en este trabajo, algo semejante puede suceder con la brecha cognitiva. Autores que abordan el VM en la perspectiva institucional de las universidades (Abereijo, 2015; Gulbrandsen, 2019) aportan elementos para entender situaciones de tensión que enfrentan las universidades, de las que se espera un comportamiento empresarial, lo que conduce, entre otras cosas, a cambiar expectativas respecto al rol de los investigadores. Este problema puede ser relacionado con la brecha cognitiva, siendo una idea susceptible de revisar si dicho cambio de expectativas explica en parte la brecha en el MM estudiado en este trabajo. Esta sería una conexión adicional, valiosa para enriquecer el modelo desarrollado, pero se trata de un frente incipiente, que no fue trabajado en este estudio, y que la literatura previa apenas lo insinúa.

Los planteamientos consignados en esta discusión reconocen aportes en la literatura sobre el VM que, si bien han sido relevantes para profundizar en el entendimiento del problema, ninguno de ellos adopta una perspectiva de sistemas, en términos de Ackoff (1999) o de otros autores dentro de dicha disciplina. Por este motivo, las aproximaciones de los autores sometidos a esta discusión constituyen aportes valiosos, pero incompletos. En este diálogo con la literatura, se identificaron situaciones y casos en los que las propuestas previas en relación con el VM y la brecha de financiación pierden capacidad explicativa, porque consideran sólo una parte del problema. Incluso se presentan resultados que contradicen las propuestas teóricas, debido a que estas sólo consideran una etapa o subsistema. Así, la discusión desarrollada en este capítulo es propicia para reconocer el valor de asumir el estudio del VM bajo perspectiva sistémica, y deja abiertos asuntos susceptibles de ser continuados en el futuro.

7. Conclusiones

Este trabajo cumple con los objetivos establecidos, así: en el numeral 0 se inicia la respuesta al **primer objetivo específico**, pues tras identificar y priorizar factores causantes del VM, se avanzó en una propuesta explicativa de la interacción entre los factores. Esta relación entre factores sugiere circunstancias interrelacionadas que conducen a que un proyecto permanezca en el VM, o a que lo supere después de una ronda de evaluación para financiación. Esto significa que el permanecer en el VM o el salir de él, constituyen eventos emergentes. Este comportamiento descrito causalmente a través de la interacción entre tres factores: las capacidades, la financiación y los MM. Adicionalmente, otros factores aportan insumos para el desarrollo de las capacidades, con lo cual habilitan condiciones para que la brecha entre capacidades y MM del proyecto sean reducidas.

Posteriormente se desarrolló un modelo de simulación, descrito en el numeral 0, que cumple con el **segundo objetivo específico**. Se escogió el paradigma de MBA, por ser adecuado para representar un sistema complejo adaptativo, basado en múltiples agentes y donde la heterogeneidad es relevante. El modelo fue útil para simular efectos de variaciones en diversos factores incorporados a él, incluyendo los MM.

La simulación ayuda a corroborar que diferentes tipos de MM generan cambios en la TSVM, también se reconoció que a medida que los proyectos ganan experiencia en el entorno de financiación, operan mecanismos de aprendizaje que llevan a transformar los MM como parte de un ajuste adaptativo. Este mecanismo tiene el potencial de corregir las brechas en los MM, a lo cual es sensible el sistema y acarrea aumentos importantes en la capacidad para llevar proyectos fuera del VM. Todo esto se desarrolló en el numeral 0, atendiendo al **tercer objetivo específico**.

Otras simulaciones experimentaron con variaciones en las políticas de asignación de recursos universitarios para las actividades de I+D+i; cambios en la intensidad del trabajo bajo alianzas, así como en las políticas de fomento a dichas alianzas; también se probaron variaciones en la cantidad de proyectos en el portafolio gestionado por la universidad, y en la cantidad de financiadores a los que se puede acceder en el entorno. Como producto de estas variaciones y sus resultados, se identificaron y discutieron posibles lineamientos de política, para cambiar la forma gestionar los proyectos de I+D+i universitarios en la fase de demostración. Dichos lineamientos se encaminan a incidir en los diversos parámetros en el modelo, orientando el sistema de gestión universitaria para buscar una mejor TSVM. Esta propuesta se encuentra en el numeral 0, y responde al **último objetivo específico**.

Rusell Ackoff (1999) reconoce que el desempeño del sistema no es la suma de los comportamientos de las partes, sino el resultado de la interacción entre las partes y de estas con el entorno. Como consecuencia, sostiene que la gestión sistémica se centra en las interacciones, y no en los elementos individuales. Bajo esta noción, los lineamientos propuestos pueden ser considerados individualmente o en conjunto. Los lineamientos individuales se soportan en cada una de las simulaciones reportadas en el numeral 0. Además, se hizo una simulación de síntesis, en la que se configuraron los parámetros buscando generar sinergia entre ellos. Con ello, se obtuvo una TSVM 8.6 veces superior a la del escenario base. A través de sus parámetros, el escenario de síntesis representa una combinación de los diversos lineamientos que se expusieron a partir de las simulaciones con parámetros individuales.

Este trabajo aporta un elemento novedoso en los conceptos en torno al VM, que puede sumar a la teoría de la innovación tecnológica: se propuso un modelo de sistemas complejo, que da cuenta del evento de salida del VM como una emergencia. Esta característica tiene varias implicaciones: en primer lugar, da un paso en el entendimiento sistémico y complejo del VM. Frente a la literatura que reitera en interpretar el VM como una brecha de financiación, este trabajo propuso que este fenómeno hace parte de un fenómeno sistémico, complejo y emergente. Se explicó el VM en términos de interacción entre factores financieros, que en este ejercicio se representan en la evaluación y decisión del evaluador, y factores no financieros. En el modelo, los factores no financieros que participan directamente en esta interacción son las capacidades y los MM. Además, factores institucionales, talento humano y alianzas, participan de forma indirecta a través de su efecto sobre el desarrollo de capacidades.

Esta mirada complementa aproximaciones como la de Munari et al. (2016), que defienden que el VM obedece a condiciones de restricciones del lado de la oferta y de la demanda. Respondiendo a estos autores, es viable describir

el VM como un fenómeno de brechas múltiples: de financiación en el lado de la oferta. Del lado de la demanda se encuentran brechas de capacidades y cognitiva. Estas últimas se deben a diferencias entre las capacidades del proyecto y su MM, y a diferencias entre el MM del proyecto y el MM del financiador.

También hay elementos novedosos en la aplicación de metodologías. Al revisar la literatura sobre modelos de simulación, se encontró que pocos trabajos aplican MBA para representar procesos de innovación. Aún menos desarrollos abordan específicamente en I+D, y ninguno se ocupa en particular del VM. Este trabajo permite reconocer la posibilidad de aprovechar las condiciones de heterogeneidad, emergencia en eventos individuales y relacionamiento en redes. Estas características resultan útiles para explorar procesos sistémicos de la innovación, y su abordaje es posible bajo el paradigma de MBA.

Este trabajo, que tuvo como elemento central las capacidades, ilustra la posibilidad de modelar procesos de I+D y de innovación representados bajo aproximaciones de recursos y capacidades, y que son transferibles a un modelo de agentes. Así, el paradigma de MBA puede servir para acercar las capacidades con los modelos de sistemas, como propone Teece (2018). El MBA puede ser propicio para estudiar procesos de adaptación, aprendizaje y evolución, en condiciones de heterogeneidad, relaciones de cooperación y competencia, que tienen espacio en los análisis de fenómenos del desarrollo tecnológico y la innovación, bajo recursos y capacidades.

En el ámbito metodológico, se probó una combinación de los estudios de caso con el modelamiento y simulación de sistemas. Este método híbrido fue interesante, porque el estudio de casos aportó a comprender las características de un fenómeno, reconocer y validar los factores que participan en el mismo y la forma como se relacionan. Todo ello a partir de una ruta inductiva. A partir de ello, se pudo transferir el entendimiento del fenómeno al modelo de simulación. Aprovechando los recursos computacionales, el modelo pudo darle vida a la explicación sistémica previamente reconocida. También permitió reproducir el comportamiento evolutivo del sistema para explorar los fenómenos emergentes. La combinación de los dos métodos permite ir más allá de lo que puede alcanzar cada metodología, de manera individual.

Aunque el estudio de casos aporta una explicación teórica que ya muestra relaciones sistémicas, su representación es estática, y no da mayores luces sobre cómo se da realmente la dinámica de interacción entre la brecha de financiación y la brecha de capacidades. Las proposiciones resultantes de los estudios de caso tampoco permiten reconocer dónde emergen comportamientos no lineales, que conduzcan a un aumento significativo de la TSVM. Estas características son resueltas al complementar el trabajo con el modelo de simulación.

Por su parte, el estudio de casos generó insumos para el diseño del modelo, aportando proposiciones en los que ya se vislumbraban componentes del sistema y relaciones entre ellos. Esto facilitó la conceptualización y diseño del modelo, y la definición de las reglas de interacción entre los agentes. Adicionalmente, el estudio de casos recogió información cualitativa y cuantitativa. La última fue insumo para estructurar los datos de entrada y parámetros del modelo. De esta forma, se logró complementariedad metodológica e instrumental, que sirvió para avanzar en el entendimiento del VM bajo el tipo de explicación esperado, así como para el cumplimiento de los objetivos.

Al avanzar el trabajo, se dejaron de lado algunos elementos para focalizar el esfuerzo y reducir la complejidad, pero se tomó nota de que los factores no considerados pueden dar pie a futuros desarrollos. Se reconoció que los equipos interdisciplinarios son favorables para la superación del VM. Este elemento fue incluido en las proposiciones resultantes de los casos (Figura 50). Sin embargo, esta condición no fue incorporada al modelo. Considerar la interdisciplinariedad en el talento humano, implica agregar elementos que hacen el modelo más complejo, sin que dicho aumento mejore la explicación central, de emergencia en torno al VM. Las capacidades, que constituyen un elemento central del modelo, integran el aporte del talento humano. Por este motivo, llevar el talento humano al modelo hubiera significado una baja relación entre beneficio explicativo *versus* aumento en la complejidad. En consecuencia, se dejó esta proposición como resultado de los casos, pero no como parte del modelo de simulación. Sin embargo, cabe considerar este punto para trabajos futuros, que aporten comprender cómo los equipos interdisciplinarios ayudan a superar el VM, posiblemente a través de un mejor desarrollo de capacidades.

Otros elementos no incluidos en el modelo, y que pueden dar pie a trabajos futuros, consisten en relaciones causales entre factores que fueron reportadas como significativas en la fase de identificación de factores y relaciones. En

dicha fase, se identificaron algunas relaciones causales, reportadas por los coordinadores de transferencia de las universidades. Una de ellas es que el no dominio de las dimensiones de capacidad tendría efectos sobre las competencias y roles del talento humano. También que los MM incidirían sobre el relacionamiento y trabajo en red. Finalmente, que los MM tendrían efecto sobre las competencias del talento humano. Aunque los factores mencionados se consideraron, en los casos no surgieron evidencias para reconocer estas relaciones, por lo cual quedaron fuera. Sin embargo, sería prudente avanzar en el futuro en esta indagación tratando de visibilizar dichas relaciones. De ser ciertas, podrían incorporarse en el modelo, como nuevas proposiciones y nuevos componentes del sistema de simulación. Esta revisión futura puede llevar a un entendimiento más detallado, basado en el descubrimiento de otros procesos y mecanismos relacionados con el VM y con su superación.

7.1 Aportes

En el campo conceptual, se desarrolló un modelo explicativo que aporta al entendimiento teórico del VM. Este aporte se caracterizó por la aplicación de una aproximación sistémica, en la que el comportamiento del VM resulta de la interacción de múltiples factores. Este aporte se puede considerar relevante, porque en la literatura previa se identifica un acuerdo respecto al reconocimiento del VM como un problema complejo y multifactorial. Pese a ello ha prevalecido un vacío, en relación con estudiar este fenómeno bajo una perspectiva como la que se abordó en este trabajo. Al enfocar el objeto de estudio bajo una perspectiva sistémica, más específicamente con un modelamiento basado en sistemas adaptativos complejos, se hizo un aporte a la comprensión del VM como consecuencia de la interacción entre capacidades, decisiones de financiación y MM.

Una descripción del VM como proceso sistémico, con ciclos de retroalimentación entre capacidades, financiación y MM, permite contrastar la perspectiva dominante del VM como brecha de financiación. A este respecto, este trabajo reconoce la importancia de la financiación, pero pasa de entender este factor como causa única, a participar en un proceso sistémico y de interacciones con los otros factores mencionados. El VM pasa a ser entendido como una triple brecha en tres ámbitos, que interactúan. Bajo esta consideración, se puede enriquecer el abordaje de soluciones al VM que no se limiten a la esfera de los mecanismos de financiación, sino que también consideren la brecha de capacidades, la brecha de MM más la interacción entre las tres brechas mencionadas. Esta aproximación, alternativa a la tradicional, abre las puertas a una mayor comprensión, así como a explorar estrategias alternativas y más holísticas para buscar soluciones al VM.

También se dio un aporte metodológico, consistente en la combinación de estudios de casos con modelamiento y simulación, desarrollando una aproximación metodológica híbrida. Tanto los estudios de casos, como el MBA fueron seleccionados por su capacidad de aportar a la construcción de teoría.

Siguiendo las recomendaciones de Eisenhardt (1989), se utilizó un estudio de casos múltiple para descubrir factores y relaciones entre ellos. Esto se hizo en un proceso inductivo, del que se derivaron proposiciones teóricas. De otra parte, se seleccionó el MBA, entre diversas posibilidades de modelamiento de sistemas. Con esta opción se aprovechó la capacidad del MBA para explorar relaciones en procesos inductivos, aportando a comprender por qué se dan determinados comportamientos. Este rasgo también es propicio para la construcción de nueva teoría.

En la aplicación que se hizo, se utilizaron las proposiciones teóricas que resultaron del estudio de casos, como insumo para definir los agentes, interacciones y reglas de comportamiento, en el diseño del modelo. También se usó información de los casos para definir las variables de estado, facilitando tanto el diseño como la parametrización, previa al inicio de experimentos. Finalmente, tras ejecutar experimentos y correr escenarios, estos pudieron contrastarse con los hallazgos de los casos, para validar los comportamientos arrojados por las simulaciones. Lo anterior muestra una fuerte integración entre los dos métodos, que propició una exploración más amplia del fenómeno del VM. Todo esto ilustra la viabilidad y el potencial de integrar las dos metodologías en trabajos investigativos, en los cuales sea pertinente construir nuevas aproximaciones teóricas de tipo sistémico.

Se desarrollaron actividades de divulgación, consistentes en ponencias y artículos, que se relacionan en el anexo 9.

7.2 Limitaciones

7.2.1 Limitaciones para el estudio de casos

El método utilizado para identificar los factores prioritarios se basó en la cantidad de repeticiones de cada factor, de acuerdo con la experiencia de los coordinadores de transferencia, así como por la participación de cada factor dentro del conjunto de relaciones causales. Esta información habilitó el paso siguiente, que fue un estudio de casos que profundizó los factores identificados en las universidades, pasando al análisis de proyectos adscritos a las mismas entidades. Sin embargo, que un factor fuera reconocido como relevante en la mayoría de las universidades consultadas, no implica necesariamente que sea de alto impacto sobre el sistema. En esta investigación, por no contar con un modelo previo, que sirviera de punto de partida, no fue posible una indagación de tipo cuantitativo, para identificar niveles de incidencia o impacto, y priorizar los factores. En todo caso, la vía utilizada fue interesante como etapa preliminar, que aportó insumos para los estudios de caso, porque al tener los factores comunes de las universidades que dieron origen a los objetos de estudio, estos sirvieron como punto de partida para guiar la exploración de los casos. Por su parte, al tratarse de factores donde se reconocieron relaciones causales con alta frecuencia, se aportó al análisis de relaciones sistémicas, requeridas para el modelo construido posteriormente.

Una segunda limitación fue que, al realizar esta aproximación a las barreras de la innovación, sobre nueve universidades que respondieron, no se puede garantizar que el resultado tenga un alcance general. Sin embargo, en esta primera fase lo que interesó fue reconocer las barreras, para tener un punto de partida para los estudios de caso. El obtener información de nueve de las once universidades del grupo total, da cierta tranquilidad respecto a que la representatividad dentro de las universidades del G8 y Sapiencia, estuviera cerca de alcanzarse. Como refuerzo, en los estudios de caso se validó la presencia y relevancia de los factores priorizados en la primera etapa de trabajo. Esto fue posible porque el método de casos permite validar y contrastar, e incluso, abre la posibilidad de que emerjan nuevas categorías a las establecidas antes de iniciar el trabajo de campo.

Una tercera consideración, que fue motivo de precaución, correspondió a que al considerar los factores bajo el enfoque cualitativo de los estudios de caso, se corre el riesgo de que algunos tengan un espectro amplio, que se refleja en varios subcomponentes. Esto sucedió con el factor **financiación**, que engloba suministro de recursos internos por parte de las universidades, así como eventuales inversiones de actores externos. Lo primero debería ser parte normal del desarrollo de los proyectos a lo largo de las fases de I+D y demostración. En cambio, la financiación externa consiste en un evento emergente, que podría suceder, o no. Por este motivo, al hacer los estudios de caso se debieron diferenciar las variaciones dentro de un mismo factor, con preguntas y constructos iniciales separados.

Algo semejante sucedió con los MM. Imágenes tácitas de diverso tipo pueden actuar como barreras a la innovación. Por ejemplo, MM de las dimensiones de los proyectos, pero también MM a escala de las universidades, o MM del proceso gestionado por el área de transferencia, podrían ser opciones viables, dependiendo de la unidad de análisis elegida. Al centrar la investigación en proyectos, el estudio de casos se enfocó en los MM relacionados con las dimensiones de capacidad de la misma unidad de análisis. Esta opción fue reconocida porque este tipo de MM está reportado reiteradamente como factor de bloqueo en la literatura del VM. Sin embargo, durante los estudios de caso se hizo levantamiento de información adicional sobre otros tipos de MM que pudieran ser relevantes.

7.2.2 Limitaciones en la etapa de modelamiento y simulación

La recolección de información empírica mediante estudio de casos es adecuada para reconocer relaciones causales entre factores, a partir de eventos concretos en la vida de los casos abordados. Sin embargo, estas relaciones arrojan información sobre el estado del sistema y situaciones de cambio de estado, y no tanto del comportamiento dinámico a lo largo del ciclo de vida. Esto se debe a que la información ayuda a reconocer qué cambios se dieron, pero esta no es suficiente para rastrear en qué momento exacto sucede cada evento de cambio.

Aunque la información recopilada permite identificar tiempos totales de vida, esto no es suficiente para que un modelo de sistemas reproduzca fielmente el comportamiento dinámico, duplicando los momentos exactos en los que se registran los eventos específicos al interior del proyecto. Esta situación es tolerable frente al propósito buscado, donde el asunto de interés central es cómo sucede un evento emergente, asociado a la evaluación financiera y decisión de financiar o no un proyecto, más el estado del proyecto al activarse dicha evaluación. Este evento se comprimió en una unidad de tiempo de un semestre.

Todos los eventos del modelo se derivan de las interacciones entre agentes. Para fines de desarrollar el modelo, lo más relevante fue reconocer si los eventos se dieron o no, y qué relaciones causales desencadenaron. Con ello, se obtuvieron insumos para definir las reglas de evolución e interacción de los agentes. Así, aunque el modelo representa un orden de eventos, no fue crucial la precisión respecto al intervalo de manifestación de cada evento individual. Esta condición tuvo implicaciones, porque condujo a un modelo que es sistémico, complejo y emergente, aunque en rigor, no cumple con todas las condiciones para que se pueda calificar como modelo de sistema dinámico.

Aunque, el ciclo de vida del proyecto manifiesta una dinámica en el modelo, se deben reconocer limitaciones para reproducir exactamente la dinámica de los proyectos reales. El foco de interés del modelo fue comprender lo que sucede durante el intervalo de tiempo en el que se cierran las brechas cognitivas, de capacidades y MM, y eventualmente un proyecto supera el VM. Asociado a ello, interesaron los eventos, interacciones y relaciones sistémicas, que incidieron en el cierre de las tres brechas. Por esta razón, tanto al modelar como al recoger la información a través de los casos, los instrumentos se orientaron a entender dichas relaciones, dejando la temporalidad como un asunto de menos relevancia para el objetivo de la investigación. La consideración precisa de los tiempos hubiera incrementado notablemente la complejidad en el levantamiento de información, porque muchos de los casos han tenido una historia de varios años, incluso de décadas, lo que dificulta levantar información detallada de muchos de los eventos.

Adicionalmente, se reconoció que cada caso tuvo una ruta de evolución propia. De haber buscado precisar las secuencias de manifestación de eventos para todos los proyectos, hubiera involucrado una diversidad de dinámicas. La consecuencia de ello hubiera sido agregar más complejidad al modelo de simulación, sin que a cambio mejorara significativamente la comprensión del evento emergente. Para la lógica de la interacción entre el proyecto y el financiador, lo relevante fue reconocer si al llegar a dicha instancia, el proyecto cumple con un perfil de capacidades que iguala o supera al establecido en el MM del financiador. El cumplimiento de dicho perfil de capacidades es independiente de los tiempos exactos de la generación de capacidades. Por esta razón, el desarrollo adicional hubiera agregado mayor complejidad, sin que agregara mayores elementos explicativos.

En los estudios de caso se identificó que cuando los proyectos cuentan con equipos interdisciplinarios, mejoran las posibilidades de superación del VM. Esto se debió a que estos equipos consideran de forma más integral las diversas dimensiones, favoreciendo el desarrollo de capacidades. Aunque se encontró que dicha condición es relevante, no fue incorporada en el diseño del modelo, para no incrementar su complejidad. La forma más adecuada para incluir este talento humano y evaluar las diferencias entre ser monodisciplinar o multidisciplinar, hubiera implicado incorporar en el diseño del modelo un agente adicional, o un conjunto de variables de estado adicionales, correspondientes a dicho talento humano. En todo caso, hubiera agregado más grados de libertad en el sistema. Se pudo evitar este aumento en la complejidad, al reconocer que las variaciones en la composición disciplinar guardan relación con las dimensiones de los MM y las capacidades del proyecto. Esto significa que las dimensiones del talento humano están representadas indirectamente en las dimensiones de capacidad.

Cabe recordar que Colombo & Piva (2008) identifican que, en iniciativas de tecnologías avanzadas, como las representadas en el modelo, las capacidades del proyecto corresponden en gran parte a las capacidades de su talento humano. Por este motivo, el modelo parte de una simplificación, estableciendo como supuesto que las competencias del talento humano están ya representadas y asimiladas en las dimensiones de capacidad. Sin embargo, esta es una premisa que se podría verificar en el futuro.

7.3 Posibilidades para trabajos futuros

Este trabajo se enfocó en los proyectos de I+D+i como unidad de análisis. Se estudió el problema dándole énfasis a los factores de la perspectiva no financiera y teniendo el concepto de capacidad como elemento central del marco conceptual. Dadas estas definiciones, el foco de atención principal fueron las capacidades que integran los proyectos, así como factores alrededor de dichas capacidades. Estas no fueron *a priori*, sino que partieron de análisis de las escalas, enfoques y marcos conceptuales más adecuados, conduciendo a construir una explicación cuyo epicentro son las capacidades del proyecto. Por este motivo, además de identificarse la interacción de la triple brecha, se encontraron otros factores participantes, todos los relacionados con las capacidades del proyecto, correspondientes a reglas institucionales universitarias, talento humano y alianzas. Como se mostró en la Figura 50 que sintetizó todas las proposiciones, dichos factores fueron relacionados con las capacidades.

Si se entiende que la triple brecha es relevante para comprender las dinámicas involucradas en el VM, este trabajo aporta a entender los factores ligados a la brecha de capacidades, y se pueden encontrar antecedentes en la literatura que también iluminan en este sentido. Adicionalmente, se encontraron múltiples trabajos que desarrollan la brecha de financiación y consideran factores del ámbito financiero que confluyen en ella. A diferencia de esto, el abordaje de la brecha cognitiva es pobre en antecedentes, y en este trabajo no fue abordado con suficiente profundidad. Dada la relevancia de la divergencia entre los MM del financiador y del proyecto para explicar las dinámicas involucradas, es relevante considerar trabajos futuros que profundicen en el entendimiento de dicha brecha. Surgen preguntas cómo ¿Qué procesos hacen que se formen el MM del innovador y del financiador? ¿Qué otros criterios y condiciones hacen parte de las expectativas de calidad para la inversión, además de las que fueron consideradas a partir de la estructura de Danneels (2002)? ¿Qué tan rápido se modifican los MM de los proyectos? ¿Cómo interactúan los MM del proyecto con otros MM que tengan las universidades, por ejemplo, en el ámbito directivo o del área de transferencia de tecnología? Otra cuestión se deriva de que, para facilitar este trabajo, se tuvo como supuesto que el MM del líder del proyecto determina el marco de referencia. Sin embargo, muchos de los proyectos son ejecutados por equipos. Así, resulta relevante reconocer si se generan MM compartidos, tal como sustenta Kim (1998), o si al interior de los equipos de proyecto hay divergencias entre los MM. En el último caso, también cabe preguntarse qué tan significativas pueden ser dichas divergencias para exacerbar la permanencia en el VM.

Del lado del financiador, se exploró un MM que utilizó la estructura propuesta por Danneels (2002), como instrumento para reconocer sus expectativas de calidad para la inversión. Sin embargo, en un estudio futuro será relevante explorar cuáles son las características de dichas expectativas, más amplia y profundamente. Una profundización en este asunto ayudaría a proponer una estructura de dimensiones más robusta. También cabría reconocer posibles factores de tipo financiero que tengan un peso importante durante la evaluación de los proyectos. En la medida que se tenga un conocimiento más preciso de los MM del financiador, por encima del abordaje dado en este trabajo, se gana en conocimiento para mejorar el abordaje de la brecha cognitiva entre el financiador y el proyecto. Eventualmente, esto podría ayudar a descubrir nuevas formas de enfocar los proyectos de I+D+i.

A lo anterior se le suma el reconocimiento que se hizo en los antecedentes en la literatura, de un segundo VM, en el cual una nueva unidad de negocios debe resolver problemas de difusión de la innovación en el mercado, así como de crecimiento y sostenibilidad durante sus primeros años de funcionamiento. Cabe preguntarse hasta qué punto los problemas a resolver en el segundo VM, hacen parte de las consideraciones de alistamiento tenidas en cuenta en la toma de decisiones durante el primer VM. Esta idea es justificable, pues se asume que el financiador, al evaluar el proyecto en el primer VM, debe tener expectativas de que el negocio sea sostenible y genere retornos en la etapa de operación y comercialización, lo cual posiblemente implique atender los requerimientos de supervivencia en el segundo VM. Si es así, parte de las condiciones para subsistir en el segundo VM podrían encontrarse en del MM bajo el cual se evalúa en el primero. Siguiendo esta línea, podría encontrarse un hilo conductor del primero al segundo VM. Un trabajo futuro en esta dirección enriquecería el entendimiento de los MM del financiador, así como

la comprensión de otros factores y condiciones a ser tenidas en cuenta desde el primer VM, pero que se vuelven relevantes de cara a la superación del segundo.

Aunque el VM fue explicado como una brecha triple, donde la financiación, las capacidades y los MM interactúan de forma sistémica, no se debe perder de vista que otros tres factores fueron identificados y relacionados con el proceso formador de capacidades. Futuras aproximaciones podrían profundizar en cómo los equipos humanos interdisciplinarios, las definiciones institucionales universitarias y las alianzas contribuyen a superar la brecha de capacidades de los proyectos. Incluso sería posible trascender de la conexión de estos factores con las capacidades, y pasar a la búsqueda de relaciones entre éstos y los MM. Posibles preguntas para profundizar en estos tres factores, pueden ser: ¿Cómo influyen las definiciones institucionales formales e informales de las universidades en la formación y modificación de MM de los proyectos? ¿La interacción con aliados es una vía propicia para modificar los MM de los proyectos? ¿Existe relación entre la diversidad en la composición del equipo de trabajo, y la diversidad de las dimensiones comprendidas en el MM del proyecto? Si esta relación existe, ¿en qué dirección sucede, o es bidireccional?

Tanto el proceso investigativo realizado, como los datos recopilados e incorporados al modelo de sistemas, fueron tomados de la realidad de un conjunto de universidades, que participan en las actividades de I+D en calidad de generadores de conocimiento. Este grupo constituye un sector posible entre muchos, que fue seleccionado tras reconocer que juegan un rol importante en el fenómeno estudiado, tal como describió en el planteamiento del problema. De hecho, se validó que concentran la mayoría de las capacidades de I+D+i, en el ámbito geográfico del estudio. Además, se levantaron indicios fuertes de que es usual que se manifieste el VM en el contexto de la I+D+i de estas entidades. Aunque los resultados de este trabajo son representativos para este tipo de entidades, es necesario reconocer que el trabajo fue limitado en cuanto al tipo de actores, así como en términos sectoriales. Por este motivo, no es posible asumir que los hallazgos sean representativos para entidades de CTi diferentes a universidades, ni tampoco respecto a sectores económicos específicos. Queda la oportunidad de desarrollar trabajos futuros, en los que se reutilice el método aplicado en este trabajo para estudiar el VM en casos de proyectos de I+D+i que no sean de origen universitario. También será interesante si se concentra el estudio en proyectos de sectores específicos. Se plantea como hipótesis que el método desarrollado en este trabajo puede ser aplicado en este tipo de trabajos, pero la validación de esta hipótesis queda abierta para trabajos futuros.

Entender el VM no sólo es relevante en términos académicos y de nuevo conocimiento. También puede serlo en la práctica de la gestión de la tecnología y la innovación, dado el impacto que se puede prever sobre la culminación exitosa de innovaciones tecnológicas. Los lineamientos propuestos en el numeral 0, pueden aportar una base para probar cambios en la forma de gestionar proyectos de I+D+i en las universidades. En la medida que esto suceda, se abrirá un espacio para desarrollar estudios futuros, que validen el efecto de la aplicación de los lineamientos, mejorando las capacidades de superación del VM en estas entidades.

En este trabajo se reconoció que, bajo aproximación de sistemas complejos, es posible estudiar el VM, reconocer un grupo de factores relevantes que inciden en la formación del VM a través de sus relaciones causales, e instituir un modelo plausible, todo bajo una perspectiva sistémica. Al materializar una explicación del VM que ha abordado la complejidad, se hace una propuesta que puede dar inicio a nuevas aplicaciones en la gestión de los proyectos de I+D+i en las universidades, y abre campo para futuros trabajos que consideren el VM bajo la perspectiva sistémica que se ha empezado a explorar con este trabajo.

Referencias

- Aarikka-Stenroos, L., & Lehtimäki, T. (2014). Commercializing a radical innovation: Probing the way to the market. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1372-1384. doi:10.1016/j.indmarman.2014.08.004
- Abereijo, I. O. (2015). Transversing the "valley of death." *African Journal of Economic and Management Studies*, 6(1), 90-106. doi:10.1108/ajems-10-2012-0066
- Ackoff, R. L. (1999). *Ackoff's best: His classic writings on management*. John Wiley & Sons. ISBN 0-471-31634-2
- AENOR (2006). *Norma Española UNE 166000. Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i*. AENOR, Madrid. <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/une-166000>
- ANDI (s.f.). *Recomendaciones de las empresas ANDI para el nuevo Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. ANDI*. http://www.andi.com.co/Uploads/ANDI_Recomendaciones%20MinCTeI.pdf
- ANII (2015). *Encuesta de actividades de innovación en la industria manufacturera y servicios seleccionados (2010-2012)*. Agencia Nacional de Investigación e Innovación de Uruguay. <https://siteanii.anii.org.uy/upcms/files/listado-documentos/documentos/encuesta-de-actividades-de-innovacion-en-la-industria-manufacturera-y-servicios-seleccionados-2010-2012.pdf>
- Aragón Amonarriz, C., Iturrioz, C., Narvaiza, L. & Parrilli, M. D. (2017). *The role of social capital in regional innovation systems: Creative social capital and its institutionalization process. Papers in Regional Science*. doi:10.1111/pirs.12329
- Arzaluz Solano, S. (2005). La utilización del estudio de caso en el análisis local. *Región y Sociedad*, 17(32), 107-144. <http://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v17n32/v17n32a4.pdf>
- Assink, M. (2006). Inhibitors of disruptive innovation capability: A conceptual model. *European Journal of Innovation Management*, 9(2), 215-233. doi:10.1108/14601060610663587
- Auerswald, P. & Branscomb, L. (2003). Valleys of death and Darwinian seas: Financing the invention to innovation transition in the United States. *Journal of Technology Transfer*, 28(3/4), 227-239. doi:10.1023/a:1024980525678
- Auerswald, P. & Branscomb, L. (2008). Research and innovation in a networked world. *Technology in Society*, 30(3-4), 339-347. doi:10.1016/j.techsoc.2008.04.021
- Baldock, R., North, D. & Ullah, F. (2015). The Impact of the Financial Crisis on the Financing and Growth of Technology-Based Small Firms: Some Survey Evidence from the United Kingdom. *New Technology-Based Firms in the New Millennium*, 201-226. doi: 10.1108/S1876-022820150000011018
- Bandera, C., Bartolacci, M. R., & Passerini, K. (2016). Knowledge Management and entrepreneurship: A contradictory recipe. *International Journal of Knowledge Management*, 12(3), 1-14. doi:10.4018/IJKM.2016070101
- Barr, S., Baker, T., Markham, S. & Kingon, A. (2009). Bridging the Valley of Death: Lessons Learned From 14 Years of Commercialization of Technology Education. *Academy of Management Learning & Education*, 8(3), 370-388. doi: 10.5465/AMLE.2009.44287937
- Barron, E. & Amoros, J. E. (2020). Bridging the Valley of Death: Lessons from an Entrepreneurial Program. *International Journal of Entrepreneurship*, 24(1). <https://www.abacademies.org/articles/bridging-the-valley-of-death-lessons-from-an-entrepreneurial-program-9082.html>
- Barona-Zuluaga, B., Rivera-Godoy, J. A. & Garizado-Román, P. A. (2017). Inversión y financiación en empresas innovadoras del sector servicios en Colombia. *Revista Finanzas y Política Económica*, 9(2), 345-372. <http://dx.doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2017.9.2.7>

- Beard, T., Ford, G., Koutsky, T. & Spiwak, L. (2009). A Valley of Death in the innovation sequence: an economic investigation. *Research Evaluation*, 18(5), 343-356. [doi:10.3152/095820209X481057](https://doi.org/10.3152/095820209X481057)
- Belz, A., Terrile, R.J., Zapatero, F., Kawas, M. & Giga, A. (2019). Mapping the Valley of Death: Managing Selection and Technology Advancement in NASA's Small Business Innovation Research Program. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1-10. [doi:10.1109/TEM.2019.2904441](https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2904441)
- Bessant, J., Öberg, C. & Trifilova, A. (2014). Framing problems in radical innovation. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1284-1292. [doi:10.1016/j.indmarman.2014.09.003](https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2014.09.003)
- Block, J. H., de Vries, G. & Sandner, P. (2010). Venture Capital and the Financial Crisis: An Empirical Study Across Industries and Countries. *The Oxford Handbook of Venture Capital*, 37-61. <https://ssrn.com/abstract=1541602>
- Block, J., & Sandner, P. (2009). What is the effect of the financial crisis on venture capital financing? Empirical evidence from US Internet start-ups. *Venture Capital*, 11(4), 295-309. [doi:10.1080/13691060903184803](https://doi.org/10.1080/13691060903184803)
- Boltze, J., Wagner, D. C., Barthel, H., & Gounis, M. J. (2016). Academic-industry Collaborations in Translational Stroke Research. *Translational Stroke Research*, 7(4), 343-353. [doi:10.1007/s12975-016-0475-5](https://doi.org/10.1007/s12975-016-0475-5)
- Bonnin Roca, J., & O'Sullivan, E. (2022). The role of regulators in mitigating uncertainty within the Valley of Death. *Technovation*, 109. [doi:10.1016/j.technovation.2020.102157](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102157)
- Borys, G. (2020). Ner300: Success or failure of public support for low-emission technologies? *Problemy Ekorozwoju*, 15(1), 189-196. <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-60fffb2c-c885-47d8-8483-d195be2207f3>
- Branscomb, L. M. & Auerswald, P. E. (2002). *Between Invention and Innovation An Analysis of Funding for Early-Stage Technology Development*. [https://www.cigref.fr/cigref_publications/RapportsContainer/Parus2005/Between Invention and Innovation - NIST - November 2002 web.pdf](https://www.cigref.fr/cigref_publications/RapportsContainer/Parus2005/Between%20Invention%20and%20Innovation%20-%20NIST%20-%20November%202002%20web.pdf)
- Calza, F., Ferretti, M., Panetti, E. & Parmentola, A. (2021). Moving drug discoveries beyond the valley of death: the role of innovation ecosystems. *European Journal of Innovation Management*, 24 (4). Pp. 1184-1209. [doi:10.1108/EJIM-11-2019-0342](https://doi.org/10.1108/EJIM-11-2019-0342)
- Carbonell, J., de Vera, V. & Feduchi, J. (2019). *Segundo Informe sobre la ciencia y la tecnología en España*. Madrid. ISBN: 978-84-120248-5-2
- Chetty, S. (1996). The Case Study Method for Research in Small-and Medium-Sized Firms. *International Small Business Journal*, 15(1), 73-85. [doi:10.1177/0266242696151005](https://doi.org/10.1177/0266242696151005)
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128. [doi:10.2307/2393553](https://doi.org/10.2307/2393553)
- Cokkinos, D. V. (2014). Introduction: What Is Translational Research. *Introduction to Translational Cardiovascular Research*, 3-16. [doi:10.1007/978-3-319-08798-6_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-08798-6_1)
- Colciencias (2019). *Reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación. Publicación de resultados finales de la convocatoria 833 de 2018*. Minciencias Colombia. En https://minciencias.gov.co/sites/default/files/listado_resultados_finales_-_833_de_2018_-_grupos_-_consulta.pdf
- Colombo, M. G. & Grilli, L. (2006). Funding Gaps? Access To Bank Loans By High-Tech Start-Ups. *Small Business Economics*, 29(1-2), 25-46. [doi:10.1007/s11187-005-4067-0](https://doi.org/10.1007/s11187-005-4067-0)
- Colombo, M. & Piva, E. (2008). Strengths and weaknesses of academic startups: A conceptual model. *IEEE Transactions on Engineering management*, 55(1), 37-49. [doi: 10.1109/TEM.2007.912807](https://doi.org/10.1109/TEM.2007.912807)

- Connell, D. (2009). Using government procurement to help grow new science and technology companies: Lessons from the US small business innovation research (SBIR) programme. *Innovation: Management, Policy and Practice*, 11(1) 127-134. [doi:10.5172/impp.453.11.1.127](https://doi.org/10.5172/impp.453.11.1.127)
- Cornell University, INSEAD & WIPO (2017). *The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World*. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. ISBN 979-10-95870-04-3. En <https://www.wipo.int/publications/en/series/index.jsp?id=129>
- Cornell University, INSEAD & WIPO (2018). *The Global Innovation Index 2018: Energizing the World with Innovation*. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. ISBN 979-10-95870-09-8. <https://www.wipo.int/publications/en/series/index.jsp?id=129>
- Cornell University, INSEAD & WIPO (2019). *The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives—The Future of Medical Innovation*. Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. ISBN 979-10-95870-14-2. En <https://www.wipo.int/publications/en/series/index.jsp?id=129>
- Cornell University, INSEAD & WIPO (2020). *The Global Innovation Index 2020: Who Will Finance Innovation?* Ithaca, Fontainebleau, and Geneva. ISBN 978-2-38192-000-9. En <https://www.wipo.int/publications/en/series/index.jsp?id=129>
- Cressy, R. (2002). Introduction: Funding gaps. *The Economic Journal*, 112(477), F1–F16. [doi:10.1111/1468-0297.00680](https://doi.org/10.1111/1468-0297.00680)
- Daldrup, V., Krahl, O. & Bürger, R. (2020). Is Crowdfunding Suitable for Financing German Public Research Organization (PRO) Projects? A. Moritz, J. H. Block, S. Golla, A. Werner (Eds.), *Contemporary Developments in Entrepreneurial Finance* (pp. 309-338). FGF Studies in Small Business and Entrepreneurship. [doi:10.1007/978-3-030-17612-9_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-17612-9_12)
- D'Amico, A., O'Brien, B., Larkin, M. (2013). Building a bridge across the transition chasm. *IEEE Security and Privacy*, 11(2), 24-33. [doi:10.1109/MSP.2012.160](https://doi.org/10.1109/MSP.2012.160)
- DANE (s.f.). *Encuesta de desarrollo e innovación tecnológica (EDIT) Históricas*. DANE. Recuperado el 01/09/2020 de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/encuesta-de-desarrollo-e-innovacion-tecnologica-edit/informacion-historica-edit>
- Danneels, E. (2002). The Dynamics of Product Innovation and Firm Competences. *Strategic Management Journal*, 23(12), 1095–1121. [doi:10.1002/smj.275](https://doi.org/10.1002/smj.275)
- Davis, J. P. & Eisenhardt, K. M. (2011). Rotating Leadership and Collaborative Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 56(2), 159–201. [doi:10.1177/0001839211428131](https://doi.org/10.1177/0001839211428131)
- Dean, T., Zhang, H., Xiao, Y. (2022). The role of complexity in the Valley of Death and radical innovation performance. *Technovation*, 109 (Article 102160). [doi:10.1016/j.technovation.2020.102160](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102160)
- Dessain, S. & Fishman, S.E. (2017). Porter's Five Forces and the Market for Angel Capital. En *Preserving the Promise: Improving the Culture of Biotech Investment*. Academic Press, 49-62.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550. [doi:10.2307/258557](https://doi.org/10.2307/258557)
- Eisenhardt, K. M. & Martin, J. (2000). Dynamic Capabilities: What are they?. *Strategic Management Journal*, 21(10-11), 1105–1121. [doi:10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11<1105::aid-smj133>3.0.co;2-e](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<1105::aid-smj133>3.0.co;2-e)
- Ellwood, P., Williams, C., Egan, J. (2022). Crossing the valley of death: Five underlying innovation processes. *Technovation*, 109 (Article 102162). [doi:10.1016/j.technovation.2020.102162](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102162)
- Etzkowitz, H., Mack, A., Schaffer, T., Scopa, J., Guo, L., & Pospelova, T. (2018). Innovation by design: SPARK and the Overcoming of Stanford University's Translational "Valley of Death" in Bio-Medicine. *Managerial and Decision Economics*, 1-13. [doi:10.1002/mde.2966](https://doi.org/10.1002/mde.2966)

- Frank, C., Sink, C., Mynatt, L., Rogers, R. & Rappazzo, A. (1996). Surviving the 'Valley of Death': a comparative analysis. *Journal of Technology Transfer*, 21(1-2), 61–69. [doi:10.1007/bf02220308](https://doi.org/10.1007/bf02220308)
- Fernández S.G., Kubus R. & Pérez-Iñigo J.M. (2019). Innovation ecosystems in the EU: Policy evolution and horizon Europe proposal case study (the Actors' perspective). *Sustainability*, 11, 4735. [doi:10.3390/su11174735](https://doi.org/10.3390/su11174735)
- Ford, G. S., Koutsky, T. M., & Spiwak, L. J. (2007). A Valley of Death in the Innovation Sequence: An Economic Investigation. Phoenix Center for Advanced Legal and Economic Public Policy Studies. *SSRN Electronic Journal*. [doi:10.2139/ssrn.1093006](https://doi.org/10.2139/ssrn.1093006)
- Freeman, C. & Soete, L. (1997). *The economics of industrial innovation*. Routledge-Taylor & Francis Group.
- Garcia, R. & Calantone, R. (2002). A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. *Journal of product innovation management*, 19(2), 110-132. [doi:10.1111/1540-5885.1920110](https://doi.org/10.1111/1540-5885.1920110)
- Gary, M. S., & Wood, R. E. (2011). Mental models, decision rules, and performance heterogeneity. *Strategic Management Journal*, 32(6), 569-594.
- Gil Lafuente, A. M. & Barcellos de Paula, L. (2010). Una aplicación de la metodología de los efectos olvidados: los factores que contribuyen al crecimiento sostenible de la empresa. *Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales Universidad de Barcelona. Cuadernos del CIMBAGE N° 12*, 23-52. <http://ojs.econ.uba.ar/ojs/index.php/CIMBAGE/article/view/350/639>
- Girdauskiene, L., Venckuviene, V. & Savaneviciene, A. (2015). Crowdsourcing as a Key Method for Start – ups Overcoming Valley of Death. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(3), 795-800. [doi:10.5901/mjss.2015.v6n3p795](https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n3p795)
- Godoe, H. (2000). Innovation regimes, R&D and radical innovations in telecommunications. *Research Policy*, 29(9), 1033–1046. [doi:10.1016/S0048-7333\(99\)00051-7](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00051-7)
- Goldstein, A., Doblinger, C., Baker, E. & Anadón, L. D. (2020). Patenting and business outcomes for cleantech startups funded by the Advanced Research Projects Agency-Energy. *Nature Energy*, 5 (10). [doi:10.1038/s41560-020-00683-8](https://doi.org/10.1038/s41560-020-00683-8)
- Gou, J., Li, J. & Ruan, P. (2013). Strategic Research of the Crossing of the "Death Valley" in Newly-Emerging Industry. *Atlantis Press*, 719-725. doi: [10.2991/asshm-13.2013.134](https://doi.org/10.2991/asshm-13.2013.134)
- Gubitta, P., Tognazzo, A. & Destro, F. (2015). Signaling in academic ventures: the role of technology transfer offices and university funds. *The Journal of Technology Transfer*, 41(2), 368-393. [doi:10.1007/s10961-015-9398-7](https://doi.org/10.1007/s10961-015-9398-7)
- Guevara, J. D., Bello, N. A., Garcia, O. A. & Abuchar, A. (2017). Aproximación PMBOK a la estructura de la gestión de proyectos. *Tecnología Investigación y Academia*, 5(1), 111-120. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/9640/pdf>
- Gulbrandsen, K. E. (2009). *Bridging the valley of death: The rhetoric of technology transfer* (tesis doctoral) . Iowa State University, EUA. [doi:10.31274/etd-180810-527](https://doi.org/10.31274/etd-180810-527)
- Gulbranson, C. A. & Audretsch, D. B. (2008). Proof of concept centers: accelerating the commercialization of university innovation. *The Journal of Technology Transfer*, 33(3), 249–258. [doi:10.1007/s10961-008-9086-y](https://doi.org/10.1007/s10961-008-9086-y)
- Grant, R. M. (1991). The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation. *California Management Review*, 33(3), 114–135. [doi:10.2307/41166664](https://doi.org/10.2307/41166664)
- Griffin, A., Price, R. L., Vojak, B. A. & Hoffman, N. (2014). Serial Innovators' processes: How they overcome barriers to creating radical innovations. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1362–1371. doi:[10.1016/j.indmarman.2014.08.010](https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2014.08.010)

- Grimm, V. Berger, U. DeAngelis, D. L., Polhill, J. G., Giske, J. & Railsback, S. F. (2010). The ODD protocol: A review and first update. *Ecological Modelling*, 221(23), 2760–2768. doi: [10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.08.019)
- Hadjimanolis, A. (2003). The Barriers Approach to Innovation. *The International Handbook on Innovation*, 559-573. doi:[10.1016/b978-008044198-6/50038-3](https://doi.org/10.1016/b978-008044198-6/50038-3)
- Hall, B. H. (2002). The Financing of Research and Development. *Oxford Review of Economic Policy*, 18(1), 35-51. doi:[10.1093/oxrep/18.1.35](https://doi.org/10.1093/oxrep/18.1.35)
- Hall, B. H. (2009). The 'funding gap': Financial markets and investment in innovation. En D. Foray (Ed.), *The New Economics of Technology Policy* (capítulo 15). Edward Elgar Publishing. <https://repo.euc.ac.cy/handle/123456789/1369>
- Hall, B. H., & Lerner, J. (2010). The Financing of R&D and Innovation. *Handbook of the Economics of Innovation*, 1, 609–639. doi:[10.1016/s0169-7218\(10\)01014-2](https://doi.org/10.1016/s0169-7218(10)01014-2)
- Hall, B. H., Moncada-Paternò-Castello, P., Montresor, S. & Vezzani, A. (2015): Financing constraints, R&D investments and innovative performances: new empirical evidence at the firm level for Europe. *Economics of Innovation and New Technology*, 25(3), 183–196. doi:[10.1080/10438599.2015.1076194](https://doi.org/10.1080/10438599.2015.1076194)
- Hangos, K., & Cameron, I. (2001). *Process Modelling and Model Analysis*. Process System Engineering, vol. 4. Academic Press. ISBN 0-12-156931-4
- Harmancioglu, N., Droge, C. & Calantone, R. J. (2009). Theoretical lenses and domain definitions in innovation research. *European Journal of Marketing*, 43(1/2), 229–263. doi:[10.1108/03090560910923319](https://doi.org/10.1108/03090560910923319)
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (1997). *Metodología de la investigación*. McGRAW - Hill Interamericana de México S.A. <https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n-Sampieri.pdf>
- Hervé, F. & Schwienbacher, A. (2018). Crowdfunding and Innovation. *Journal of Economic Surveys*, 0(0), 1-17. doi:[10.1111/joes.12274](https://doi.org/10.1111/joes.12274)
- Honjo, Y., Kato, M. & Okamuro, H. (2014). R&D investment of start-up firms: does founders' human capital matter?. *Small Business Economics*, 42(2), 207-220. doi:[10.1007/s11187-013-9476-x](https://doi.org/10.1007/s11187-013-9476-x)
- Harmancioglu, N., Droge, C. & Calantone, R. J. (2009). Theoretical lenses and domain definitions in innovation research. *European Journal of Marketing*, 43(1/2), 229–263. doi:[10.1108/03090560910923319](https://doi.org/10.1108/03090560910923319)
- Helfat, C. E., & Peteraf, M. A. (2003). The dynamic resource-based view: capability lifecycles. *Strategic Management Journal*, 24(10), 997–1010. doi:[10.1002/smj.332](https://doi.org/10.1002/smj.332)
- Heller, J. & Peterson, C. (2005). *'Valley of Death' in Nanotechnology Investing*. Foresight Nanotech Institute. Recuperado el 23/07/2020 de www.foresight.org/policy/brief8.html.
- Helmstetter, M. (3 de agosto de 2018). *Bridging The Valley Of Death Between Ag Innovation Funding And Market Adoption*. Forbes. Recuperado el 24/07/2020 de <https://www.forbes.com/sites/michaelhelmstetter/2018/08/03/bridging-the-valley-of-death-between-innovation-funding-and-market-adoption/#6e0f6d153434>
- Holland, J.H., K.J. Holyoak, R.E. Nisbett & Thagard, P.R. (1989). *Induction. Processes of Inference, Learning and Discovery*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Holland, J. (1992). Complex Adaptive Systems. *Daedalus*, 121(1), 17-30. Retrieved December 7, 2020, from <http://www.jstor.org/stable/20025416>
- Holland, J. H. (2006). Studying Complex Adaptive Systems. *Journal of Systems Science and Complexity*, 19(1), 1–8. doi:[10.1007/s11424-006-0001-z](https://doi.org/10.1007/s11424-006-0001-z)

- Hottenrott, H. & Peters, B. (2012). Innovative Capability and Financing Constraints for Innovation: More Money, More Innovation? *Review of Economics and Statistics*, 94(4), 1126–1142. doi:10.1162/REST_a_00227
- Hsu, PH. Tian, X. & Xu, Y. (2014). Financial development and innovation: Cross-country evidence. *Journal of Financial Economics*, 111(2), 116. doi:10.1016/j.jfineco.2013.12.002
- Hueske, A.-K. & Guenther, E. (2015). What hampers innovation? External stakeholders, the organization, groups and individuals: a systematic review of empirical barrier research. *Management Review Quarterly*, 65(2), 113–148. doi:10.1007/s11301-014-0109-5
- ICONTEC (2008). *Norma Técnica Colombiana NTC 5800. Gestión de la investigación, desarrollo e innovación (i+D+i). Terminología y definiciones de las actividades de I+D+I*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC (ed.). <https://es.slideshare.net/racape/ntc-5800-55837611>
- INE (2018). *Gasto y personal en investigación y desarrollo, año 2016*. Instituto Nacional de Estadística de Chile. Recuperado el 21/07/2020 de www.ine.cl/estadisticas/economia/ciencia-y-tecnologia/gasto-y-personal-en-investigacion-y-desarrollo
- IBGE (2017). *Pesquisa de Inovação - PINTEC. Tabelas completas*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Recuperado el 21/07/2020 de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=resultados>
- Islam, M., Fremeth, A. & Marcus, A. (2018). Signaling by early stage startups: US government research grants and venture capital funding. *Journal of Business Venturing*, 33(1), 35–51. doi:10.1016/j.jbusvent.2017.10.001
- Islam, N. (2017). Crossing the Valley of Death-An Integrated Framework and a Value Chain for Emerging Technologies. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 64(3), 389-399. doi:10.1109/TEM.2017.2685138
- Jiménez Chaves, V. E., & Comet Weiler, C. (2016). Los estudios de casos como enfoque metodológico. *ACADEMO*, 3(2), 1-11. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5757749.pdf>
- Jiménez, E. (2018). Factores que inciden en el Valle de la Muerte en proyectos de I+D+i en Medellín y su Área Metropolitana. Trabajo de Grado. Universidad Pontificia Bolivariana, Maestría en Gestión Tecnológica. Medellín.
- Jucevicius, G., Juceviciene, R., Gaidelys, V. & Kalman, A. (2016). The Emerging Innovation Ecosystems and "Valley of Death": Towards the Combination of Entrepreneurial and Institutional Approaches. *Inzinerine Ekonomika-Engineering Economics*, 27(4), 430-438. doi:10.5755/j01.ee.27.4.14403
- Kim, D. H. (1998). The Link between Individual and Organizational Learning. En *The Strategic Management of Intellectual Capital*. Butterworth-Heinemann, pp 41-62. doi:10.1016/b978-0-7506-9850-4.50006-3
- Klein, G. (2014). Evaluation of Core and Symbolic Capabilities During Due-Diligence Processes in New Biotechnology Firms. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 11(06), 1450043. doi:10.1142/s0219877014500436
- Kline, S. J., & Rosenberg, N. (2009). An Overview of Innovation. *Studies on Science and the Innovation Process*, 173–203. doi:10.1142/9789814273596_0009
- Lasallista (2017). Memoria Investigativa 2017. Corporación Universitaria Lasallista. En <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/3060>
- Lasallista (2018). Memoria Investigativa 2018. Corporación Universitaria Lasallista. En <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/3061>
- Lasallista (2019). Memoria Investigativa 2019. Corporación Universitaria Lasallista. En <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/3062>

- Lafuente, A. & de Paula, L. (2010). Una aplicación de la metodología de los efectos olvidados: Los factores que contribuyen al crecimiento sostenible de la empresa. *Cuadernos del CIMBAGE*, (12), 23-34. <https://www.redalyc.org/pdf/462/46213329002.pdf>
- Lai, X., Ye, Z., Xu, Z., Holmes, M. & Lambright, W. (2012). Carbon capture and sequestration (CCS) technological innovation system in China: Structure, function evaluation and policy implication. *Energy Policy*, 50(0), 635-646. [doi:10.1016/j.enpol.2012.08.004](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.08.004)
- Lee, M. H., Lee, M. & Kim, J. (2017). A dynamic approach to the startup business ecosystem: A cross-comparison of Korea, China, and Japan. *Asian Academy of Management Journal*, 22(2), 157-184. [doi:10.21315/aamj2017.22.2.6](https://doi.org/10.21315/aamj2017.22.2.6)
- Leonard-Barton, D. (1992). Core capabilities and core rigidities: A paradox in managing new product development. *Strategic Management Journal*, 13(S1), 111-125. [doi:10.1002/smj.4250131009](https://doi.org/10.1002/smj.4250131009)
- Lettner, M., Hesser, F., Hedeler, B., Schwarzbauer, P. & Stern, T. (2020). Barriers and incentives for the use of lignin-based resins: Results of a comparative importance performance analysis. *Journal of Cleaner Production*, 256, 1-11. [doi:10.1016/j.jclepro.2020.120520](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120520)
- Li, X., Pu, W. & Zhao, X. (2019). Agent action diagram: Toward a model for emergency management system. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 94, 66-99. [doi: 10.1016/j.simpat.2019.02.004](https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.02.004)
- Liening A., Geiger J. M. & Kriedel, R. (2018) Bridging the Gap Between Invention and Innovation: The Role of University-Based Start-Up Programs and Private Cooperation. En A. Presse & O. Terzidis (Eds.), *Technology Entrepreneurship* (pp. 241-260). Springer. http://doi-org-443.webvpn.fjmu.edu.cn/10.1007/978-3-319-73509-2_13
- Lin, H.-C., Chien, C.-C., & Chiu, S.-C. (2015). The impact of value-relevant accounting rules on innovative activities. *R&D Management*, 46(5), 872-886. [doi:10.1111/radm.12143](https://doi.org/10.1111/radm.12143)
- López, W. O. (2013). El estudio de casos: una vertiente para la investigación educativa. *Educere*, 17(56), 139-144. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35630150004.pdf>
- Madhok, A. & Tallman, S. B. (1998). Resources, Transactions and Rents: Managing Value Through Interfirm Collaborative Relationships. *Organization Science*, 9(3), 326-339. [doi:10.1287/orsc.9.3.326](https://doi.org/10.1287/orsc.9.3.326)
- Makarov, S., Ugnich E. (2015) Business-catalysts as Drivers of Regional Innovation Systems. *Foresight-Russia*, 9(1), pp. 56-67. <http://dx.doi.org/10.17323/1995-459x.2015.1.56.67>
- Malena, I. (2010). *Success as Science but Burden for Business? : On the difficult relationship between scientific advancement and innovation* (tesis doctoral). Uppsala Universitet. Suecia. https://www.impgroup.org/uploads/dissertations/dissertation_48.pdf
- Markham, S. K. (2002a). Moving technologies from lab to market. *Research-Technology Management*, 45(6), 31-42. [doi:10.1080/08956308.2002.11671531](https://doi.org/10.1080/08956308.2002.11671531)
- Markham, S. K. (2002b). Product champions: Crossing the Valley of Death. En P. Belliveau, A. Griffin & S. Somermeyer (Eds.), *The PDMA Toolbook for New Product Development* (pp. 119-1409. John Wiley & Sons. <https://assets.thalia.media/doc/b3/81/b381f037-55e0-4c8e-8e57-2bbd5e8aa3c2.pdf>
- Markham, S. K., Ward, S., Aiman-Smith, L. & Kingon, A. (2010). The Valley of Death as Context for Role Theory in Product Innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 27(3), 402-417. [doi:10.1111/j.1540-5885.2010.00724.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2010.00724.x)
- Markham, S. K. & Mugge, P. (2015). *Traversing the Valley of Death. A practical guide for innovation leaders*. ISBN 978-0-9909853-1-0
- Maughan, D., Balenson, D., Lindqvist, U. & Tudor, Z. (2013). Crossing the "Valley of Death": Transitioning Cybersecurity Research into Practice. *IEEE Security & Privacy*, 11(2), 14-23. [doi:10.1109/msp.2013.31](https://doi.org/10.1109/msp.2013.31)

- Maxwell, A. (2011). *Business Angel Decision Making* (tesis doctoral). University of Waterloo, Canadá. [https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/6484/Maxwell%7B %7DAndre?sequence=1](https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/6484/Maxwell%7B%7DAndre?sequence=1)
- McIntyre, R. A. (2014). Overcoming "The Valley of Death." *Science Progress*, 97(3), 234–248. [doi:10.3184/003685014x14079421402720](https://doi.org/10.3184/003685014x14079421402720)
- Meyer, A. D., Aten, K., Krause, A. J., Metzger, M. L. & Holloway, S. S. (2011). Creating a university technology commercialisation programme: confronting conflicts between learning, discovery and commercialisation goals. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management*, 13(2), 179. [doi:10.1504/IJEIM.2011.038858](https://doi.org/10.1504/IJEIM.2011.038858)
- MICITT (s.f.). Indicadores Nacionales Ciencia, Tecnología e Innovación Costa Rica 2015-2016. *Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT). Secretaría de Planificación Institucional y Sectorial*. https://vinv.ucr.ac.cr/sites/default/files/files/informe_indicadores_2015-2016.pdf
- Midler, C. (2019). Crossing the Valley of Death: Managing the When, What, and How of Innovative Development Projects. *Project Management Journal*, 50(4) 447–459. [doi:10.1177/8756972819857881](https://doi.org/10.1177/8756972819857881)
- Minciencias (s.f). *La ciencia en cifras. Grupos de investigación reconocidos*. Minciencias. Recuperado el 18/07/2020 de <https://minciencias.gov.co/la-ciencia-en-cifras/grupos>
- Mohammed, S., Klimoski, R., & Rentsch, J. R. (2000). The Measurement of Team Mental Models: We Have No Shared Schema. *Organizational Research Methods*, 3(2), 123–165. [doi:10.1177/109442810032001](https://doi.org/10.1177/109442810032001)
- Morales-Alonso, G; Vila, GA; Lemus-Aguilar, I; Hidalgo, A. (2019). Data retrieval from online social media networks for defining business angels' profile. *Journal of Enterprising Communities-People and Places in the Global Economy*, 14(1), 57-75. [doi:10.1108/JEC-10-2019-0095](https://doi.org/10.1108/JEC-10-2019-0095)
- Moore, G. (2014). *Crossing the Chasm: Marketing and Selling Disruptive Products to Mainstream Customers*. Harper Business Essentials.
- Munari, F., Pasquini, M. & Toschi, L. (2015). From the lab to the stock market? The characteristics and impact of university-oriented seed funds in Europe. *Journal of Technology Transfer*, 40(6), 948-975. [doi:10.1007/s10961-014-9385-4](https://doi.org/10.1007/s10961-014-9385-4)
- Munari, F., Sobrero, M., & Toschi, L. (2016). Financing technology transfer: assessment of university-oriented proof-of-concept programmes. *Technology Analysis & Strategic Management*, 29(2), 233–246. [doi:10.1080/09537325.2016.1241874](https://doi.org/10.1080/09537325.2016.1241874)
- Munari, F. Sobrero, M. & Toschi, L. (2018). The university as a venture capitalist? Gap funding instruments for technology transfer. *Technological Forecasting and Social Change*, 127(0), 70-84. [doi:10.1016/j.techfore.2017.07.024](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.07.024)
- National Science Board (2018). *Science & Engineering Indicators 2018*. National Science Board. <https://www.nsf.gov/statistics/2018/nsb20181/assets/nsb20181.pdf>
- Negro, S. O., Alkemade, F. & Hekkert, M. P. (2012). Why does renewable energy diffuse so slowly? A review of innovation system problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3836–3846. [doi:10.1016/j.rser.2012.03.043](https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.043)
- Nelson, R. & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. The Belknap Press of Harvard University Press. http://inctpped.ie.ufrj.br/spiderweb/pdf/2/Dosi_1_An_evolutionary-theory-of_economic_change.pdf
- Nemet, G. F., Zipperer, V. & Kraus, M. (2018). The valley of death, the technology pork barrel, and public support for large demonstration projects. *Energy Policy*, 119, 154–167. [doi:10.1016/j.enpol.2018.04.008](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.008)
- North, D. C. (1991). "Institutions." *Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 97-112. [doi:10.1257/jep.5.1.97](https://doi.org/10.1257/jep.5.1.97)

- OCyT (2020). *Indicadores de ciencia y tecnología. Colombia 2019*. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. ISSN 2323-072X.
- OCDE (2002). *Manual de Frascati. Propuesta de Norma Práctica para Encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental*. OECD Publishing, Paris/FEYCT, Madrid. https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/ManuaFrascati-2002_sp.pdf
- OCDE (2007). *Manual de Oslo: Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a innovación*. OECD/European Communities. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM001708.pdf>
- OCDE (2015). *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*. OECD Publishing, Paris/FEYCT, Madrid, [doi:10.1787/9789264310681-es](https://doi.org/10.1787/9789264310681-es).
- OECD (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities*. OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Olmos, L., Ruester, S. & Liong, S.-J. (2012). On the selection of financing instruments to push the development of new technologies: Application to clean energy technologies. *Energy Policy*, 43, 252–266. [doi:10.1016/j.enpol.2012.01.001](https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.001)
- Park, Barrable, B., Thorogood, N., Noonan, V., Tomkinson, J., Joshi, P., Stephenson, K., Barclay, J. & Kovacs Burns, K. (2014). Model for bridging the translational "valleys of death" in spinal cord injury research. *Journal of Healthcare Leadership*, 15. [doi:10.2147/jhl.s58649](https://doi.org/10.2147/jhl.s58649)
- Pérez de Lema, D. G., Zuluaga, B. B. & Guizarro, A. M. (2013). Financiación de la innovación en las Mipyme iberoamericanas. *Estudios Gerenciales* 29(126), 12-16. [doi:10.1016/S0123-5923\(13\)70015-9](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(13)70015-9)
- Pettigrew, A. M. (1990). Longitudinal Field Research on Change: Theory and Practice. *Organization Science*, 1(3), 267–292. [doi:10.1287/orsc.1.3.267](https://doi.org/10.1287/orsc.1.3.267)
- Pons, X.A., Martíns, J.J.G. & Parrilli, M.D. (2014). Evaluación de la fragmentación en los sistemas regionales de innovación: Una tipología para el caso de España. *Investigaciones Regionales*, 7-35.
- RAE (2021a). *Emprender*. Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/emprender>
- RAE (2021b). *Sistémico*. Diccionario de la lengua española. Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/sistémico>
- Raven, R. Geels, F. (2010). Socio-cognitive evolution in niche development: Comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands (1973-2004). *Technovation*, 30(2), 87-99. [doi:10.1016/j.technovation.2009.08.006](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2009.08.006)
- Ruiz, S. & Arango, D. (2019). Contribución de las prácticas de innovación abierta a la superación del Valle de la Muerte, en proyectos de innovación, de Medellín – caso de estudio. Trabajo de grado. Universidad EAFIT, Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento. Medellín.
- Samford, S., Warrian, P., & Goracinova, E. (2017). Public and private goods in the development of additive manufacturing capacity. *Business and Politics*, 19(03). [doi:10.1017/bap.2017.4](https://doi.org/10.1017/bap.2017.4)
- Sandberg, B. & Aarikka-Stenroos, L. (2014). What makes it so difficult? A systematic review on barriers to radical innovation. *Industrial Marketing Management*, 43(8), 1293–1305. [doi:10.1016/j.indmarman.2014.08.003](https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2014.08.003)
- Savaneviciene, A., Venckuviene, V. & Girdauskiene, L. (2015). Venture Capital a Catalyst for Start-Ups to Overcome the "Valley of Death": Lithuanian Case. *Procedia Economics and Finance*, 26, 1052–1059. [doi:10.1016/S2212-5671\(15\)00929-6](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(15)00929-6)
- Schoonmaker, M. G., Carayannis, E. & Rau, P. (2013). The role of marketing activities in the fuzzy front end of innovation: a study of the biotech industry. *Journal of Technology Transfer*, 38(6), 850-872. [doi:10.1007/s10961-012-9296-1](https://doi.org/10.1007/s10961-012-9296-1)

- Schoonmaker, M. G., & Rau, P. A. (2014). Small- to medium-size biotech firms' marketing efforts during the fuzzy front end of innovation. *Journal of Medical Marketing: Device, Diagnostic and Pharmaceutical Marketing*, 14(1), 49–56. [doi:10.1177/1745790414541456](https://doi.org/10.1177/1745790414541456)
- Senge, P. (2010). *La quinta disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Editorial Granica
- Slater, S. F., Mohr, J. J. & Sengupta, S. (2014). Radical Product Innovation Capability: Literature Review, Synthesis, and Illustrative Research Propositions. *Journal of Product Innovation Management*, 31(3), 552–566. [doi:10.1111/jpim.12113](https://doi.org/10.1111/jpim.12113)
- Stake, R. E. (2005). *Investigación con estudios de casos, tercera edición*. Ediciones Morata S. L.
- Stefanelli, V., Boscia, V. & Toma, P. (2020). Does knowledge translation drive spin-offs away from the “valley of death”? A nonparametric analysis to support a banking perspective. *Management Decision*, 58 (9). [doi:10.1108/md-11-2019-1579](https://doi.org/10.1108/md-11-2019-1579)
- Sohl, J. E. (1999). The early-stage equity market in the USA. *Venture Capital*, 1(2), 101–120. [doi:10.1080/136910699295929](https://doi.org/10.1080/136910699295929)
- Son, H., Chung, Y., & Yoon, S. (2022). How can university technology holding companies bridge the Valley of Death? Evidence from Korea. *Technovation*, 109. [doi:10.1016/j.technovation.2020.102158](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102158)
- Stacey, R. D. (1995). The science of complexity: An alternative perspective for strategic change processes. *Strategic Management Journal*, 16(6), 477-495. En <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.465.3554&rep=rep1&type=pdf>
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Irwin-McGraw-Hill.
- Strandvik, T., Holmlund, M. & Grönroos, C. (2014). "The mental footprint of marketing in the boardroom". *Journal of Service Management*, 25(2), 241-252. [doi:10.1108/JOSM-01-2014-0033](https://doi.org/10.1108/JOSM-01-2014-0033)
- Takata, M., Nakagawa, K., Yoshida, M., Matsuyuki, T., Matsushashi, T., Kato, K., & Stevens, A. J. (2022). Nurturing entrepreneurs: How do technology transfer professionals bridge the Valley of Death in Japan? *Technovation*, 109. [doi:10.1016/j.technovation.2020.102161](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102161)
- Tassey, G. (2014). Competing in Advanced Manufacturing: The Need for Improved Growth Models and Policies. *Journal of Economic Perspectives*, 28(1), 27-48. [doi:10.1257/jep.28.1.27](https://doi.org/10.1257/jep.28.1.27)
- Teece, D. J. (2018). Dynamic capabilities as (workable) management systems theory. *Journal of Management & Organization*, 24(03), 359–368 [doi:10.1017/jmo.2017.75](https://doi.org/10.1017/jmo.2017.75)
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533. <http://www.jstor.org/stable/3088148>
- Tidd, J. (2000). The competence Cycle: translating knowledge into new processes, products and services. En J. Tidd (Ed.) *From knowledge management to strategic Competence* (pp. 5-25). Imperial College Press
- Tollin, K. (2008) Mindsets in Marketing for Product Innovation: An Explorative Analysis of Chief Marketing Executives' Ideas and Beliefs about How to Increase Their Firms' Innovation Capability. *Journal of Strategic Marketing*, 16(5), 363-390, [doi:10.1080/09652540802481934](https://doi.org/10.1080/09652540802481934)
- Tushman, M., & Nadler, D. (1986). Organizing for Innovation. *California Management Review*, 28(3), 74–92. [doi:10.2307/41165203](https://doi.org/10.2307/41165203)
- Upadhyayula, V. K. K., Gadhamshetty, V., Shanmugam, K., Souihi, N. & Tysklind, M. (2018). Advancing game changing academic research concepts to commercialization: A Life Cycle Assessment (LCA) based sustainability framework for making informed decisions in Technology Valley of Death (TVD). *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 404–416. [doi:10.1016/j.resconrec.2017.12.029](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.029)

- Van den Burg, S. W. K., Stuiver, M., Bolman, B. C., Wijnen, R., Selnes, T. & Dalton, G. (2017). Mobilizing Investors for Blue Growth. *Frontiers in Marine Science*, 3. [doi:10.3389/fmars.2016.00291](https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00291)
- Van Lancker, J., Mondelaers, K., Wauters, E. & Van Huylenbroeck, G. (2016). The Organizational Innovation System: A systemic framework for radical innovation at the organizational level. *Technovation*, 52-53, 40-50. [doi:10.1016/j.technovation.2015.11.008](https://doi.org/10.1016/j.technovation.2015.11.008)
- Verhoeff, A. & Menzel, H. (2011). Social capital to bridge the valley of death, simulating critical incidents in innovation. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 14(1), 149. [doi:10.1504/ijesb.2011.042167](https://doi.org/10.1504/ijesb.2011.042167)
- Vonmont, P. (2014). Foundations as Promoters of Life Science Start-ups. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 68(12), 882-884. [doi:10.2533/chimia.2014.882](https://doi.org/10.2533/chimia.2014.882)
- Walrave, B., & Raven, R. (2016). Modelling the dynamics of technological innovation systems. *Research Policy*, 45(9), 1833-1844. [doi:10.1016/j.respol.2016.05.011](https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.05.011)
- Ward, M. Halliday, S. Uflewski, O. & Wong, T. (2018). Three dimensions of maturity required to achieve future state, technology-enabled manufacturing supply chains. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture*, 232(4), 605-620. [doi:10.1177/0954405417710045](https://doi.org/10.1177/0954405417710045)
- Weiss, C. & Bonvillian, W. (2013). Legacy sectors: barriers to global innovation in agriculture and energy. *Technology Analysis & Strategic Management*, 25(10), 1189-1208. [doi:10.1080/09537325.2013.843658](https://doi.org/10.1080/09537325.2013.843658)
- Wernerfelt, B. (1984). A Resource-based View of the Firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 171-180. <https://www.jstor.org/stable/2486175>
- Wessner, C. W. (2005). Driving Innovations Across the Valley of Death. *Research-Technology Management*, 48(1), 9-12. [doi:10.1080/08956308.2005.11657289](https://doi.org/10.1080/08956308.2005.11657289)
- Weyant, J. P. (2011). Accelerating the development and diffusion of new energy technologies: Beyond the "valley of death." *Energy Economics*, 33(4), 674-682. [doi:10.1016/j.eneco.2010.08.008](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2010.08.008)
- Wilson, N; Wright, M; Kacer, M. (2018). The equity gap and knowledge-based firms. *Journal of Corporate Finance*, 50(1), 626-649. [doi:10.1016/j.jcorpfin.2017.12.008](https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2017.12.008)
- Winter, S. G. (2003). Understanding dynamic capabilities. *Strategic Management Journal*, 24(10), 991-995. [doi:10.1002/smj.318](https://doi.org/10.1002/smj.318)
- Yadav, N., Swami, S., & Pal, P. (2006). High technology marketing: conceptualization and case study. *Vikalpa*, 31(2), 57-74. En <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0256090920060204>
- Yerxa, B. (2018). Progress in Inherited Retinal Disease Drug Discovery and Development: A Foundation's Perspective. *Pharmaceutical Research*, 35(11). [doi:10.1007/s11095-018-2514-2](https://doi.org/10.1007/s11095-018-2514-2)
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications - Design and Methods - Sixth Edition*. Sage Publications.
- Zhou, C., & Wang, R. (2020). From invention to innovation: the role of knowledge-intensive business services in technology commercialisation. *Technology Analysis & Strategic Management*, 1-13. [doi:10.1080/09537325.2020.1774053](https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1774053)
- Zollo, M. & Winter, S. G. (2002). Deliberate Learning and the Evolution of Dynamic Capabilities. *Organization Science*, 13(3), 339-351. [doi:10.1287/orsc.13.3.339.2780](https://doi.org/10.1287/orsc.13.3.339.2780)

Anexo 1: Protocolo para estudio de casos y entorno de financiadores

A. Objetivo del estudio de casos

Reconocer situaciones bajo las cuales un grupo de factores, previamente identificados como incidentes en el VM, alcanzan estados favorables (que facilitan la superación del VM) o desfavorables (que dificultan dicha superación).

B. Criterios para selección y validación de los casos

Se seleccionan casos de dos tipos:

Proyectos de I+D+i críticos: Entraron al VM, y no lo han superado. Entraron en la etapa de demostración, y se mantuvieron en ella. Estos proyectos se identifican con los coordinadores de transferencia de cada universidad, atendiendo a los siguientes criterios:

- Proyectos, desarrollos tecnológicos u oportunidades de innovación derivadas de ellos, que hacen parte de un portafolio gestionado y promovido por la unidad de transferencia tecnológica.
- Sus resultados de I+D están desarrollados y probados, al menos en condiciones de laboratorio. La tecnología resultante se encuentra en TRL 5 o superior.
- En caso de ser transferido, el desarrollo tecnológico se integraría en una innovación de producto (bien o servicio), o una unidad de negocio
- En lo posible, cuenta con una patente u otro activo intangible reconocible como propiedad intelectual, como un software, o un secreto industrial debidamente protegido.
- El responsable de transferencia lo considera uno de los proyectos más maduros, para ser transferido.
- El proyecto está activo. No se ha cancelado, sino que se mantienen actividades, ya sea en ejecución, o en plan para ejecutarlas.

Proyectos de I+D+i exitosos: Superaron el VM. Esto significa que entraron en la fase de DNP, o incluso han avanzado hasta comercialización. Estos proyectos se identifican con los coordinadores de transferencia de cada universidad, atendiendo a los siguientes criterios:

- Los proyectos, desarrollos tecnológicos u oportunidades de innovación derivadas de ellos, que hacen, o hicieron parte, de un portafolio gestionado y promovido por la unidad de transferencia de tecnología de la universidad.
- Sus resultados de I+D están desarrollados, probados y transferidos para una fase de escalamiento industrial, y se están desarrollando, o se han concluido actividades de adecuación de planta e infraestructura de operación, y promoción comercial. El desarrollo tecnológico se encuentra en TRL 8 o superior.
- El desarrollo tecnológico se ha integrado en una innovación de producto, o una unidad de negocio.
- En lo posible, cuenta con una patente u otro activo intangible diferenciable bajo una figura de propiedad intelectual, como un software, o un secreto industrial debidamente protegido.
- El proyecto está activo, en actividades de DNP, alistamiento operativo, operación o comercialización.

C. Medios para recopilar información de los casos

Fuentes primarias:

- Entrevistas semiestructuradas, a coordinadores de transferencia de tecnología de las universidades. Con ellas se levantó información para calificar barreras a la innovación en el VM y sus relaciones causales (numeral 5.1.1), como insumo para la selección de factores. También se identificaron proyectos de I+D+i candidatos a ser estudiados como casos (numeral 5.1.3).
- Entrevistas semiestructuradas, a líderes de los proyectos de I+D+i. Se combinaron interacciones presenciales y por canales virtuales (teléfono y teleconferencia).
- Diligenciamiento de formularios para capturar capacidades y modelos mentales, por parte de los líderes de proyectos.

Fuentes secundarias:

- Información de los proyectos, suministrada por la oficina de transferencia de tecnología, cuando accedieron a proporcionarla.
- Información de los grupos de investigación y de los desarrollos tecnológicos, en las páginas web y boletines de las universidades.
- Información de los avances o resultados de los proyectos, en las páginas web de las empresas. Aplica para los casos exitosos.
- Artículos publicados, derivados de los proyectos, con información de dimensiones técnicas y de mercado de los proyectos.
- Registro de los grupos de investigación, en plataforma Scienti, y de los investigadores líderes de los proyectos, en plataforma Cvlac. Ambas plataformas pertenecen al Ministerio Colombiano de Ciencia y Tecnología-Minciencias.

D. Procedimiento para manejo de información

Etapa	Fuente de información	Instrumento para manejar la información
Definición de factores		
Identificación de factores que constituyen barreras a la innovación, según criterio de coordinadores de transferencia.	Listado de barreras a la innovación, a partir de literatura. Coordinadores de transferencia definen una lista por universidad, tras validar y enriquecer listado de barreras de la literatura.	Elaboración de listados en Excel.
Identificación de relaciones causales entre factores, mediante elaboración de matrices de incidencia directa. Elaboración de una matriz por universidad, según testimonio de coordinadores de transferencia.	Evaluación a cargo de coordinadores de transferencia, de cada universidad	Matriz de incidencia directa entre los factores, registrada en Excel.

Etapa	Fuente de información	Instrumento para manejar la información
Síntesis de matrices y obtención de factores más relevantes. Estos factores se aprovechan para definir las categorías de análisis del estudio de casos.	Matrices de incidencia directa de cada universidad.	Matriz consolidada de relaciones causales. Consolidación mediante hoja de cálculo en Excel.
Estudio de casos múltiples		
Elaboración de guía de entrevistas, para las categorías seleccionadas en la definición de factores.	Factores seleccionados, en la definición de factores	Guía de entrevistas, en anexo 2.
Levantamiento de información secundaria y primaria (entrevistas, formularios) para los casos.	Fuentes primarias y secundarias, descritas en aparte C, de este protocolo.	Notas de audio, documentos de notas escritas, hipervínculos a fuentes en internet. Instrumentos para captura de capacidades en los proyectos y modelos mentales en sus líderes.
Levantamiento de información de los financiadores.	Entrevistas a financiadores, aplicación de instrumento de captura de modelos mentales de los financiadores.	Instrumento para captura de modelos mentales de los financiadores.
Codificación de información de cada caso.	Información clasificada, de cada caso.	Proyecto en Atlas.TI, con códigos listados en aparte F de este protocolo.
Resumen de información codificada para cada caso y categoría, utilizando etiquetas o <i>tags</i> (Palabras o frases de resumen	Información de cada caso, codificada para cada categoría del estudio de casos.	Tabla de etiquetas, para cada categoría.
Elaboración de tabla de resumen de todos los casos, integrando en ella las etiquetas de todos los casos y categorías.	Conjunto de tags definidos para cada caso, ordenado por categorías	Tabla en Excel.
Identificación de patrones, y revisión de la información codificada para validar y profundizar hallazgos sobre patrones de comportamiento entre grupos de casos.	Información de cada caso, codificada para cada categoría del estudio de casos.	Tabla de resumen de etiquetas, en Excel.

E. Preguntas orientadoras para recopilar información

Para casos críticos

- ¿En qué estado de avance se encuentra el proyecto? ¿El proyecto ya cuenta con un desarrollo tecnológico en TRL 5 o superior? (pregunta de validación del caso).
- ¿Por qué se considera que el proyecto tiene potencial para superar el VM? (pregunta de validación del caso).
- ¿Qué circunstancias fueron favorables para que el proyecto resolviera los factores y superara el VM?

Para casos exitosos

- ¿En qué estado de avance se encuentra el proyecto? ¿El proyecto adelanta, o ya efectuó, actividades de alistamiento para la operación y comercialización, o se está operando? (pregunta de validación del caso).
- ¿Qué circunstancias fueron favorables para que el proyecto resolviera los factores y superara el VM?

Para casos críticos y exitosos

- ¿El equipo del proyecto cuenta con expertos técnicos? ¿Con PhDs en el campo de experiencia técnica? ¿Con personal con experiencia en gestión? ¿Con experiencia empresarial?
- ¿Se formó un equipo interdisciplinario, a lo largo del desarrollo del proyecto?
- ¿Qué avances se han dado en las dimensiones de capacidad (*know-how*, dimensiones industriales, dimensiones de mercado)? ¿Qué circunstancias han incidido en estos avances?
- ¿Hasta qué grado se considera que deben ser desarrolladas las dimensiones del proyecto, para que sea considerado maduro, en consecuencia aumente la probabilidad de aprobarse su puesta en operación?
- ¿Se vincularon en el proyecto aliados investigativos, industriales o comerciales? ¿Qué circunstancias han incidido en la formación de estas alianzas? ¿Qué efecto tuvo la participación de aliados, sobre el desarrollo del proyecto?
- ¿Qué apoyos, dirigidos desde el sistema de CTi, contribuyeron al avance del proyecto?
- ¿Qué condiciones institucionales (ej. normas, políticas, procedimientos formales) han incidido sobre el proyecto, acelerando o frenando su desarrollo?
- ¿Qué condiciones institucionales han incidido en que el proyecto pueda acceder a los recursos requeridos y a desarrollar las capacidades, tras finalizar las actividades de I+D (antes de la fase de demostración)?
- ¿Qué condiciones institucionales externas a las universidades (ej. normas, regulaciones de alcance sectorial) han incidido sobre el desarrollo del proyecto?
- ¿Cómo fueron las condiciones de financiación en las fases de I+D (antes de la fase de demostración), y en la fase de demostración?
- ¿Cómo han sido las condiciones encontrados en la búsqueda de financiación para actividades posteriores a la fase de demostración?

F. Factores, códigos y etiquetas

Los factores seleccionados para ser revisados en los casos constituyen las categorías de análisis de los casos. Los códigos son denominaciones utilizadas en Atlas.TI para clasificar los fragmentos de la información de los casos, que se relacionen con los factores. Las etiquetas son palabras o frases que resumen y califican el estado de los factores en cada caso.

Factores categoría)	(o	Códigos	Etiquetas
------------------------	----	---------	-----------

Talento humano	TALENTO HUMANO INTERDISCIPLINARIO	Tag TH técnico experto. Opciones: Sí / No. Tag TH técnico PhD. Opciones: Sí / No. Tag TH gestión. Opciones: Sí / No. Tag TH experiencia empresarial. Opciones: Sí / No. Tag Equipo interdisciplinario. Opciones: Sí / No / Parcial (cuando el equipo comprende diversas disciplinas técnicas, pero no en gestión y negocios).
Alianzas	ALIANZAS	Tag Aliados investigativos. Opciones: Sí / No. Tag Aliados industriales. Opciones: Sí / No. Tag Aliados comerciales. Opciones: Sí / No.
Instituciones	INSTITUCIONES	Tag Limitación de acceso a recursos de universidad. Opciones: Sí / No. Tag Instituciones universitarias dificultaron alianzas. Opciones: Sí / No / Parcial (se encuentran elementos institucionales favorables y desfavorables, al mismo tiempo).
Financiación	FINANCIACIÓN	Tag financiación pre-VM. Opciones: Sin dificultades / Con dificultades. Tag financiación post-VM. Opciones: En efectivo / En efectivo y especie / Ninguna.
Apoyo en el sistema de CTi	SISTEMA CTI	Tag Apoyo CTi capacidades. Opciones: Sí / No. Tag Apoyo CTi financiación. Opciones: Sí / No.
Dimensiones de capacidad	DIMENSIONES KNOW HOW INDUSTRIA MERCADO	No aplica: se usó instrumento para capturar nivel de desarrollo de capacidades, en lugar de etiquetas.
Modelos mentales	MODELO MENTAL	No aplica: se usó instrumento para hacer explícito el modelo mental aplicado en el proyecto, en lugar de etiquetas.

Otros códigos:

Código	Etiqueta usada
Superó VM	Tag superó VM. Opciones: Sí / No / Recurrente (sale del VM y regresa)

G. Información complementaria

Entorno universitario

Información levantada

- Antecedentes de las universidades donde se originan los casos. Naturaleza (pública o privada), existencia y ubicación de la dependencia responsable de gestionar los proyectos en el VM (oficina de transferencia, de innovación o equivalente).
- Cantidad de experiencias exitosas de la universidad, en superar el VM.
- Elementos institucionales (normas, políticas, instrumentos formales) que inciden en la superación o en la continuidad de los factores del VM.

Fuentes de información

- Coordinadores de transferencia, innovación o rol afín, en cada universidad.
- Documentos de políticas y normativa de las universidades.

Entorno de financiadores

Información levantada

- Antecedentes, naturaleza y perfil de los fondos (*ángeles, venture capital, private equity*).
- Modelos mentales de los financiadores, entendido como el perfil de capacidades mínimas para considerar que se cumplen condiciones de calidad para la inversión, y en consecuencia, un proyecto está suficientemente maduro para invertir en sus etapas finales.

Fuentes de información

- Gestores de los fondos.

Anexo 2: Guía de entrevistas semiestructuradas, para estudio de casos

Historia del proyecto

- ¿Cuándo y cómo surgió la idea del proyecto? ¿Cuáles fueron las motivaciones para iniciarlo?
- ¿Qué resultado o producto tecnológico busca el proyecto?
- ¿Cuáles han sido los hitos (eventos clave) más importantes del proyecto, y en qué fechas aproximadas?

Financiación

- ¿Qué factores fueron claves para obtener la financiación/para no obtenerla?
- ¿Quiénes han financiado el proyecto? ¿A qué se destinó la financiación obtenida?

Talento humano

- ¿Quiénes conforman el equipo del proyecto, y cuáles son sus roles?

Alianzas

- ¿Qué entidades u organizaciones, externos a la universidad, han participado en calidad de aliados? ¿Qué ha aportado la participación de cada aliado, al avance del proyecto?

Apoyo en el sistema de CTi

- ¿Qué entidades del sistema de CTi apoyaron el proyecto? ¿En qué consistió el apoyo?

Instituciones

- ¿Las condiciones normativas, reglamentarias o procedimentales de la universidad, como han incidido en la evolución del proyecto?
- ¿Qué condiciones normativas, reglamentarias o procedimentales externas (ej. sectoriales), han incidido en la evolución del proyecto?

Dimensiones de capacidad y modelos mentales

- Diligenciar formulario de captura de dimensiones y modelos mentales. A medida que se califica cada dimensión, relatar el estado actual, para justificar las calificaciones asignadas en el formulario.

General

- A juicio del entrevistado, ¿Qué factores han sido críticos para llevar el proyecto a etapas finales / para que el proyecto no haya podido pasar a etapas finales?

Anexo 3: Síntesis de codificación de casos

Caso Térmico	
Superó VM	<p>Salida parcial (o salida en falso): Cuando se obtuvo la patente de invención en 2011, ya se había concluido la etapa experimental, aprobado las pruebas y se consideraba listo para ser transferido al mercado. Se hizo una transferencia y se firmó contrato de licenciamiento con la empresa Indisa, quienes replicaron el desarrollo con unas mejoras, a escala demostrativa. También se instaló en dos empresas. EPM inició promoción y gestión comercial, pero no hubo buena respuesta en ventas. En este punto, EPM abandonó la iniciativa y frenó la dinámica de demostración y promoción comercial que se había iniciado. La Universidad tiene planes de mejorar la tecnología para ampliar aplicaciones, mantenerse en estado de frontera tecnológica y conseguir fuente de recursos para financiar una fase de demostración (sin depender de los recursos que ya no aporta EPM), lo que pondría la iniciativa de nuevo a la salida del VM. Indisa pagó licencia por dos años a la Universidad y a EPM. Después con las dificultades de mercado, Indisa pidió renegociar el contrato y el contrato se congeló, se quedó en que si hacían negocio le pagaban regalías a la Universidad. Han sabido que Indisa está negociando la comercialización del horno a través de Premac, Por ahora no se sabe si han realizado ventas. Para avanzar en la comercialización es necesario realizar pruebas demostrativas, pero debido a los costos que implicaba esta iniciativa, Indisa se abstuvo de hacerlo.</p>
Talento humano	<p>Grupo de investigación GASURE, liderado por un Ingeniero Mecánico del Alma Mater, Magíster de la Universidad Nacional y especialista en implicaciones económicas de las variaciones de la temperatura ambiente en la operación de centrales térmicas a gas en Colombia. En cuanto a las capacidades cubiertas por el talento humano, estas se dieron mayormente por parte de la Universidad, debido a que el <i>core</i> del negocio de EPM no es el desarrollo de hornos.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know how: Desde el punto de vista técnico el proyecto fue exitoso. Hubo patentamiento, pero sólo se hizo en Colombia. Por falta de acuerdo con la Universidad, no fue posible sacar el producto al mercado en el exterior, finalmente EPM cedió la propiedad intelectual a la Universidad. la empresa Indisa encargada de la producción, replicó el desarrollo en planta demostrativa. Adicionalmente, el sistema se instaló en dos empresas.</p> <p>Mercado: En el mercado fue donde se tuvieron dificultades de penetración. La venta del horno se estancó debido a que los clientes potenciales no estaban dispuestos a comprar el producto porque implicaba incrementar sus costos de producción. Reconocen que no hicieron un buen reconocimiento del mercado y su demanda. La legislación vigente aunque genera presión a los industriales, no obliga a cambios de tecnología, busca reducir emisiones sin importar el combustible utilizado. El segmento de mercado al cual se dirigió la comercialización (PYMES), no era el adecuado debido a los costos que implica el cambio tecnológico. En este caso no se había previsto como realizar el desarrollo comercial de la tecnología.</p> <p>Procesos industriales: El proyecto demostró que los procesos de manufactura para desarrollar el equipo estaban disponibles en Medellín, y por eso el horno se fabricó en Medellín. Para producir el horno no se requiere una planta industrial (NO SE TIENE), este se puede producir bajo el concepto de integración donde se subcontrate el desarrollo de las piezas para luego realizar el ensamble final. Poner el horno a prueba dentro de una empresa implica asumir todos los costos de instalación, que no son pocos, por ende, se requiere poder tener un espacio donde realizar demostración en línea en un periodo de tiempo considerable que permita ver a largo plazo los beneficios del cambio tecnológico. No se consideró en la posventa el tema de suministro de repuestos, lo que se convirtió en una barrera para la adquisición de la tecnología por parte del cliente. Ni la Universidad ni EPM tenían como escalar el horno, fue necesaria una convocatoria para contratar el aliado con las capacidades industriales que pudiera producirlo.</p>

Aliados	SENA (aliado financiador), EPM (aliado financiador y técnico) e Indisa (empresa de ingeniería, se esperaba que Indisa fuera un aliado comercial y realmente sus capacidades fueron de ingeniería, no comerciales). EPM se retiró de la alianza tras iniciar promoción y no obtener en el corto plazo resultados comerciales.
Instituciones	La alianza con una empresa pública (EPM) generó puntos de inflexión, dada la rigidez de la estructura, burocracia para la toma de decisiones y la dinámica de cambios administrativos, siendo estos una barrera en algunos puntos de entendimiento y negociación, afectando el éxito del proyecto. El desarrollo del proyecto fue motivado por la iniciativa en el marco de una política de la Universidad de construir centros de investigación e innovación de excelencia en áreas tecnológicas, con potencial tanto investigativo como empresarial. También se aprovecharon los mecanismos de transferencia que ofrece la Universidad.
Apoyo entidades CTI	Financiación del SENA. Recientemente se aprobó financiación de Agencia Francesa de Desarrollo, para montaje de demostración.
Financiación	Pre-VM: El proyecto inició con el financiamiento de un fondo del SENA y una contrapartida de EPM. El proyecto fue impulsado bajo el marco de una política de la Universidad de construir centros de investigación e innovación de excelencia en áreas tecnológicas, con potencial tanto investigativo como empresarial. Post-VM: En primera salida del VM se contaba con recursos de EPM para financiar demostración y aportar a gestión comercial. Al retirarse EPM, desaparece una fuente de financiación importante. Hoy se cuenta con aprobación de recursos de la Agencia Francesa de Desarrollo para financiar estrategia de demostración a través de parque tecnológico, con lo cual se espera reiniciar gestión comercial.
Modelos mentales	Se creyó conocer el mercado a partir de la necesidad de la venta de combustible, no desde la necesidad del cliente de manera holística, incluyendo que en caso de adquirir la tecnología este iba a requerir soporte posterior, como es el tema de los repuestos, y también cuál era la capacidad financiera de las empresas del sector para adquirir la tecnología. A partir de esta experiencia EPM aprendió que primero se debe investigar la necesidad del mercado, capacidad adquisitiva vs costos, potencial, competidores, etc., antes de emprender simplemente una idea o desarrollo. También se aprendió que se debe tener el contacto con empresas usuarias, para facilitar la promoción comercial. En cambio, se aprendió que no se requiere capacidad propia de fabricación, pues se puede fabricar aprovechando proveedores industriales. Una barrera de entrada es la creencia de parte del cliente de que es el proveedor quien necesita probar la tecnología y por ende este debe asumir todos los costos del proceso de instalación, de lo contrario no está dispuesto a probar la tecnología. La falta de conocimiento del cliente y cómo alcanzar el mercado generaron una salida fallida del VM, pues se contrató a una empresa de ingeniería para producir el horno, esperando que esta también hiciera la gestión de mercadeo, lo cual no sucedió. El líder explica que no se existe en el País desconocimiento de la aplicación de la tecnología y sus beneficios. Es decir, que si se conocen mejor los beneficios de la tecnología, esto debería impulsar la difusión en el mercado, sin considerar otras posibles barreras a la difusión de esta innovación.
Caso Biológicos	

Superó VM	<p>Si. El proyecto es el resultado de más de 20 años de experiencia del grupo de investigación de la Universidad en el área de soluciones antivenenos, con resultados preliminares que conducían a una solución, y con alto conocimiento del contexto y relaciones con entidades de salud. Sin embargo, no se contaba con un producto mínimo viable o prototipo. La Universidad logró una alianza empresarial con un inversionista ángel (egresado de la Universidad) que conocía claramente la oportunidad, el impacto en la región y la potencialidad en el relacionamiento con la Universidad; este aportó las capacidades que permitieron la aceleración del negocio. Ahora se cuenta con un antiveneno liofilizado que corresponde a una fórmula distinta a la líquida que se ofrece en el País. Por su presentación seca, no requiere cadena de frío, lo que permitirá garantizar su disponibilidad en los puestos de salud u hospitales apartados. En el mundo solamente hay tres fabricantes que ofrecen esta presentación, uno en México, otro en Australia y ahora la <i>Spin off</i> resultado de este proyecto. En el año 2019 se disponía de los primeros lotes de suero antiofídico y en el 2020 el objetivo es obtener la licencia por parte del INVIMA, que permite la producción a escala del producto. Se realizó la constitución de un <i>spin off</i>. Ya se cuenta con los avales en temas regulatorios de la formulación. Durante la fase de escalamiento y preparación de planta de producción, el INVIMA ha generado tres cambios normativos que han obligado a redefinir el diseño de la planta y ha retrasado los tiempos esperados de lanzamiento.</p>
Talento humano	<p>El proyecto se ha venido desarrollando por más de 20 años, por lo que se ha presentado rotación en los investigadores y en el equipo actual el investigador principal es Químico farmacéutico, Magíster en Investigación y Desarrollo de Medicamentos, PhD en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: La formulación planteada se basa en un antiveneno liofilizado o seco de tercera generación, elaborado con venenos de diferentes serpientes que se encuentran en el País, y corresponde a una fórmula distinta a la líquida que se ofrece en el País, no demanda cadena de frío, lo que permitirá garantizar su disponibilidad en los puestos de salud u hospitales apartados. Tiene una ventaja frente a antivenenos de generaciones anteriores, porque no genera efectos secundarios (reacciones alérgicas). A partir de la Alianza empresarial que realizó la Universidad, se constituyó una <i>Spin off</i>.</p> <p>Mercado: El aliado empresarial tiene mucha experiencia en el sector salud, lo que facilitó que se identificara un modelo de negocio con potencial para invertir. Este tipo de productos apunta al mejoramiento de la salud pública, particularmente en un mercado desatendido. El mercado está enfocado en dos clientes: el mercado institucional (gobiernos) y el mercado privado (Empresas como Ecopetrol, Epm entre otros). Una vez alcanzado el mercado colombiano, el siguiente paso será entrar en otros mercados internacionales, que ya se tienen estudiados y adelantados. Por otra parte Ruta N ha realizado el acompañamiento con entidades multilaterales, lo que permitió un acuerdo con una entidad global que es un brazo de Médicos Sin Fronteras, que llevan medicamentos a lugares del mundo desatendidos, principalmente Medio Oriente, África, Vietnam, etc. La idea es hacer un programa de cooperación global para llevar gratis sueros a esos lugares donde no hay, y la producción y distribución se pagarían con dinero de cooperantes.</p> <p>Procesos Industriales: Durante la preparación de la planta de producción, el INVIMA realizó tres cambios normativos, lo que obligó a redefinir la planta y retrasó los tiempos esperados de lanzamiento. También se realizó un contrato de maquila con la Universidad CES que tiene una planta de producción de recursos biológicos.</p>
Aliados	<p>El principal aliado empresarial es un inversionista ángel, con mucha trayectoria en temas de ciencia y tecnología y el sector salud, que apuesta a negocios basados en conocimiento. Este aliado-inversionista fue fundamental para el éxito del proyecto, además de que tenía un buen relacionamiento con la Universidad (egresado) y experiencias previas de negocios, lo cual generó confianza mutua al realizar la vinculación y agilizó la formación de la alianza. Las capacidades del inversionista fueron cruciales para el escalamiento de las tecnologías. La alianza se transformó en una <i>Spin-off</i>, donde la Universidad no es socia, sino que participa con la experiencia de la tecnología y recibe unas regalías. También hace parte del Comité Técnico y el Comité Administrativo, de manera que tenga voz y voto al interior del <i>Spin off</i>. Los aliados conformaron un equipo interdisciplinario, tanto para la operación, como para la dirección del proyecto. También se tiene alianza industrial con la Universidad CES. Con ellos se realizó un contrato de maquila aprovechando la capacidad instalada en la planta de producción de recursos biológicos que ellos tienen disponible.</p>

	<p>Con el apoyo de Ruta N se logró un acuerdo con una entidad global que es un brazo de Médicos Sin Fronteras, que llevan medicamentos a lugares del mundo desatendidos, principalmente Medio Oriente, África, Vietnam, etc. Con ellos se pretende desarrollar un programa de cooperación global para llevar gratis sueros a esos lugares donde no hay, y la producción y distribución se pagarían con dinero de cooperantes. Adicionalmente se tienen dos convocatorias aprobadas, una con Colciencias para el proyecto Anticoral, y otra con la Unidad de Innovación de la Universidad para un antiveneno para picadura de escorpión.</p>
Instituciones	<p>Debido a experiencias previas, la Universidad contaba con políticas para formación de <i>spin off</i>, lo cual agilizó este proceso. En este proyecto el aliado se encargó de gestionar las compras de los equipos, lo que facilitó el avance del proyecto. Usualmente cuando este rol la ejecuta la Universidad toma mucho más tiempo. Las normativas y procesos de compras de la Universidad requieren mejoramiento. Con el tema regulatorio se han tenido tropiezos. Aunque se conoce la normatividad y pueden presentarse nuevas regulaciones, el INVIMA generó tres cambios normativos, lo que no es usual en este caso, esto obligó a redefinir la planta y retrasó los tiempos esperados de lanzamiento.</p> <p>La regulación del INVIMA es estándar en Colombia, lo que es una ventaja para la comercialización en el País. Sin embargo, al querer incursionar en otros países, es necesario ajustarse a la regulación de cada país. Cuando se trata de comercializar un producto de salud el tema es muy sensible, hay que tener en cuenta estrategias de crecimiento considerando el factor de riesgo en el tema regulatorio, financiero y técnico. Lo anterior llevó a rehacer la planta, para que cumpliera con los requerimientos para entrar a mercados internacionales desde su inicio.</p>
Apoyo de entidades de CTI	<p>Ruta N apoyó fase de articulación entre grupo de investigación e inversionista, y aportó estudio de prefactibilidad. Colciencias cofinancia desarrollo de nuevos productos (venenos anti-corales), que incrementarán el portafolio.</p>
Financiación	<p>La fase previa de I+D fue financiado por la Universidad. Las fases finales de I+D y las inversiones en planta y equipos y las inversiones para poner en funcionamiento el <i>spin off</i>, estuvo a cargo del aliado empresarial.</p> <p>Para financiar fases futuras se cuenta con un presupuesto aprobado por convocatorias, una con Colciencias para el proyecto Anticoral, y otra con la Unidad de Innovación de la Universidad para desarrollar el antiveneno para picadura de escorpión. Igualmente, la empresa aliada cofinanciará estas fases.</p>
Modelos mentales	
Caso Agricultura	

<p>Superó VM</p>	<p>Si. El proyecto nació como consecuencia de varias investigaciones que se habían adelantado en el departamento de ciencias de biológicas, programas que tenían que ver con plantas. Adicionalmente el Rector de la Universidad estaba interesado en que se aprovechara la capacidad instalada heredada de otros proyectos de investigación y que pudieron ser utilizadas para este proyecto, lo que a su vez permitió tener una continuidad con el equipo de trabajo.</p> <p>Hace dos años se está comercializando a clientes de varias actividades del sector agrícola, y también es cliente la propia Universidad, que regala souvenir en eventos especiales.</p> <p>El proyecto se desarrolla por medio de la biotecnología vegetal y la técnica de "cultivo in vitro de tejidos vegetales" o "cultivo in vitro" para la propagación masiva de especies vegetales en cualquier época del año y en corto tiempo.</p> <p>La Universidad por medio de la oficina de Innovación, ayudó a desarrollar el potencial de mercado, el escalamiento, costo del producto, búsqueda de recursos para llevar ese desarrollo al mercado. Esta apuesta terminó con la puesta en operación de una unidad de negocios denominada Natural Vitro.</p>
<p>Talento humano</p>	<p>El grupo de investigación se encuentra conformado por: Un Doctor en Biotecnología, Magíster en Biotecnología. Un Biólogo y Magíster en Gestión de Ciencia, Tecnología e Innovación. Una Especialista en Derecho Administrativo, integrante del Grupo de Investigación en Ciencias Biológicas y Bioprocesos (Cibiop).</p>
<p>Dimensiones de capacidad</p>	<p>Know How: El proyecto se desarrolla con el propósito de propagar masivamente especies vegetales por medio de la Biotecnología Vegetal y la técnica de "cultivo in vitro de tejidos vegetales" o "cultivo in vitro", que permite a partir de una pequeña parte (trozo, tejido) de una planta, bajo condiciones totalmente asépticas, regenerar en poco tiempo y espacio miles de plantas genéticamente iguales a la planta madre, bajo condiciones controladas.</p> <p>Mercado: La Universidad por medio de la oficina de Innovación, se encargó de evaluar cuál sería el potencial de mercado, el escalamiento, costo del producto, búsqueda de recursos para llevar ese desarrollo a un TRL9. Finalmente se conformó Natural Vitro, por lo que se destinaron unos recursos para contratar el personal durante el primer año mientras se generaba un flujo de caja como negocio. La Universidad ha impulsado el crecimiento comercial de la tecnología, haciendo compra del producto para souvenirs y otros usos dentro de la misma Universidad.</p> <p>Procesos Industriales: La Unidad de producción (laboratorio) de Natural Vitro se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la Universidad. Se tiene un espacio adecuado para los cultivos, y está en construcción un espacio mayor, dentro de un edificio de ciencias que está edificando la EAFIT.</p>
<p>Aliados</p>	<p>La Universidad ha aportado las capacidades necesarias para el desarrollo del proyecto y su comercialización. La Unidad de producción de Natural Vitro se encuentra en las instalaciones de la Universidad.</p> <p>Entre los aliados comerciales se tiene a: Cartama, grupo de empresas colombianas que cultiva y comercializa Aguacate Hass. Nikkosacha, empresa del sector agroindustrial que fomenta los cultivos de sacha inchi, mortiño, achiote entre otros; brinda acompañamiento y asistencia técnica, formación y educación a pequeños agricultores de estas especies de plantas. Productores del agro que suministran material vegetal especializado.</p>

Instituciones	La coordinadora de transferencia expresa que un factor ganador en el desarrollo de proyectos de investigación en la Universidad es el acompañamiento que realiza la oficina de Innovación, y que hace parte del modelo EAFIT. Ellos se convierten en parte integral del equipo de investigación y se encargan de estudiar en conjunto, cuál sería el potencial de mercado, el escalamiento, costo del producto, búsqueda de recursos para llevar ese desarrollo a un TRL9. El equipo humano de la Universidad cuenta con las capacidades que permiten vincular investigación con Innovación, facilitando el entendimiento de los proyectos. La Universidad busca diferenciarse como la universidad empresaria en Medellín, por lo cual tiene políticas de apoyo efectivo a las <i>spin-off</i> ha dado relevancia a ayudar a la salida y fortalecimiento de estas iniciativas. Tanto los investigadores como transferencia, coincidieron en afirmar que el personal de la OTT se convirtió en parte del equipo de Natural Vitro. Innovación cuenta con un grupo interdisciplinario, incluyendo un abogado que ha venido ganando experiencia en cuanto a la gestión legal para apoyar la gestión de los proyectos de investigación, en el caso del proyecto ha realizado gestiones frente a las autoridades ambientales y en esta parte comercial también apalanca toda la parte de transferencia de acuerdos del vegetal, acuerdos de transferencia entre otros. Tanto investigadores como responsable de transferencia resaltaron que generaron un equipo de trabajo cohesionado e interdisciplinario.
Apoyo de entidades de CTI	Financiación de proyecto que sirvió como base con recursos de regalías. Apalancamiento adicional de recursos financieros por proyecto presentado por empresa aliada para beneficios tributarios.
Financiación	Cop\$ 1200 millones cofinanciados entre la Universidad, aliado empresarial (nombre mantenido bajo reserva) y apalancamiento de recursos que el aliado logró a través de beneficios tributarios por desarrollo tecnológico. Algunos aliados han proporcionado materiales vegetales (especies), que permitieron generar un stock, también en capacidad, suministrando invernaderos que la Universidad no tenía y también en temas comerciales. Se ha realizado una buena gestión de los recursos, los aliados han aportado capacidades, no recursos financieros, estos han sido aportados por la Universidad.
Modelos mentales	
Caso Transporte	
Superó VM	Sí. El producto ha sido desarrollado en su totalidad y probado. Ya se ofrece en el mercado. Fue constituida una <i>spin-off</i> denominada Bioseres, que está ofreciendo comercialmente un servicio de transporte de materiales biológicos, con énfasis en muestras de laboratorios clínicos que requieran ser transportadas bajo cadena de frío. El elemento central de la tecnología que habilita el servicio es una tecnología que permite mantener refrigerado un pequeño contenedor, en condiciones de alta eficiencia energética y mantenimiento de la temperatura durante un periodo de tiempo suficiente para hacer el transporte. Se cuenta con una patente otorgada en Colombia y con solicitud de patente internacional, más solicitud de patente para una tecnología complementaria (de domos). La gestión comercial se viene haciendo desde 2019. En 2020 participaron en licitaciones para transporte de muestras de laboratorio, durante la cuarentena por Covid 19. Cuando se da la fase que llevó a superar el VM (formalización de nueva empresa, ajuste final de modelo de servicio, conformación de cadena de valor, inicio de operación comercial) el proyecto es sólo de la investigadora, la Universidad ya no participaba.

<p>Talento humano</p>	<p>La investigadora principal es ingeniera industrial, con experiencia empresarial en procesos logísticos en sector alimentos. Formación y experiencia en gestión tecnológica: Maestría en gestión de CTI, y ha sido líder de transferencia de tecnología en la Universidad Lasallista, y posteriormente en la Universidad Adventista. Ha recibido formación complementaria en comercialización de innovaciones tecnológicas. Es candidata a PhD en gestión del desarrollo. En este caso particular, el equipo innovador, que es una sola persona, no tiene dominio del área tecnológica clave para desarrollar la tecnología central, aunque sí en un área complementaria que es la logística aplicada al sector alimentos. Sin embargo, tiene conocimientos en gestión, incluyendo gestión tecnológica, lo que la llevó a actuar como integradora de conocimientos técnicos especializados que fueron aportados por otros, incluyendo a la empresa aliada. Mediante alianzas, más relacionamientos ad-hoc para resolver diversos temas, se formó un trabajo interdisciplinario.</p>
<p>Dimensiones de capacidad</p>	<p>Know how: se han desarrollado varias tecnologías de apoyo a procesos logísticos bajo cadena de frío. Cuentan con patente en Colombia y solicitud PCT, y otra tecnología tiene patente en trámite. Con ellas, se completaron pruebas de servicio en condiciones reales, y tras validar, se puso en operación. Para el desarrollo del sistema tecnológico se hicieron y probaron cinco prototipos, hasta perfeccionarlo y generar capacidades técnicas de operación.</p> <p>Mercado: La idea nace de la identificación de un nicho no atendido por las empresas de logística en frío, consistente en el transporte de pequeños paquetes que requieren cadena de frío. Inicialmente se consideró prestar servicios a pequeñas empresas de alimentos, pero luego se apuntó a un mercado con mayor potencial, que es de salud, para el transporte de materiales biológicos, y en particular muestras de laboratorio. El concepto inicial de servicio fue transformándose a medida que se realizaron contactos con empresas, en una labor que se efectuó con intensidad (se reportaron alrededor de 15 acercamientos a empresas en dos años), lo que permitió validar supuestos del modelo de negocio a partir de la realimentación de las empresas.</p> <p>En una fase apoyada por Innpulsa, se hizo estudio de mercado como parte de una hoja de ruta para Comercialización. También se contó con bases de datos de mercado aportadas por Tecnova y por la UN-EM de España, donde se hizo el análisis de comportamiento de mercado. Se hizo validación de hallazgos de mercado con empresas consultoras nacionales e internacionales.</p> <p>La empresa inició gestiones comerciales y promoción de servicios en 2019, incluyendo desarrollo de marca y promoción en redes sociales. Tras iniciar la etapa de comercialización, han adaptado el modelo de negocio y ajustado el portafolio de servicios a las necesidades que detectan en los clientes.</p> <p>Pese a que ya está en el mercado, la innovadora reconoce que le falta completar el modelo financiero, dado que su modelo se ha venido adaptando al mercado real, apenas se está consolidando el modelo para hacer estimaciones financieras.</p> <p>Procesos industriales: La relación con INDISA, una firma de ingeniería con gran trayectoria en diseño y fabricación de equipos, fue clave para completar el desarrollo del sistema y garantiza la capacidad de fabricación de este.</p> <p>A través de alianzas con otras empresas se conformó la capacidad de manejo logístico, donde Bioseres actúa como integradora de una plataforma de servicio. Mediante la integración de la cadena a través de alianzas con proveedores, se generó la capacidad de operar los procesos, sin que se requiriera un desarrollo interno.</p>

<p>Aliados</p>	<p>El aliado principal ha sido INDISA, firma de ingeniería especializada en diseño y construcción de equipos, con quien se trabajó en varias fases del proyecto hasta completar el sistema tecnológico necesario. INDISA también garantiza la capacidad de fabricación de los equipos desarrollados. La relación fue muy fluida, hasta el punto de aportar la capacidad tecnológica especializada con la que no contaba la investigadora líder del proyecto. También fue aliado LUMEX (empresa del Grupo Haceb), en etapas iniciales del proyecto.</p> <p>En fases finales de prueba del servicio en el sector salud, la Universidad Adventista facilitó la realización de pruebas con pacientes de su IPS. Tras iniciar la fase de comercialización, la IPS de la Universidad Adventista adelanta alianza con Bioseres para que esta última preste servicios extramurales de salud, lo cual extendería el alcance de servicio para ambos. Adicionalmente, la líder de la iniciativa indica que realizó alianzas con proveedores de servicio para garantizar la cadena logística, generando un modelo de operación como plataforma de servicio en red, lo cual evitó incurrir en grandes inversiones para iniciar operaciones. Con la IPS de la Universidad Adventista se estructura un servicio conjunto que permita ofrecer servicios de salud extramurales.</p> <p>Colciencias e Innpulsa aportaron recursos para el desarrollo de componentes técnicos y del modelo de negocio (hoja de ruta para comercializar). También participó Tecnova con estudios comerciales y generación de base de datos del mercado de refrigeración. La UN-EM de España se vinculó con un estudio de potencial de mercado para tecnologías de la Universidad Lasallista, incluyendo las tecnologías de este proyecto.</p>
<p>Caso Transporte (p2)</p>	
<p>Instituciones</p>	<p>La Universidad puso en marcha una iniciativa para llevar innovaciones al mercado, incluyendo este proyecto como iniciativa de <i>spin-off</i>. Sin embargo, no había definiciones respecto a participaciones del investigador, y se asumía que el 100% debía ser para la Universidad. Por falta de acuerdo entre la Universidad y la investigadora, nunca se firmaron los estatutos de la <i>spin-off</i>. Tampoco se tenían definiciones universitarias adecuadas para darle curso a la iniciativa de spin-off, así como para participar en convocatorias y buscar aliados. Según la investigadora, en el papel había estatutos, pero no eran operativos. Dado que la universidad no tenía antecedentes en la formación de <i>spin-off</i>, los estatutos aún no se habían contrastado frente a la realidad. El modelo de la Universidad estaba adecuado para labores investigativas y académicas, pero tenía vacíos en definiciones relacionadas con actividades del proyecto diferentes a educación e investigación. Ejemplo de ello es que al no existir la función del emprendimiento en estatutos, no era posible hacer descarga de tiempo para trabajar en el proyecto en fases finales.</p> <p>Por vacíos en las políticas sobre instrumentos de financiación e inversión universitaria, también se manifiesta que hubo dificultades para que la universidad invirtiera recursos en actividades que no eran académicas, e implicaban inversiones de largo plazo. Por este motivo, la respuesta de las áreas jurídica y financiera de la Universidad fue desfavorable frente a la decisión de invertir en el lanzamiento de la <i>spin-off</i>. La falta de un modelo institucional era compensada con el respaldo del rector que creía en el proceso, por ese motivo y con ayuda del líder jurídico de la Universidad, se fueron haciendo definiciones ad-hoc que permitieran desbloquear las gestiones para este proyecto en particular. La aprobación del rector ayudó a solucionar la ausencia de definiciones institucionales, hasta el momento en que hubo cambio de rector. A partir de ese momento, la Universidad perdió interés en continuar con la iniciativa de <i>spin-off</i>.</p> <p>La líder del proyecto se retiró y pasó a otra universidad que le prometió darle apoyo, y conformó la empresa Bioseres por cuenta propia (sin participación de la Universidad). Dado que Universidad no tenía ningún interés en explotar la tecnología que ya estaba desarrollada, la investigadora logró que la Universidad le firmara un documento que le diera libertad de operación a Bioseres (sin restricciones por propiedad intelectual de la Universidad).</p> <p>Cuando se da la fase que lleva superar el VM (formalización de nueva empresa, ajuste final de modelo de servicio, conformación de cadena de valor, inicio de operación comercial) el proyecto es sólo de la investigadora, y la Universidad no participa. La investigadora menciona que los procedimientos universitarios para gestionar la iniciativa fueron complejos, lo cual fue compensando por su conocimiento en transferencia y gestión. Indica que el modelo de procesos estaba "bien pintado", pero en realidad no estaba bien "proyectado", lo cual es explicable porque en la Universidad no había experiencia previa en este tipo de iniciativas, que no hacen parte de la razón de ser</p>

	<p>tradicional de las universidades. En especial se mencionó un vacío de conocimiento en el área jurídica, aunque esto podría ser reflejo de no contar con definiciones institucionales suficientemente desarrolladas y probadas. Sin embargo, reporta que el trámite llevado por la Universidad para este caso, le sirvió como referencia para avanzar en la definición de políticas de transferencia, así como de emprendimiento.</p>
<p>Apoyo de entidades de CTI</p>	<p>Tecnova apoyó con inteligencia de mercados. Innpulsa y Colciencias cofinanciaron fases de desarrollo técnico y modelo de negocio.</p>
<p>Financiación</p>	<p>Diversas fases fueron financiadas por la Universidad con cofinanciación de Colciencias.</p> <p>Innpulsa (convocatoria para transferencia y comercialización de tecnologías) aportó 600 millones de pesos para desarrollar tecnologías y hacer hoja de ruta para la comercialización.</p> <p>Colciencias aportó mediante programa Portafolio 100 millones, e implicó presentar a Indisa como proponente principal, por condiciones de la convocatoria.</p> <p>La Universidad aportó una contrapartida de 400 millones para el proyecto cofinanciado por Innpulsa. Luego aportó otros 100 millones.</p> <p>Indisa aportó 80 millones de pesos.</p> <p>La investigadora ha aportado de sus ahorros, estima que en total habría invertido 25 millones de pesos.</p> <p>Se hizo una campaña de presentación del <i>spin off</i> ante posibles inversionistas para la etapa final de salida del VM, principalmente empresas. En varias oportunidades empresarios manifestaron interés en invertir, pero esperando participaciones muy elevadas (según criterio de la innovadora), e incluso expectativas de quedarse con el 100% del nuevo negocio. Por este motivo no fue posible llegar a acuerdos, y se optó como alternativa por la configuración de una red de proveedores que aportaran la infraestructura necesaria para operar. De esa forma se evitó incurrir en altas inversiones para el alistamiento post-VM. Así se disminuyeron requerimientos de inversión mediante estrategia de operación en red con empresas que ya poseen infraestructura.</p>

Modelos mentales

La Líder muestra un patrón diferente de los otros casos: no domina el área técnica central del desarrollo realizado, ni definió la idea de negocio a partir de las posibilidades de una tecnología, sino de una necesidad no cubierta en el mercado. Cuenta la experiencia en la que presentó el sistema a un cliente, sin que el desarrollo tecnológico estuviera suficientemente avanzado para que funcionara de forma confiable y estable, es decir, cuando el prototipo estaba en desarrollo, lo que parece ser contrario a modus operandi de investigadores de los otros casos (que parecen concentrarse en perfeccionar la tecnología y no se preocupan mucho por hacer demostración a clientes). A partir de esta experiencia fallida y del desánimo que produjo, la investigadora reporta como lección aprendida que no podía sacar la tecnología a demostración sin tenerla lista.

Aunque lo anterior insinúa una mayor importancia percibida para las dimensiones de mercado que para las técnicas, reconoce que el contar con productos de investigación, como patentes o muchos artículos, genera credibilidad al interactuar con las empresas. La líder y la empresa aliada, INDISA, consideran que si consiguen equipos sustitutos mediante importación, puede resultar favorable para el negocio, así implique renunciar a seguir fabricando las tecnologías que desarrollaron. También considera que conocer el mercado es clave para que la iniciativa sea exitosa, por eso se valoran los dos años que se tuvieron de acercamiento con las empresas, que ayudó a dicho conocimiento. En la fase de lanzamiento comercial se ha continuado en entender mejor las necesidades reales, lo que ha motivado que sea ajustado el portafolio de servicios. La líder manifiesta que le interesa mantener la participación en el negocio, así eso implique avanzar más lento, que aliarse con un inversionista que se quede con el negocio y la convierta en una empleada. Este punto de vista ha incidido en la financiación, en la velocidad del alistamiento final y en la necesidad de recurrir a alianzas con proveedores, para no depender de una alta inversión en infraestructura.

Caso Econcircular	
Superó VM	<p>Si. El proyecto nace a partir del deseo de Colcafé de solucionar un problema ambiental generado por sus residuos industriales de la cascarilla de café y de cacao. Buscando la oportunidad de aprovecharlos y transformarlos en materiales plástico reciclable. En alianza con una Universidad se logró desarrollar este material que será usado en los empaques de los productos de Grupo Nutresa. Se obtuvo patente de invención en el año 2019 a nombre de la Universidad y de Colcafé.</p> <p>El proyecto pasó a la fase de escalamiento a nivel industrial con realización de pruebas técnicas. Se espera se deriven del proyecto cerca de seis tecnologías más.</p> <p>La estrategia comercial para el proyecto está resuelta, puesto que el material será utilizado al interior del Grupo Nutresa para generar un impacto de marca por el uso del material plástico reciclable en sus propios productos.</p>
Talento humano	Los investigadores son un Ingeniero Industrial, Magíster en Ingeniería y una Ingeniera Ambiental, Magíster en Ingeniería - Materiales y Procesos, PhD en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales.
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Como resultado del proyecto se obtuvo un material compuesto de celulosa obtenida a partir de cascarilla de café o de cacao. Este desarrollo superó la prueba de concepto y la prueba piloto. Se obtuvo patente de invención en el año 2019. Este material será utilizado para la elaboración de empaques reciclables. El proyecto pasó a la etapa de escalamiento industrial.</p> <p>Mercado: La estrategia comercial inicial de la empresa está enfocada en un mercado interno. El material será utilizado en los empaques de los productos de Grupo Nutresa, buscando un impacto positivo de marca al utilizar material plástico reciclable que le permite acceder a sellos verdes como ventaja competitiva. Además del uso interno, se han identificado otros mercados potenciales, para eventual explotación de la empresa.</p> <p>Procesos Industriales: Esta capacidad está disponible en la empresa y el Grupo Nutresa.</p>
Aliados	<p>El proyecto inició como necesidad de la empresa Colcafé, quien buscó la alianza con la Universidad. Esta situación ha sido un factor de éxito para el desarrollo del proyecto que ha permitido que el proyecto avance sin ningún obstáculo. Aparte de aportar el financiamiento del proyecto, la empresa también puso a disposición el talento humano suficiente para trabajar en la puesta en funcionamiento de una unidad de negocio dedicada a producir productos de plástico 100% reciclable, con personal de diversos procesos del negocio. La empresa firmó un contrato de licenciamiento por 20 años con la Universidad.</p> <p>Hubo trabajo conjunto entre la Empresa y la Universidad durante tres años. En fases iniciales, la participación de Colcafé fue principalmente mediante un ingeniero que interactuó con los investigadores de la Universidad. Tras desarrollar la tecnología y transferirla a Colcafé, el equipo se enriqueció con personas de diversos procesos del negocio para completar el plan de implementación y puesta en operación. En esta fase la Universidad realizó el acompañamiento suficiente para poner a punto la tecnología y garantizar que en la planta de Colcafé se pudiera procesar el material. Se identifica un equipo interdisciplinario, en especial en la fase final, tras transferir la tecnología a Colcafé.</p>
Instituciones	<p>El éxito del proyecto consistió en que la iniciativa nació de Colcafé, quien le presentó a la Universidad un problema concreto para el que buscaba un investigador que pudiera ayudarles a encontrar una solución con un desarrollo de I+D.</p> <p>La naturaleza de la iniciativa, que nace como idea de una empresa y no de un investigador, inicialmente generó resistencia y temores al interior de la Universidad, sin embargo, hubo disposición a aprobar el proyecto como forma de explorar una ruta diferente de desarrollo de proyectos universitarios, que finalmente fue evaluada como exitosa para la Universidad.</p>

	El proyecto no tuvo tropiezos, por cuanto se determinó que las compras las realizaría la empresa, lo que evitó los retrasos que usualmente se presentan por este factor, cuando estas son realizadas por la Universidad.
Apoyo entidades CTI	Ninguno. Todo se desarrolló por parte de Colcafé y la Universidad.
Financiación	La financiación total del proyecto estuvo a cargo de Colcafé. La Universidad dispuso sus instalaciones.
Modelos mentales	El líder de investigación cuenta que su experiencia es que normalmente él parte de una necesidad puntual que tenga una empresa para buscar una solución, lo que asegura que el proyecto prospere y no se quede en la transición. Lo usual es que el investigador parta de un problema que considera una posible investigación, y luego desarrolla la tecnología hasta un TRL 4 ó 5, y a partir de allí busca posibles interesados. Esa es una de las fallas que tiene el modelo lineal de la investigación. Se realizó un acompañamiento que iba mucho más allá de la entrega de la tecnología, se propuso garantizar que en la planta de Colcafé se pudiera procesar el material. Esto como aprendizaje previo, dado que la transferencia de la tecnología suele ser un factor de muerte de los proyectos, dados los problemas que se presentan al tratar de hacer el escalamiento a nivel industrial.

Caso Biomédico - Universidad A

<p>Superó VM</p>	<p>Si. A lo largo del proyecto se desarrollaron diferentes prototipos que cambiaban de generación, por inexperiencia no se realizó oportunamente el patentamiento de la innovación. En el momento en que se solicitó la patente ya existían dispositivos equivalentes patentados, por lo tanto, lo único que fue posible patentar fue el método de monitoreo (algoritmo de predicción de arritmia cardíaca), mas no el equipo. Se realizó una alianza con la empresa NETUX que se encargó de promocionar el algoritmo y realizar un acercamiento con el Hospital San Vicente, con quien, por medio de unos recursos otorgados en una convocatoria internacional con la Fundación Mapfre de España, se desarrolló un piloto de telemedicina para pacientes de cardiología. Con Hospital San Vicente se llegó a un acuerdo de propiedad intelectual para dividir los recursos obtenidos. Con la empresa NETUX se realizó un contrato donde se transfirió la tecnología por cinco años aproximadamente. La tecnología estaba en un nivel de alistamiento TRL6 y ellos la llevaron a etapas finales, incluyendo su operación comercial. Ahora se encuentra comercializando la tecnología como una plataforma de telemonitoreo de variables fisiológicas para el seguimiento de pacientes de manera remota.</p>
<p>Talento humano</p>	<p>El proyecto se ha venido ejecutando desde 2006 hasta la fecha, por lo que se ha presentado rotación en los investigadores. El proyecto ha sido llevado a cabo por el grupo de investigación de bioingeniería, en su mayoría los investigadores han sido ingenieros electrónicos. A continuación se relacionan algunos de los perfiles participantes: Ingeniero electrónico, especialista y Magíster en Ingeniería Biomédica, PhD en Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Ingeniero Electrónico, especialista en Ingeniería Biomédica, PhD en Bioingeniería. Ingeniero electrónico, Magíster en <i>Software</i> Libre. Al entrar Netux, este aportó un equipo de la empresa con conocimiento en los diversos procesos del negocio, Ingeniero Electrónico, especialista en automática, Magíster en Ingeniería con énfasis en automática-Robótica.</p>
<p>Dimensiones de capacidad</p>	<p>Know How: Durante la vida del proyecto se desarrollaron diferentes dispositivos, de los cuales se fue actualizando la tecnología, por falta de experiencia no se realizó oportunamente la solicitud de patente y al momento de hacerlo ya se encontraban patentados dispositivos equivalentes, por lo que finalmente se pudo patentar el método de monitoreo, un algoritmo de predicción de la arritmia cardíaca. Mercado: La empresa NETUX que tenía cercanía con la Universidad, se encargó de ofrecer la tecnología y realizó un acercamiento con el Hospital San Vicente con quien por medio de la financiación que obtuvo el proyecto en una convocatoria internacional con la Fundación Mapfre de España, se logró desarrollar un piloto para monitorear pacientes cardíacos ambulatorios. Posteriormente la Universidad realizó un contrato de transferencia con la empresa NETUX, en la que les entregó el <i>software</i>, la base de datos, el protocolo clínico a seguir que desarrolló el Hospital. Se cedió la tecnología por aproximadamente cinco años para pago de regalías. NETUX está comercializando la tecnología como una plataforma de telemonitoreo de variables fisiológicas para el seguimiento de pacientes de manera remota. Adicionalmente, la Universidad manifestó que una clínica de Manizales también va a implementar la tecnología. Igualmente, el Hospital San Vicente hizo la implementación a escala real. Procesos industriales: Netux recibió la tecnología y completó la implementación de plataforma de telemedicina IoHeart, que es la que se está ofreciendo como solución para el sector cardiológico.</p>
<p>Aliados</p>	<p>Se realizó una alianza comercial con la empresa NETUX quien se encargó de la promoción comercial de la tecnología y también adquirió el algoritmo para su explotación comercial por medio de licenciamiento. Se realizó una alianza con el Hospital San Vicente de Paúl para desarrollar un piloto con sus pacientes que requerían monitoreo ambulatorio por su patología cardíaca. El Hospital aportó sus capacidades para desarrollar un protocolo de atención clínica. Después de la prueba piloto se hizo la</p>

	<p>implementación a escala comercial. Una clínica de Manizales también va a implementar el sistema. El trabajo conjunto del grupo de investigación con Hospital San Vicente y Netux, aportó a dar una mirada interdisciplinaria que ayudó a completar y estandarizar la solución final para el mercado.</p>
Instituciones	<p>El líder de investigación reconoce que por la falta de experiencia del Grupo de Investigación y de la Universidad en lo que respecta a innovación, no se patentó oportunamente la tecnología perdiéndose el grado inventivo del dispositivo.</p> <p>El líder de investigación considera favorable el hecho de que la Universidad pertenezca al sector privado, por cuanto la adquisición de algunos equipos se tuvo que realizar mediante importación, lo cual, en una Universidad del sector público hubiera sido casi imposible, debido a las barreras burocráticas de este sector. El líder de investigación manifiesta que fueron contactados por la empresa multinacional Boston Scientific, porque se encontraban interesados en que se prestara el servicio a un grupo de pacientes, por lo que se elevó la consulta a la Universidad y esta respondió que no, que la Universidad estaba hecha para generar conocimiento, no para explotarlo, no se tenían políticas claras y se perdió la oportunidad. Posteriormente se tuvo la oportunidad de trabajar con Netux, con una mejor experiencia en cuanto a la habilitación de la alianza.</p> <p>El líder de investigación reconoce que faltó visión para entender que se requería una empresa aliada. La Universidad tenía la idea de que se iba a asumir el rol de empresa. Se tuvieron acercamientos con la Fundación cardiovascular para concretar la transferencia, pero finalmente no se logró. Con Ruta N se hizo un estudio para buscar posibles receptores de la tecnología, y nuevamente salió el nombre de Fundación Cardiovascular. Al principio se percibía mucha inexperiencia en el acompañamiento por parte de la Universidad, al final el grupo de investigación hacía las tareas, pero no se veía el apoyo del CIDI. Ahora la capacidad de acompañamiento en nuevos proyectos ha mejorado.</p>
Apoyo de entidades de CTI	<p>CTA apoyó con promoción comercial del producto en fases iniciales, aunque el desarrollo que se transfirió ya fue una nueva versión. Fundación Mapfre de España financió pruebas de sistema final. También han apoyado con financiación Ruta N y Colciencias.</p>
Financiación	<p>En la etapa pre-VM la Universidad financió el proyecto, también realizó aportes en especie con el tiempo de los docentes involucrados. En la etapa Pos-VM la financiación se logró con los recursos obtenidos por medio de la convocatoria internacional de la Fundación Mapfre en España. El Hospital San Vicente aportó sus capacidades en el servicio asistencial, no aportó recursos económicos.</p>
Modelos mentales	<p>El equipo de investigación se concentró en actualizar la plataforma tecnológica (inicialmente funcionaba en una Palm, luego en un móvil), así se repitieron varios proyectos tratando de mantener el proyecto a flote en actualización de plataforma tecnológica. El líder de investigación manifiesta que el grupo de bioingeniería no trabaja de manera más óptima porque procura desarrollar los equipos desde cero, lo que requiere mucho tiempo y además estaban trabajando por fuera de los estándares técnicos. Como resultado del aprendizaje, en los últimos años (2018 y posteriores) optaron por aprovechar los equipos existentes para desarrollar solamente lo que falta.</p>

Caso Energético - Universidad A

Superó VM	<p>No. El proyecto cuenta el con diseño de un aerogenerador de 7 KW y ha elaborado y probado un prototipo de 1 KW en condiciones cercanas a la realidad. Esta situación se da porque en la Universidad se cuenta con capacidades para construcción de prototipos de pequeña escala. La tecnología fue protegida mediante patente nacional y con solicitud de patente en Chile, EE. UU., México y la UE.</p> <p>El proyecto no cuenta con aliados ni recursos que le permitan desarrollar el prototipo diseñado de 7 KW o llevar la tecnología al mercado.</p>
Talento humano	<p>El grupo de investigación está conformado por:</p> <p>Un Ingeniero Mecánico, Especialista en Ingeniería Aeronáutica, Magíster en Ingeniería, área de nuevos materiales, Magíster en Ingeniería Aeroespacial, PhD en Ingeniería Aeroespacial.</p> <p>Un Ingeniero Mecánico, Magíster en Ingeniería Energética, PhD en Ingeniería.</p> <p>Un Ingeniero Aeronáutico, estuvo vinculado siete meses con Avianca.</p> <p>Ingeniero Aeronáutico, Magíster en Ingeniería, PhD en Ingeniería.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se tiene diseñado un equipo de 7KW, pero sólo han probado un prototipo más pequeño (1 KW). La tecnología tiene patente nacional y solicitud de patente en Chile, EEUU, México y la UE.</p> <p>Procesos Industriales: No se tiene un aliado que ofrezca sus capacidades para llegar a la etapa de manufactura.</p>
Aliados	<p>El proyecto no tiene aliados. En Australia se ha manifestado interés, pero sin concretarse ningún acuerdo. Hace unos años por medio de la empresa Terra, se realizó contacto con firma en Israel para desarrollar el proyecto a gran escala en África, del cual se firmó un acuerdo de intención, pero sin avanzar más allá de esto. La firma israelí dijo que el concepto es interesante, pero no la escala. El proyecto se encuentra en gestiones de comercialización con una empresa internacional que tiene presencia y experiencia con este tipo de sistemas energéticos. La Universidad está gestionando un acuerdo de confidencialidad que permita iniciar la colaboración. Está pendiente completar los acuerdos y firmarlos.</p>
Instituciones	<p>Se adelantó gestión comercial con el <i>broker</i> Terra y el impulso de los investigadores, con el que se logró reunir empresas interesadas en la tecnología, sin embargo, al negociar con la Universidad, esta se extralimitó en valoración, lo que hizo que las empresas desistieran. El alto valor de la tecnología por parte de la Universidad hizo perder el atractivo del negocio, dilapidando la oportunidad de alianza. Los investigadores manifiestan que han realizado grandes esfuerzos para que el proyecto no muera. Han sentido poco acompañamiento por parte de la Universidad, por cuanto no se tiene un departamento que impulse la comercialización de tecnología, se tiene un área de transferencia, pero está pensada como consultoría por lo que no se alcanza a hacer todo lo necesario para la promoción de la tecnología. Los investigadores consideran como positivo que se financian proyectos en fases de investigación, pero los recursos están limitados para continuar tras cumplir esa fase.</p> <p>El diseño que se tiene es de 7KW, sin embargo el prototipo que se tiene construido es de 1 KW, pero lo que se está promocionando es el diseño de 7 KW. No se han</p>

	suministrado recursos para desarrollar el prototipo diseñado de 7KW, lo que dificulta concretar aliados dado que no se puede garantizar que el diseño final funcione. Esto genera problemas para demostrar que el sistema funciona.
Apoyo entidades CTI	Desarrollo técnico cofinanciado por Colciencias.
Financiación	El proyecto inició con financiación de la Universidad y Colciencias, posteriormente los investigadores también invirtieron recursos para una demostración.
Modelos mentales	

Caso Hidrocarburo - Universidad A

<p>Superó VM</p>	<p>No. En el proyecto se completaron las etapas de I+D en laboratorio con validación de prototipos, pruebas piloto y estudios básicos de vigilancia tecnológica. La tecnología se encuentra en nivel de alistamiento TRL5. Con adjudicación de patente nacional de invención. El proyecto estuvo detenido varios años hasta que los investigadores retomaron el frente de trabajo para evitar la pérdida de la patente. En esta nueva fase se hizo prueba de concepto.</p> <p>El proyecto no ha entrado a fases de alistamiento preoperativo y operación comercial. Se solicitó a la Universidad recurso de financiación para construir un equipo que permita validar algunas hipótesis de propuesta de valor, debido a que se tuvo un acercamiento con Ecopetrol, quién ha indicado qué es lo que espera de la tecnología para que sea interesante adquirirla. Sin embargo, estos recursos no fueron asignados. El proyecto no tiene aliados, lo cual es fundamental (según consideran los investigadores) para llegar a una fase final de ajuste de la tecnología según parámetros propios de cada aplicación industrial, y ajustar la tecnología para generar un producto con características estándar.</p>
<p>Talento humano</p>	<p>El proyecto está liderado por dos investigadores: Una Ingeniera Química, Magíster y PhD en Tecnología de Procesos Químicos y Bioquímico, con formación en comercialización y aceleración de tecnología; un Ingeniero Químico, PhD en Ingeniería, con formación en comercialización y aceleración de tecnología. Ambos investigadores tienen un doble perfil y formación tanto en el área técnica de la biotecnología, como en temas de gestión tecnológica y transferencia de tecnología. Esto ha facilitado que sean los propios investigadores los que hayan liderado procesos necesarios para avanzar en las iniciativas, tales como la promoción comercial, el diseño de planes de negocio, e incluso la redacción de documentos de patentes y participación en los trámites de gestión de propiedad intelectual.</p>
<p>Dimensiones de capacidad</p>	<p>Know How: El proyecto tiene completa las etapas de I+D, con prototipo probado a escala de laboratorio en pruebas piloto y nivel de alistamiento TRL5. Con obtención de patente nacional de invención. Con las capacidades aportadas por los investigadores que tienen formación tanto en el área técnica de la biotecnología como en temas de gestión tecnológica y transferencia de tecnología, estos han liderado los procesos de promoción comercial, diseño de planes de negocio e incluso la redacción de documentos de patentes y participación en los trámites de gestión de propiedad intelectual.</p> <p>Mercado: El proyecto no ha entrado a fases de alistamiento preoperativo y operación comercial. Se tiene planeado hacer una prueba de concepto para verificar la funcionalidad del equipo, un prototipo a mayor escala para calcular eficiencia y rendimientos. Lo anterior porque se realizó un acercamiento con Ecopetrol, quien está a la espera de si los resultados son atractivos para adquirir la tecnología. Esta fase requiere financiación que fue solicitada a la Universidad pero que aún no ha sido asignada.</p> <p>Se han identificado varios sectores en los que la tecnología tendría aplicación, pero para avanzar en cualquiera de ellos, es necesario avanzar en estudios de inteligencia tecnológica y de mercados, que ayuden a identificar tecnologías relacionadas con la purificación de solventes en los últimos años y utilización de las mismas en las industrias identificadas.</p> <p>Procesos Industriales: La tecnología no ha salido del laboratorio, tampoco cuenta con aliados que aporten las capacidades para llegar a esta etapa.</p>
<p>Aliados</p>	<p>El proyecto no cuenta con aliados. Ha sido desarrollado en su totalidad por el grupo de investigación y la Universidad.</p> <p>Se realizó un acercamiento con Ecopetrol, pero están esperando resultados de pruebas con un prototipo a mayor escala para saber si les interesa o no la tecnología.</p>

Instituciones	<p>Los investigadores manifiestan que no se reconoce a la Oficina de Transferencia (OTT) como líder en el direccionamiento de estrategias de aplicación. Consideran que no hay incentivos adecuados para trabajar en las etapas finales de la I+D+i. Las descargas de horas son insuficientes y las políticas de distribución de regalías no están divulgadas. Si bien reconocen que las directivas si quieren transferir las tecnologías, esto no se refleja en propuestas y acciones concretas. En ese contexto, los investigadores prefieren continuar investigando.</p> <p>Los procesos de gestión de la OTT están volcados en interacciones con investigadores, no en recoger información de afuera. Falta desarrollar capacidades para elaborar modelos de negocio con información externa, falta acompañamiento en valoración, no hay un proceso, ni estrategia para comercializar las tecnologías. El camino para innovar es tortuoso y no hay incentivo para los investigadores.</p> <p>La Universidad ha tenido una alta rotación de personal, lo que ha generado pérdida de continuidad en los procesos y pérdida de la curva de aprendizaje. En consecuencia, se ha perdido el hilo conductor en los proyectos y su evolución se retrasa.</p>
Apoyo entidades CTI	Ninguno.
Financiación	El proyecto ha sido financiado en su totalidad por la Universidad, dicha financiación se ha concentrado en las etapas de I+D. Para llegar a etapas finales se ha solicitado el recurso, pero este no ha sido asignado. El recurso mencionado se solicitó a través de un proyecto presentado a la Universidad en calidad de proyectos no de I+D sino de pruebas de concepto, tendientes a hacer una construcción del sistema a escala adecuada, para determinar la eficiencia del proceso y calcular los costos unitarios de producción del sistema de deshidratación de solventes.
Modelos mentales	Los investigadores manifiestan que falta cultura en los investigadores para hacer proyectos tendientes a comercializar, algunos por falta de conocimiento, otros porque se rehúsan a hacerlo. Adicionalmente falta capacitación, pero muchos de los investigadores que quieren, no aceptan que sus pares los formen.

Caso Vivienda - Universidad A

<p>Superó VM</p>	<p>No. El proyecto es el resultado de una tesis doctoral que consiste en un sistema de vivienda modular industrial semejante de tipo prefabricado, que con el apoyo de la Universidad de Munich como aliado investigativo, permitió el acceso a conocimientos avanzados en la materia y la realización de pruebas a los materiales, para garantizar el cumplimiento de especificaciones y condiciones funcionales. En el año 2017 se recibió un patente de invención. Con recursos de regalías del Estado se construyó en Marinilla, un prototipo muy básico, no era una casa acabada, este fue posteriormente derribado por requerimiento del espacio por parte de la Universidad. Sin embargo, durante el tiempo que estuvo en pie el prototipo, se hizo validación de los páneles y la estructura. No se ha construido una casa modelo.</p> <p>El proyecto no tiene aliado empresarial, lo cual es necesario para sacar adelante un modelo funcional, realizar las pruebas necesarias y resolver procesos de construcción que permitan llegar al mercado.</p> <p>Se ha seguido avanzando en el desarrollo del sistema de vivienda, desarrollando diseños y detalles, y contextualizaciones en distintos lugares. Con ello se busca que deje de ser un modelo prototípico, para convertirlo en diseños detallados, mediante escenarios y modelaciones, para montarlo en distintos contextos.</p> <p>El proyecto está en manos de un <i>broker</i> que ha adelantado gestiones comerciales para explotación del proyecto por medio de un convenio alianza tipo <i>joint venture</i> con Argos.</p>
<p>Talento humano</p>	<p>El proyecto es liderado por un Arquitecto, Especialista en Gestión Empresarial para la Arquitectura, PhD en Ingeniería y Arquitectura con experiencia empresarial; acompañado por un Arquitecto, Magíster en Diseño del Paisaje, con experiencia empresarial en arquitectura y diseño urbano; y una Arquitecta, Magíster en Arquitectura, con experiencia empresarial en investigación y desarrollo.</p>
<p>Dimensiones de capacidad</p>	<p>Know How: El sistema desarrollado permite construir bloques estructurales en concreto reforzado, con el cual se permiten completar sistemas constructivos que cumplen con las normas de sismo-resistencia, adaptable a diferentes terrenos, pisos térmicos y permite desarrollar diferentes alternativas de espacio interior, buscando de esta manera que sea una solución flexible en construcción de espacios construidos con diferentes funciones a bajo costo, con condiciones de durabilidad y de cumplimiento de normas constructivas. El sistema recibió patente de invención. Con recursos de regalías de parte del Estado, se construyó en Marinilla un prototipo básico que no era una vivienda terminada, este posteriormente fue derribado. Con este prototipo se validaron las condiciones de montaje y el cumplimiento de requerimientos.</p> <p>Mercado: El proyecto se encuentra en manos de un <i>broker</i> que ha adelantado gestiones comerciales para explotación del proyecto por medio de un convenio alianza tipo <i>joint venture</i> con Argos. El proyecto aún no tiene un aliado empresarial, el cual es necesario para desarrollar una vivienda funcional que se pueda llevar al mercado y resolver los procesos de construcción. Aunque se continúa avanzando en el diseño y su mejoramiento. Se ha realizado un acercamiento con la Fundación Julio Mario Santo Domingo para la construcción de un número importante de viviendas. Se ha avanzado en un convenio que está casi firmado.</p> <p>Procesos industriales: En caso de haber una empresa o ente del Estado interesado en el sistema, en el País las empresas especializadas en fabricación cuentan con las capacidades tecnológicas y empresariales para implementarlo.</p>
<p>Aliados</p>	<p>Se realizó una alianza investigativa con la Universidad de Munich, que permitió el acceso a conocimientos avanzados en la materia, y realizar pruebas a los materiales para garantizar el cumplimiento de especificaciones y condiciones funcionales.</p>

	<p>El proyecto no cuenta con aliado empresarial a la fecha. Se realizó un convenio con la Gobernación de Antioquia para desarrollar diseños arquitectónicos y técnicos para soluciones de vivienda a bajo costo, en sistemas de hormigón prefabricados en el departamento de Antioquia. Este proyecto fue financiado con recursos de regalías y permitió la construcción del único prototipo del proyecto.</p> <p>Se ha realizado acercamiento con la Fundación Julio Mario Santo Domingo para la construcción de un número importante de viviendas. Se está gestionando un convenio que está casi firmado.</p> <p>También se han tenido conversaciones con Argos para hacer una implementación conjunta, pero aún sin concretar.</p> <p>La Cámara Colombiana de la Construcción CAMACOL, ha sido un aliado que ha dado visibilidad al proyecto.</p>
Instituciones	<p>Es necesario hacer una vivienda modelo que sirva como demostración a inversionistas y usuarios potenciales. No se ha aprobado dicha construcción, por lo cual es necesario presentar el proyecto mediante planos, lo que no genera confianza en los constructores. Anteriormente se tenía un prototipo construido, pero en lugar de apoyarse una mejora del prototipo hasta convertirlo en piloto, la Universidad ordenó que se derribara dicho prototipo para darle otro uso al espacio. Hay dificultades para demostrar el sistema.</p>
Apoyo entidades CTI	<p>Se obtuvo financiación al desarrollo dentro de un proyecto de regalías por parte de Gobernación de Antioquia.</p>
Financiación	<p>El proyecto ha sido financiado con recursos de regalías por medio de un convenio con la Gobernación de Antioquia, con lo que se financió la construcción del único prototipo y otros compromisos acordados.</p> <p>La patente fue financiada con recursos del Estado y también de la Universidad.</p> <p>El aporte de la Universidad de Munich fue de tipo académico.</p>
Modelos mentales	

Caso Construcción - Universidad A	
Superó VM	<p>No. Con los primeros prototipos se realizaron pruebas de validación en campo y se identificaron mejoras, prueba de ciclo de vida ambiental, vida útil frente a lavado, prueba de ángulo de contacto, prueba de inflamabilidad, al igual que pruebas de medición de niveles de ruido para garantizar la reducción de contaminación acústica.</p> <p>Con las mejoras identificadas luego de las pruebas, se diseñó un nuevo prototipo, sin embargo, este se encuentra en validaciones técnicas para perfeccionar la funcionalidad, dado que hubo cambios significativos.</p> <p>Con la aparición del COVID 19, se presentó la oportunidad de reemplazar las cortinas utilizadas para separar áreas compartidas en las salas de urgencias y habitaciones y contribuir a minimizar el riesgo de contagio. Se esperaba poder realizar las pruebas antes del pico de contagio, pero aún están pendientes.</p>
Talento humano	<p>El grupo está conformado por tres investigadores, la líder del proyecto es Ingeniera Textil, Especialista en Dirección Estratégica, Magíster en Diseño de Producto con Textiles Tecnológicos, con experiencia empresarial en el área comercial. Adicionalmente, cuenta con contactos y reconocimiento en el sector textil, lo cual facilitó el aprovisionamiento, selección y desarrollo de materiales textiles, entre otros. Los otros dos investigadores son una Ingeniera Mecánica, Magíster en Ingeniería, con experiencia en diferentes sectores empresariales, y un Ingeniero mecánico y Magíster en Ingeniería Mecánica.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se han desarrollado varios prototipos, los primeros fueron probados en el entorno hospitalario donde se realizaron pruebas de reducción de contaminación acústica, ciclo de vida ambiental, vida útil frente a lavado, ángulo de contacto, inflamabilidad. Con los resultados de las validaciones técnicas se diseñó un nuevo prototipo (producto mínimo viable) que se encuentra pendiente de repetir las pruebas en ambiente hospitalario.</p> <p>Mercado: Con la aparición del COVID19, se presentó una propuesta que podría reemplazar las cortinas utilizadas para separar áreas compartidas en las salas de urgencias y habitaciones y contribuir a minimizar el riesgo de contagio. Se espera desarrollar un Producto Mínimo Viable (PMV) y probar el concepto para validar el prototipo mejorado en el tratamiento de pacientes infectados.</p> <p>Procesos Industriales: Se cuenta con un aliado industrial (Aluminun & Glass Systems –AGS) que llevará el prototipo a escala comercial. También aportó el aliado CIDEP para apoyar el proceso y convertir el desarrollo en un producto mínimo viable.</p>
Aliados	<p>La Universidad cuenta con dos aliados:</p> <p>Aluminun & Glass Systems –AGS, aliado industrial que llevará el prototipo a escala industrial.</p> <p>CIDEP, aliado estratégico o metodológico que se mueve en el campo de la innovación y la gestión tecnológica, quién apoyó el proceso para convertir el desarrollo en un producto mínimo viable (segundo prototipo). Es una empresa de consultoría en desarrollo de nuevos productos.</p>
Instituciones	<p>Los investigadores reconocen que de parte de la Universidad ha hecho falta acompañamiento en temas de mercado y orientación en el desarrollo de la tecnología. Las pruebas de prototipos se deben hacer en ambiente hospitalario, pese a que se cuenta con clínica universitaria, han sido demorados los tiempos para que se apruebe el hacer los montajes y pruebas en dicho espacio. Esta situación se dio con las dos versiones de prototipos desarrollados. También se propuso probar el sistema en el campus de la universidad para otras aplicaciones del sistema, pero no se tuvo respuesta por parte de la Universidad.</p>

Apoyo entidades CTI	Ninguno.
Financiación	El presupuesto fue asumido por la universidad, que fundamentalmente ha sido tiempo de los investigadores. En la primera fase las empresas donaron el material para hacer prototipos, los demás recursos han sido suministrados por la Universidad, incluyendo el tiempo de los investigadores.
Modelos mentales	

Caso Redes - Universidad A

<p>Superó VM</p>	<p>No. La tecnología está desarrollada en una simulación, y se está construyendo un prototipo. La tecnología se encuentra protegida con patente nacional de invención y en fase de solicitud de protección en Estados Unidos y Brasil.</p> <p>La Universidad no había considerado construir un dispositivo hasta que no hubiera una empresa interesada, por cuanto la empresa que quisiera explorar la tecnología debía poseer la infraestructura eléctrica, como es el caso de ISA o EPM. Una vez EPM manifestó interés en desarrollar el montaje para probarlo en sus redes, la Universidad desembolsó el dinero para financiar la construcción y prueba del prototipo que estaba pendiente. Se tiene casi completa la construcción del prototipo físico y al terminarlo iniciar las pruebas experimentales.</p>
<p>Talento humano</p>	<p>El grupo de investigación está conformado por:</p> <p>Un Ingeniero Eléctrico, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, Magíster en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, con formación en comercialización de energía eléctrica en Colombia.</p> <p>Un Ingeniero Electricista, Magíster y Doctor en Ingeniería Eléctrica, con experiencia laboral en una de las principales empresas del sector eléctrico del País.</p> <p>Un Ingeniero Eléctrico, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, Magíster en Transmisión y Distribución de la Energía Eléctrica, Doctor en Ingeniería, con experiencia laboral en varias empresas del sector eléctrico.</p> <p>Un Ingeniero Eléctrico, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía, Magíster en Ingeniería.</p> <p>Un Ingeniero Eléctrico, Especialista en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, Magíster en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, PhD en Energía y Termodinámica.</p>
<p>Dimensiones de capacidad</p>	<p>Know How: En su inicio el proyecto pasó por validaciones mediante simulaciones computacionales y superación de la fase experimental. Recibió patente nacional de invención y con solicitud de protección en Estados Unidos y Brasil. Posteriormente con el interés manifiesto de EPM de probar la tecnología en sus redes, se procedió a trasladar el sistema diseñado a un montaje real para ejecutar experimentos de forma física, se tiene casi completa la construcción del prototipo, al finalizar se iniciarán las pruebas experimentales.</p> <p>Mercado: Se tiene un análisis preliminar del mercado que incluye la exploración de posibilidades de manejo comercial. Se identificó que el mercado potencial está en el exterior, que es donde están los fabricantes de este tipo de sistemas de detección de fallas de alta impedancia. Se espera que tras tener ajustado y validado el sistema, tanto en las simulaciones computacionales como en condiciones reales, mejoren las posibilidades de concretar con EPM o interesar a una empresa que invierta en la puesta en producción y mercado de los dispositivos eléctricos de protección.</p> <p>Procesos Industriales: La Universidad no tiene la capacidad de manufactura, esta necesidad es suplida por un proveedor que cuenta con los procesos para la fabricación de los circuitos electrónicos, quien ha apoyado la construcción y ajuste del circuito.</p>

Aliados	<p>El proyecto no tiene aliados, ha sido desarrollado en su totalidad por la Universidad.</p> <p>Para el avance del proyecto es necesario un aliado empresarial que cuente con la infraestructura eléctrica. Se ha tenido acercamiento con EPM y otras empresas que, aunque han manifestado interés, no se han involucrado en el desarrollo del proyecto.</p> <p>Aunque se ha tenido la participación de entidades como Tecnova y Ruta N, estos han sido de fomento, no han participado en calidad de aliados.</p>
Instituciones	<p>El investigador principal manifiesta que, por falta de capacidades de negociadores o expertos en gestión tecnológica, en el pasado se perdieron dos oportunidades importantes. La Universidad sólo aprobó recursos para construir un dispositivo físico después de evidenciar un interés manifiesto de una empresa con potencial de ser aliada. Aunque el investigador solicitó recursos previamente, no fueron aprobados en ese momento.</p>
Apoyo entidades CTI	<p>Ruta N aportó recursos financieros para trámite de patente. También se ha participado en actividades de validación en el mercado y alianzas comerciales con Tecnova.</p>
Financiación	<p>El proyecto en su etapa pre-VM ha sido financiado en su totalidad por la Universidad.</p> <p>Se obtuvieron recursos por parte de Ruta N para subsidiar la solicitud de la patente sobre el método de detección.</p>
Modelos mentales	<p>Se ha dado énfasis en desarrollar la tecnología y buscar relacionamientos con empresas, según el líder del proyecto, esta es una de las causas por las cuales no se han generado alianzas.</p>

Caso Materiales - Universidad A	
Superó VM	<p>No. La tecnología fue patentada en el año 2013. El proyecto ingresó a portafolio de iniciativas apoyadas por servicios de gestión tecnológica en 2014. En el año 2015 se hicieron pruebas de concepto por medio de proyecto realizado con Ruta N y Expofaro. Se logró semi-industrializar el proceso, garantizando la estandarización del producto, se hicieron pruebas preindustriales, pero con problemas de pH aún sin resolver y sin los suficientes recursos. Se tiene un reactor a escala piloto, pero no se sabe si funcionará tras un eventual escalamiento.</p> <p>Para el escalamiento de la tecnología se requiere acompañamiento de una firma de ingeniería, y se requieren recursos para resolver problema técnico del pH. Sin embargo, la Universidad no tiene claro como avanzar hasta fases finales y tampoco cuenta con un aliado para lograrlo.</p>
Talento humano	<p>Los investigadores son una Ingeniera Química, Especialista en Ingeniería Ambiental, Magíster en Ingeniería con Énfasis en Ambiente y Doctora en Ingeniería; Un Ingeniero mecánico, Magíster en Ingeniería Mecánica y Doctor en Energías Renovables y Eficiencia Energética, con la participación de tres ingenieros químicos encargados del desarrollo y prueba del abrasivo.</p> <p>Los investigadores se sienten saturados y desmotivados por los requerimientos por parte de la Universidad, no se sienten en capacidad de entregar productos como el plan comercial e ingeniería de desarrollo industrial.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: El desarrollo de piezas abrasivas a partir de la sílice obtenida del residuo de la cascarilla de arroz, fue patentado en Colombia en el 2013, con aplicación en ensayos para el desgaste en la tela de jeans y en pruebas de remoción de color. La patente se solicitó para la aplicación en el sector textil, lo que limita el uso en otras aplicaciones que tiene la tecnología fuera del sector textil. El plazo para radicar la solicitud de patente en otros países se venció, por lo que tampoco es viable aprovechar la tecnología fuera del País.</p> <p>Se hicieron pruebas preindustriales, pero con problemas de pH aún sin resolver y sin recursos suficientes. Se tiene un reactor a escala piloto, pero no se sabe si funcionará tras un eventual escalamiento.</p> <p>Mercado: El plan comercial se encuentra en responsabilidad por parte de los investigadores, pero aún no se tiene.</p> <p>Procesos industriales: Para el escalamiento de la tecnología se requiere acompañamiento de una firma de ingeniería y se requieren recursos para resolver problema técnico del pH. Aunque se consideró la inversión en una planta, la Universidad no tiene claro como avanzar hasta fases finales y tampoco se cuenta con un aliado.</p>
Aliados	<p>En fases iniciales se tuvo una empresa aliada que apoyó y participó en el desarrollo. Dicha alianza se cayó porque la persona que lideraba el tema como directiva en la empresa se jubiló, y al entrar personas nuevas no les interesó continuar. Aunque se han buscado posteriormente, el proyecto no cuenta con aliados vinculados en la actualidad. Se consideró hacer colaboraciones con empresas de lavandería industrial y se probaron acercamientos con empresas de dicho sector localizadas en Medellín, y con empresas arroceras. Es necesario la vinculación de un aliado o firma de ingeniería para el escalamiento del proyecto.</p> <p>En el proceso de desarrollo de la tecnología se trabajó en colaboración con la firma TINPES, sin embargo, no hubo definiciones relacionadas a la participación en la titularidad de la propiedad intelectual de dichos desarrollos, lo cual puede ser una condición de riesgo para la eventual explotación de dicha tecnología. La persona que lideraba el acompañamiento por parte de la empresa se pensionó, por lo que este apoyo se ha perdido.</p> <p>Se está trabajando en continuar el desarrollo, pero ya no hay recursos y los problemas de pH siguen sin resolverse. No se tiene claro los modelos de negocio e industrial.</p>

Instituciones	<p>La Universidad ha delegado en los investigadores la entrega del plan comercial e ingeniería de desarrollo industrial, pero estos no saben cómo hacerlo. Los investigadores manifiestan que la Universidad les ha asignado la responsabilidad que corresponde a una oficina de transferencia, y no los ha apoyado en ese aspecto.</p> <p>Los investigadores consideran que la Universidad entró en la moda de la innovación, definiendo una política general, pero sin lineamientos claros de qué hacer para innovar y por esto no ha funcionado este proyecto.</p>
Apoyo entidades CTI	<p>Se obtuvo apoyo de Tecnova en validación de cadena de valor y análisis de oportunidad de mercado.</p>
Financiación	<p>Pre-VM: los recursos asignados para fase de investigación se agotaron sin que se pudiera resolver el problema del PH, por lo cual no se ha podido completar el resultado técnico.</p> <p>Post-VM: Se solicitó un presupuesto estimado a la Universidad de \$395 millones de pesos para esta estructuración, estos recursos son para avanzar en la estructuración del proyecto y madurar las dimensiones de innovación. Se definió una serie de servicios necesarios como el estudio de mercado y de vigilancia tecnológica, pruebas de concepto, inversiones para el desarrollo de la planta, desarrollo de un prototipo y prueba piloto para la producción de los pellets con mezcladora y peletizadora industrial, así como una inversión para el montaje de la planta.</p>
Modelos mentales	<p>La Universidad no tiene claro como avanzar a las etapas finales para lograr el escalamiento del proyecto. Se identifica que se tienen deficiencias en cuanto a capacidad, barreras burocráticas, y de estructura.</p> <p>Los investigadores se sienten saturados y frustrados porque la Universidad les está pidiendo cosas que no están en capacidad de entregar, como el plan comercial e ingeniería de desarrollo industrial.</p>

Caso Nanomaterial - Universidad A

Superó VM	<p>No. Se han hecho pruebas técnicas pequeñas de posibles aplicaciones, pero no se ha avanzado a aplicaciones finales. El proyecto se desarrolló en alianza con el Instituto Politécnico Nacional de México, que aportó sus capacidades de infraestructura para trabajos en nanotecnología. El proyecto ha pasado por la fase de desarrollo experimental e investigación aplicada. La tecnología tiene muchas aplicaciones posibles, pero aún no se ha determinado en cual dirección avanzar.</p> <p>Cuenta con patente otorgada en México en 2016 y radicada en Colombia por PCT en 2014. La patente fue radicada también en Brasil, Chile y Costa Rica.</p> <p>Con la empresa Andercol se definió un plan para la realización de pruebas de concepto como reforzantes de matrices base poliéster, mediante nanotubos de carbono.</p> <p>La tecnología ha sido ofrecida a empresas que están desarrollando actividades de innovación, pero estas encuentran que este material sería considerado en proyectos de I+D que entrarían en fases muy incipientes, lo cual aleja en el tiempo la posibilidad de obtener retornos a corto y mediano plazo. Esto ha afectado la decisión de liberar recursos para seguir avanzando.</p>
Talento humano	<p>El investigador principal es Ingeniero Mecánico, Magíster en Ingeniería con Énfasis en Materiales, PhD en Ingeniería, Pos-PhD en Materiales, con experiencia empresarial en los sectores textil, servicios públicos y de productos químicos. El desarrollo fue en compañía de una Ingeniera química, PhD en Ingeniería y termodinámica.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se desarrolló un material que ha pasado por la fase de desarrollo experimental e investigación aplicada, pero no ha avanzado a aplicaciones finales. Se tiene patente otorgada en México y radicada en Colombia, Chile, Brasil y Costa Rica. El proyecto se desarrolló en alianza con el Instituto Politécnico Nacional de México que aportó capacidades en infraestructura para trabajos en nanotecnología.</p> <p>Mercado: El proyecto no ha salido del laboratorio, por cuanto tiene múltiples aplicaciones y aún no se determinado el camino a seguir, por ende, no tiene un mercado definido. Para avanzar en este sentido se requiere un aliado empresarial. Algunas empresas han manifestado interés, pero ninguno se ha concretado.</p> <p>Procesos industriales: de esta dimensión no se tiene dominio, la tecnología no ha salido del laboratorio, tampoco tiene mercado definido.</p>
Aliados	<p>El proyecto cuenta con un aliado investigativo, el Instituto Politécnico Nacional de México, que aportó sus capacidades de infraestructura para trabajos en nanotecnología.</p> <p>No se cuenta con aliado empresarial. Se han realizado acercamientos con: Nanotecol para que ofrecieran la tecnología en el mercado, pero la conversación no prosperó.</p> <p>Con Andercol se definió un plan para la realización de pruebas de concepto como reforzantes de matrices base poliéster, mediante nanotubos de carbono. Aún sin concretar.</p> <p>La empresa Pintuco ha manifestado interés, pero tampoco se ha concretado.</p> <p>Cuando el material ha sido ofrecido en empresas que desarrollan actividades de innovación, estas consideran el proyecto como de I+D, en una fase muy incipiente, lo cual aleja en el tiempo la posibilidad de obtener retornos a corto y mediano plazo. Esto ha afectado la decisión de liberar recursos para seguir avanzando.</p>

Instituciones	<p>Se han desarrollado pequeñas pruebas, pero la Universidad no ha hecho las inversiones que se necesitan para configurar una aplicación. Entre tanto, se aprueban pequeñas pruebas de laboratorio, pero no son suficientes para implementar. También se ha usado el material en proyectos de tesis de estudiantes.</p> <p>En el País la normatividad asociada a la utilización del material se encuentra retrasada en relación con otros países como EE. UU., Australia, Canadá y en Europa, donde se tienen homologaciones respecto a las condiciones que deben cumplir estos nanomateriales, lo cual hace falta para estimular el mercado.</p> <p>El investigador principal considera que la Universidad tiene una finalidad mayor que es el conocimiento puro; por lo que se preocupa más por las publicaciones, rankings y comparativos. Se trata de estar al paso de Universidades de talla mundial, sin contar con los recursos. También el investigador considera que la Universidad lleva años invirtiendo en distractores como U multicampus y certificación ISO 9000, aunque se tienen 13 patentes, estas no generan resultados visibles. Es necesario entender que en el mundo hay una serie de problemas transversales a la humanidad, a ellos se podría apostar, y comprometerse con las circunstancias de la humanidad. El investigador principal considera que en la Universidad los investigadores proponen proyectos de forma activista, para mantener sus líneas de trabajo y publican cualquier cosa. Faltan criterios de impacto. Los investigadores se dedicada a más de un qué hacer, lo que dificulta mover la frontera de conocimiento.</p>
Apoyo entidades CTI	Ninguno.
Financiación	Se han realizado pequeñas pruebas técnicas con recursos de la Universidad, pero no se ha avanzado en aplicaciones finales con la magnitud de presupuestos adecuada. También se han aportado recursos por medio de trabajos de estudiantes de maestría.
Modelos mentales	El investigador manifiesta que, en el tema de desarrollo de nuevos negocios, han trabajado de forma improvisada, desde el comienzo no se ha pensado en la salida, aunque se han dado pasos sobre la marcha.

Caso Cerámico	
Superó VM	<p>No. El proyecto se desarrolló en alianza con el Pascual Bravo. La invención consiste en un sistema de combustión de gases intercambiables en lecho poroso para aplicaciones de cocción y eventualmente en otras aplicaciones donde es factible el uso de transferencia de calor por radiación. Se desarrolló un prototipo en laboratorio, este no ha sido probado en un ambiente real, tampoco se ha ajustado a las condiciones del mercado. Se otorgó patente de invención en 2019.</p> <p>El proyecto no tiene aliado empresarial, se han adelantado negociaciones con Noel para aplicar la tecnología en los hornos de galletas.</p> <p>Una empresa de soluciones energéticas se encuentra gestionando para obtener la licencia para encargarse de la fabricación y comercialización.</p>
Talento humano	<p>El grupo de investigación está conformado por un Ingeniero Químico, Magíster en Ingeniería, PhD en Ingeniería y Sistemas Energéticos y una Ingeniera Química, Magíster en Ingeniería, PhD en Ciencia y Tecnología de Materiales.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se desarrolló en alianza con el Pascual Bravo, un prototipo que consiste en un sistema de combustión de gases intercambiables en lecho poroso para aplicaciones de cocción y otras aplicaciones donde es factible el uso de transferencia de calor por radiación. Cuenta con un sistema de control que permite el ahorro de energía por medio de la interrupción del suministro de gas en función de la temperatura del lecho poroso. El prototipo ha sido probado a escala de laboratorio. Tiene patente de invención otorgada en el año 2019.</p> <p>Mercado: El prototipo no ha sido probado fuera del laboratorio, no se tiene un aliado empresarial que ayude con el escalamiento de la tecnología. Se han hecho contactos con Noel para aplicar la tecnología en los hornos de galletas. También con una empresa de soluciones energéticas se ha considerado un licenciamiento para fabricar y comercializar la tecnología. El plan de mercado está en manos de la unidad de transferencia de la Universidad, ellos han contactado una empresa fundada por egresados, quienes se han encargado de buscar clientes potenciales para la tecnología, hasta ahora sin resultados.</p> <p>Procesos Industriales: Para el desarrollo de esta dimensión no se cuenta con un aliado empresarial que tenga las capacidades para desarrollar procesos de manufactura.</p>
Aliados	<p>Inicialmente se tenía acercamiento con un aliado empresarial, pero al momento de confirmar los convenios la empresa desistió. No se llegó a un acuerdo en temas de regalías y propiedad intelectual.</p> <p>Posteriormente se realizó una alianza investigativa con la Institución Universitaria Pascual Bravo por medio de una convocatoria realizada por ellos. Con los recursos obtenidos se logró apalancar el avance del proyecto.</p> <p>Se ha conversado con Noel para aplicar la tecnología en los hornos de galletas, la cual no se ha concretado todavía.</p> <p>Con una empresa de soluciones energéticas se ha buscado acordar un licenciamiento para que se encarguen de la fabricación y comercialización de la tecnología, pero aún no se ha concretado.</p> <p>Una empresa fundada por egresados de la Universidad se ha encargado de buscar clientes potenciales para la tecnología, hasta ahora sin resultados.</p>
Instituciones	<p>El tener más de una institución involucrada en el desarrollo de una tecnología y con patente otorgada, ha dificultado encontrar un aliado empresarial.</p>

Apoyo entidades CTI	Ninguno.
Financiación	El proyecto ha sido financiado con recursos de la Universidad y del aliado investigativo Pascual Bravo, con una mayor participación financiera del Pascual Bravo.
Modelos mentales	El líder de investigación manifiesta que el proyecto nació porque le llamó la atención estudiar lo que se encontraba en la literatura al respecto, y trató de enfocarlo en una aplicación.

Caso Fertilizantes

Superó VM	<p>No. El proyecto se encuentra desarrollado en un 90%. Ha tenido un aliado empresarial desde su inicio. Se cuenta con un material desarrollado (fertilizante) al cual se le realizó análisis microbiológico del suelo utilizado y pruebas de invernadero, en propiedad de la empresa.</p> <p>La tecnología ha pasado por pruebas de laboratorio y se tienen estudiados los componentes, pero aún no ha llegado a la etapa de escalamiento a nivel industrial, lo que impide conocer los costos de producción y otros que faciliten adelantar una comercialización o llegar a estimar una demanda.</p> <p>El proyecto cuenta con patente de invención nacional y patente internacional.</p> <p>El aliado considera la viabilidad de tener la producción y entregar regalías. Se están estableciendo acuerdos previos a la transferencia a la empresa aliada, pero aún no han empezado a transferir.</p> <p>El aliado tiene presencia en el mercado nacional e internacional, conoce el comportamiento del mercado tradicional, por lo que le preocupa que el nivel de ventas no sea alto. Por eso se está trabajando en un acuerdo justo para ambas partes, tras llegar a dicho acuerdo, la empresa espera iniciar la implementación a escala industrial.</p>
Talento humano	<p>El equipo de investigación está compuesto por:</p> <p>Una Biotecnóloga, Magíster en Ciencias Biológicas. Una Ingeniera Agrícola, Especialista en Ingeniería Ambiental, Magíster en Ingeniería Ambiental, PhD en Ingeniería. Un Químico, Magíster en Ciencias Químicas, PhD en Ciencias Químicas.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se cuenta con un material (fertilizante) al cual se le realizó análisis microbiológico del suelo utilizado, se realizaron pruebas de invernadero en el terreno de la empresa aliada. La tecnología se encuentra desarrollada en un 90%, ha sido probada a nivel de laboratorio, pero no a nivel industrial. El proyecto cuenta con patente de invención nacional y patente internacional.</p> <p>Mercado: El aliado empresarial es una empresa que fabrica y comercializa fertilizantes, que tiene cobertura en el mercado nacional e internacional. La Universidad se encuentra en proceso de negociación de la transferencia bajo el modelo de pago de regalías con la empresa aliada, este aún no se ha concretado porque se buscan un acuerdo benéfico para las dos partes, dado que se trata de un <i>commodity</i> que no necesariamente pueda tener respuesta favorable en el mercado. La empresa tiene definido el modelo de negocio, segmento, clientes potenciales, canales, entre otros.</p> <p>Proceso Industrial: Estas capacidades están disponibles en la empresa aliada que está interesada en producir y comercializar directamente el producto.</p>
Aliados	<p>Desde el inicio del proyecto se ha tenido un aliado empresarial (SOBIOTECH, empresa de fertilizantes) interesado en el escalamiento y comercialización directa de la tecnología, donde se realice un pago de regalías a la Universidad. Este acuerdo se encuentra en proceso de negociación, por cuanto la empresa conoce el mercado y los riesgos, y que puede que la tecnología no tenga la suficiente aceptación y ventas en el mercado.</p> <p>El gerente de la empresa aliada es egresado de la Universidad, lo que ha permitido una cercanía favorable para el desarrollo del proyecto.</p>

Instituciones	<p>El líder de transferencia considera que la Universidad es fuerte en formación, investigación, y procesos de extensión académica, pero aún no es fuerte en transferencia tecnológica. Tiene deficiencia en cuanto a capacidades que le permita impulsar el componente industrial. El alcance de la Universidad es desde la investigación hasta el patentamiento. La Universidad, por medio de la dirección de I+D+i ha brindado el apoyo y acompañamiento que el proyecto ha requerido desde su inicio, al igual que los recursos, laboratorios, tiempo, etc.</p> <p>Los tiempos que tardan los trámites administrativos en la Universidad y consultas legales han incidido negativamente en la velocidad en el desarrollo del proyecto.</p> <p>Los costos financieros que implican el sostenimiento de las patentes han llevado a la Universidad a cuestionar el tema de patentamiento, adicionalmente la falta de claridad o entendimiento sobre qué es conveniente o no patentar. Este proceso no se ha dado bien al interior de las universidades en general.</p>
Apoyo entidades CTI	<p>Colciencias cofinanció fase de pruebas de escalamiento y Ruta N financió trámite de patente.</p>
Financiación	<p>Se obtuvieron recursos para trabajar durante 24 meses por medio de una convocatoria de Colciencias. Colciencias aportó una tercera parte de la financiación del proyecto, las dos partes restantes de la financiación se hicieron entre la Universidad y la empresa aliada, siendo el aporte aproximado de un 75% por parte de la Universidad y un 25% por parte de la empresa aliada.</p> <p>La patente fue financiada con recursos obtenidos por medio de una convocatoria de Ruta N.</p>
Modelos mentales	<p>El coordinador de emprendimiento considera que el proyecto es muy interesante y con un potencial alto de aplicaciones. Sin embargo, manifiesta que el apego de la investigadora por la tecnología ha impedido ver más allá. Aunque la tecnología está muy bien documentada a nivel de laboratorio, puede tener trabas en el mercado, por cuando no está validada a nivel industrial.</p>

Caso Suelos	
Superó VM	<p>No. Con el aliado empresarial se han dado todos los pasos desde el laboratorio hasta el escalamiento en campo en los terrenos de la empresa. La tecnología ha sido desarrollada y probada hasta donde es posible antes de montaje de planta, sin embargo, por falta de permiso del Ministerio de Medio Ambiente el proyecto está detenido.</p> <p>Se realizó un contrato de explotación no comercial.</p> <p>A la hora de hacer la adecuación final se ha detenido todo, porque se han tenido problemas para obtener permiso de acceso a recursos biológicos. MinAmbiente solicita el detalle del proceso de cómo se produce el bio-insumo, lo que corresponde al secreto empresarial, y por ello no se puede suministrar. Por lo tanto, no ha sido posible continuar el proceso y por ende superar el VM.</p> <p>La empresa aliada aporta las capacidades comerciales, hay una empresa interesada en participar en la fase final y lanzar la tecnología al mercado, pero sin resolver el permiso del Ministerio no se puede avanzar.</p>
Talento humano	<p>El equipo por parte de la Universidad está liderado por una Docente de la Facultad de Ciencias de la Salud, y con soporte por parte de un estudiante de Biotecnología en práctica empresarial.</p> <p>La investigadora ha invertido casi 10 años en la búsqueda de las bacterias, desarrollo de pruebas y ensayos.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know how: El componente científico, la asesoría científica del producto ha venido desde la Universidad, decir qué bacteria, cómo funciona la bacteria, cómo se prepara la bacteria para el producto. Con la empresa aliada se han realizado todas las pruebas de laboratorio y en campo en instalaciones de la empresa, se han realizado los avances necesarios previos a un escalamiento industrial y comercial. Posteriormente se decidió no patentar por los costos que implica el mantenimiento, la Universidad no tiene esa visión, se consideró mucho más viable proteger bajo figura de secreto y hacer la transferencia tecnológica a través de regalías.</p> <p>Mercado: Cuando se identificó con el aliado la posibilidad de patentar, se entendió que se debía definir el modelo de mercado. La empresa aliada tiene la capacidad comercial necesaria para llevar el desarrollo al mercado, tiene presencia en el mercado, canales comerciales, conocimiento de las necesidades, es una marca reconocida en agro-insumos. También existe una empresa interesada en participar en la etapa final y lanzamiento al mercado, este paso no ha sido dado por falta de permiso del Ministerio de Medio Ambiente.</p> <p>Procesos Industriales: Se hizo el escalamiento del microorganismo pensando en una producción a nivel industrial. Se presentó una falla en el escalamiento, sin embargo, se repitieron las pruebas y se logró ajustar el proceso. Falta definir la presentación, si será líquido o cómo. Se cuenta con las capacidades industriales del aliado. No se ha desarrollado una estructura para la tecnología en concreto por cuanto está detenida por falta de permiso para producir y comercializar por parte de MinAmbiente.</p>
Aliados	<p>El proyecto nació como propuesta con una empresa SOBIOTECH-Abonamos, por medio de una práctica investigativa que llevó a muy buenos resultados, unas bacterias que cambiaban el pH del suelo.</p> <p>La empresa cuenta con un Ingeniero que maneja todos los procesos inherentes al mercadeo del producto, tiene la experiencia necesaria para sacar el producto al mercado. Existe potencial de avanzar a etapa final con la empresa que ha manifestado interés.</p>

Instituciones	<p>Para obtener el permiso de MinAmbiente es necesario entregar información que corresponde al secreto empresarial, por tratarse de organismos vivos, esta situación ha impedido avanzar en el desarrollo del proyecto. La Universidad no realiza acompañamiento en la definición del modelo comercial, negociar la transferencia, en temas que ya no son técnicos, algo que la investigadora considera debería estar definido. Se debería contar con una oficina donde se acompañen los proyectos, identificar en que punto están y cómo llevarlos al punto que se espera, este acompañamiento legal y demás lo ha tenido que buscar por fuera de la Universidad. Este acompañamiento puede ayudar a agilizar la entrega de una financiación u otros para sacar adelante un proyecto.</p> <p>Al ser una Universidad pública el proyecto se vio afectado en su avance por cuenta de un paro. No se avanzó con la rapidez que se esperaba porque estaban a la espera de algunos materiales, se avanzó en lo que pudo avanzar. La empresa quiere un producto rápido pero la investigación en la Universidad no avanza al ritmo de la empresa, el tema de recursos está supeditado a los tiempos de convocatorias.</p> <p>En temas de protección intelectual la Universidad no tiene definido el proceso, de manera que desde el principio el investigador sepa qué hacer, pueda contar con toda la información, saber qué se debe proteger. Cuando esto se hace al final es probable se generan reprocesos y problemas de trámites.</p>
Apoyo entidades CTI	<p>Tecnova realizó vigilancia tecnológica e identificación de competencias.</p>
Financiación	<p>El proyecto ha sido financiado por Colmayor y la empresa aliada. El proyecto requiere vinculación de estudiantes de doctorado o maestría que no se tienen en la Universidad, sin embargo, la Universidad se ha comprometido con la financiación de esos estudiantes.</p>
Modelos mentales	<p>Se desconocía que era necesario tramitar permiso ante el Ministerio de Medio Ambiente para producir y comercializar la tecnología, y lo que implica obtener el permiso, en este caso, revelar el secreto empresarial que va en contravía del compromiso de confidencialidad con la empresa aliada. La líder plantea que el modelo mental de la empresa y la Universidad son diferentes, y que la empresa va a un paso más acelerado para desarrollar una tecnología, la Universidad no.</p> <p>El apoyo de la Universidad en temas que no son técnicos, modelo comercial, negociación de transferencia entre otros, no se tiene. La investigadora principal acostumbra tener estudiantes en práctica vinculados dentro del proyecto. Lo considera un factor de éxito dentro del pacto con la empresa aliada.</p> <p>La líder del proyecto considera un factor de éxito contar de entrada con un aliado empresarial, considera no tiene mucho sentido desarrollar en el laboratorio para después buscar a quien le sirve. Cree que si se piensa en desarrollar algo para un sector específico, se deben exponer las ideas en empresas del sector para desarrollar el proyecto en conjunto.</p> <p>Al contemplar la posibilidad de patentar e iniciar el proceso, se entendió que se debían definir cosas como el plan de mercado y otros también para obtener beneficios económicos, al igual que dimensionar la transferencia. Fue necesario empezar de cero.</p> <p>El modelo mental de la Universidad no es patentar, por los costos financieros que implica el mantenimiento, se consideró más viable hacer la transferencia tecnológica a través de regalías.</p> <p>Se ha ido adquiriendo experiencia en el trámite de permisos ambientales, los recursos adicionales que se requieren, realizar el reporte o informe periódico del avance y estado del proyecto, nunca se había tenido permiso de acceso a recursos genéticos, se está aprendiendo en esto y mucho alrededor de reglamentación ambiental. En algunas ocasiones cuando se llega a la empresa con el microorganismo con sus propiedades, la empresa asume que este desarrollo sale de la nada, no es consciente del proceso investigativo que hay detrás, es un valor intangible que no se ve a simple vista.</p>

Caso Aguas	
Superó VM	<p>No. El proyecto inició en el año 2013 en alianza con la Corporación Universitaria Lasallista, en ese año se hizo el proceso de investigación con el crecimiento de los microorganismos, se probó en el laboratorio en condiciones reales utilizando el agua del Río Medellín con el colorante, un agua sintética con las condiciones ideales para los microorganismos hasta de 1000 partes por millón y en agua real. Para seguir con el escalamiento se debe probar en volúmenes mayores, prueba que no se puede realizar en el laboratorio, pues no se cuenta con un reactor mayor a cinco litros. Con el tiempo el aliado investigador (Corporación Lasallista) desistió y abandonó el proyecto. Para hacer un escalamiento a nivel industrial se estuvo buscando una alianza con Epm o con alguna empresa que tuviera reactores de mayor volumen para poder validar. Sin embargo, no se encontró en Colombia un aliado. Se encontró un aliado en Brasil, pero por las demoras en la comunicación en aquel entonces, no se concretó la alianza. La Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia (SIC) asignó en el mes de julio de 2017 patente de invención nacional. Posteriormente en busca de una solución o poder desarrollar un nuevo modelo de negocio, se tuvo la oportunidad de trabajar con Ruta N un alistamiento comercial y con la empresa Inventa, se exploró un nuevo modelo de negocio, lo que llevó a la creación de un kit de biotecnología educativo para llevar a los colegios. Ahora se tiene una propuesta de <i>spin off</i> con esos kits ambientales para el sector educativo.</p>
Talento humano	<p>El equipo está compuesto por: Un Bacteriólogo, Especialización En Gestión Ambiental. Un Zootecnista, Magíster en Biotecnología y Doctor en Ciencias Médicas. Un Profesional en Biotecnología con Maestría en gestión de la innovación tecnológica, cooperación y desarrollo regional. Un Ingeniero Sanitario, Especialista en Construcción Sostenible, Magíster en Desarrollo Sostenible. Un Químico Farmacéutico, Magíster en Ciencias Básicas Biomédicas Subespecialidad Bioquímica, con Doctorado en Ingeniería, con experiencia empresarial. Una Ingeniera Sanitaria, Magíster en Ingeniería con Doctorado en Biotecnología. Un Ingeniera Ambiental, Magíster en Medio Ambiente y Desarrollo.</p>
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: El proceso de investigación inició con el crecimiento de los microorganismos y prueba en laboratorio en agua sintética. Se realizó prueba de concentración en el reactor de mayor tamaño disponible en laboratorio de hasta 1000 partes por millón. El proyecto inició en alianza con la Corporación Universitaria Lasallista, quien posteriormente abandonó el proyecto. Para realizar pruebas a nivel industrial o reactores de mayor volumen se requiere de un aliado empresarial, que no se ha encontrado en el País. Se obtuvo patente de invención en el año 2017 otorgada por la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia. El proyecto estuvo detenido por falta de financiación y de aliado empresarial, hasta que con el acompañamiento de Ruta N y la empresa Inventa, se logró la creación de un kit escolar de biotecnología para llevar a los colegios. Mercado: El mercado inicial para el cual se desarrolló el proyecto no pudo ser alcanzado por vacíos en la normatividad colombiana. Ahora se tiene una propuesta de <i>spin off</i> con los kit ambientales para el sector educativo, que constituye un nuevo modelo de negocio. Procesos Industriales: El proyecto no pudo ser probado a nivel industrial, pues no se encontró un aliado empresarial en el País. Se tuvo oportunidad de consolidar una alianza con una empresa brasilera, pero finalmente no se consolidó la alianza.</p>
Aliados	<p>El proyecto inició con el aliado investigativo Corporación Universitaria Lasallista que realizó el aporte científico de evaluar las capacidades fisicoquímicas de los microorganismos. Posteriormente este desistió y abandonó el proyecto. Se buscó alianza empresarial con Epm u otra empresa, pero no se encontró aliado en el País. Se encontró un fuerte aliado en Brasil (Súper Bac Biotechnology) con quien se logró hacer un acuerdo de confidencialidad, pero debido a la lentitud de los procesos y la comunicación en aquel entonces, no se logró consolidar la alianza, el aliado desistió. Tecnova adelantó vigilancia tecnológica y un primer modelo de negocio y con la</p>

	ayuda de Ruta N y la empresa Inventa, se desarrolló un nuevo modelo de negocio, un kit de biotecnología que se espera se pueda llevar a los colegios. Se tiene una propuesta de <i>spin off</i> con esos kits ambientales para el sector educativo.
Instituciones	La alianza con la empresa brasilera no se pudo consolidar por la lentitud en los procesos de la Universidad y la comunicación en aquel entonces. El acuerdo de confidencialidad firmado se demoró casi un año en revisión, firma y envío por correo certificado. El proyecto dejó en evidencia el vacío en la normatividad interna de la Universidad en cuanto al proceso de transferencia tecnológica. No se tenía claro un acuerdo de confidencialidad, ni el acuerdo de información, ni muchos documentos que hacían falta dentro del proceso, esto se ha ido mejorando. En la normatividad nacional también existe un vacío jurídico, pues no existía ninguna norma donde se prohibiera o se multara a las empresas que realizaran vertimientos de colorantes. Con los casos constantes de vertimientos en el Río Medellín, el Área Metropolitana expidió una resolución para el Valle de Aburrá donde se sancionan estos vertimientos. A nivel nacional existe una norma que regula la contaminación de aguas o afluentes de agua, pero excluye la contaminación por colorante. Ese vacío en la normatividad nacional no le ha dado cabida a la comercialización de la tecnología. El Coordinador de transferencia considera que la transferencia de tecnología en la Universidad es incipiente. Aunque existe una política general de I+D+i, esta está enfocada principalmente a la fase de investigación. No se ha formalizado un área de transferencia, gestión de tecnología o innovación, sino que el tema es manejado por la dirección de investigación. No se tiene el recurso humano suficiente ni un experto en temas jurídicos, no se destinan los recursos financieros suficientes para el área de transferencia. El Coordinador de transferencia manifiesta que los riesgos económicos, jurídicos y de mercado, los asume el investigador, no la Universidad. Si el investigador no logra hacer la transferencia no hay problema. Si el investigador asume y quiere estar en un proceso de transferencia, asume el riesgo, en caso de falla en este proceso, literalmente el investigador debe pasar por descargos para dar explicaciones de lo ocurrido.
Apoyo entidades CTI	Ruta N dio asistencia técnica para desarrollo del modelo de negocio y alistamiento comercial. También participó Tecnova en desarrollo de vigilancia tecnológica y primer modelo de negocio.
Financiación	La Universidad ha suministrado los recursos financieros del proyecto durante la fase de I+D. En la Alianza con la Corporación Universitaria Lasallista sólo se obtuvo el acompañamiento de un semillerista y un docente.
Modelos mentales	El líder del proyecto manifiesta que la mentalidad del investigador en la Universidad es la de desarrollar un proyecto anual, no se tiene la visión completa para llevarlos a la innovación, a la transferencia. Cada año se pueden ir descartando proyectos potenciales, según lo que se le ocurra cada año al investigador. Bajo esta concepción, se pierde la continuidad a largo plazo de las iniciativas de innovación.
Caso Vestuario	
Superó VM	No. En el proyecto se han desarrollado varias versiones de prototipos, la última versión tiene una relación óptima con el motor, con menor peso, una relación más potente, y con componentes industriales más precisos. Se está trabajando en un prototipo más liviano, desarmable y compacto, con algunas piezas diseñadas por la Universidad, se espera que sea la versión final. Se espera que pueda ser un producto que podría ingresar al mercado y competir con plataformas internacionales de Europa, sobre todo de España que es el referente. En el 2015 se realizó alianza con el ITM que aportó capacidades como el laboratorio certificado de metrología.

	Se tienen dos empresas que se encuentran interesadas para desarrollar prueba piloto.
Talento humano	El investigador principal tiene título en Diseño Industrial y Maestría en Educación.
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se han desarrollado varios prototipos, se está trabajando en lo que se espera sea la versión final, mucho más liviana, desarmable y compacta, con algunas piezas diseñadas por la Universidad.</p> <p>Mercado: La versión aún no se ha probado en ambiente fuera del laboratorio. La Universidad no ha destinado presupuesto para el modelo de negocio, todo ha sido para inversión en I+D. Hay dos empresas interesadas en realizar el piloto, sin embargo, el equipo de cómputo que se tiene no dispone de la capacidad suficiente para realizar una prueba empresarial. Se ha solicitado el presupuesto, pero no ha sido posible una asignación.</p> <p>Procesos industriales: El prototipo no ha salido del laboratorio. El único aliado que se tiene es el ITM que es un aliado investigativo.</p>
Aliados	<p>En el año 2015 se vinculó como aliado el ITM con quien se realizó un convenio, facilitando el acceso al laboratorio certificado de metrología (docente y servicios). Su vinculación ha ayudado a mejorar la tecnología y completar el desarrollo técnico.</p> <p>Se tienen dos empresas interesadas en donde se pretende realizar la prueba piloto.</p>
Instituciones	<p>La gestión para el convenio con el ITM tardó cuatro años, porque había grandes diferencias en procesos y sistema de gestión entre ambas entidades. La Universidad sólo tenía una persona que apoyaba este proceso, mientras que el ITM contaba con un sistema estructurado y acreditado. Posteriormente, la Universidad se fortaleció en su sistema de transferencia, lo que facilitó el diálogo entre abogados y permitió concretar el trabajo conjunto.</p> <p>La Universidad tiene una normativa muy rígida en compras, del presupuesto asignado al proyecto se ha tratado de solicitar un cambio de rubro, del cual depende el desarrollo que se está haciendo, pero este fue negado. Esto podría detener totalmente el proyecto.</p> <p>El presupuesto que destina la Universidad sólo aplica para las etapas de I+D, lo que a juicio del coordinador de transferencia dificulta las inversiones en innovación.</p> <p>El líder de transferencia manifiesta que en el proyecto lo que ha funcionado es la persistencia del investigador, su nivel de compromiso para sacar adelante su tecnología. En el proyecto el investigador estaba muy solo haciendo todo, lo cual generó dificultad.</p> <p>La Universidad definió como prioridad las alianzas para aprobar proyectos de investigación, pero al aplicar esta política muchos proyectos fueron presentados en alianza con grupos de otras universidades, lo cual no cumplió con el objetivo empresarial.</p>
Apoyo entidades CTI	Ninguno.

Financiación	<p>Para la primera versión del prototipo la Universidad asignó 40 horas, pero ningún recurso económico, este fue financiado por el investigador. Aunque se tenía un presupuesto, este no se había desembolsado por dificultades de cotización.</p> <p>La financiación por parte de la Universidad ha sido difícil, sobre todo el cambio de rubro en el presupuesto asignado.</p>
Modelos mentales	<p>La alianza con el ITM se dio por la persistencia del investigador que buscó el aliado, que ha sido vital para poder avanzar en el proyecto. El investigador dice que de no ser así, estaría aún el proyecto en nivel académico.</p>

Caso SisInfo	
Superó VM	No. Se tiene un <i>software</i> desarrollado y en etapa de pruebas. En el momento del estudio, con problemas para completar las pruebas y depurar el <i>software</i> por falta de tiempo disponible.
Talento humano	Tres docentes de la facultad de ingeniería más un tecnológico desarrollador de <i>software</i> . Equipo con competencias para desarrollo técnico, no manifiestan competencias para otras dimensiones. Equipo constituido por profesores vinculados con limitaciones para terminar el desarrollo técnico debido a que la descarga de tiempo asignada resultó inferior a lo requerido.
Dimensiones de capacidad	Know how: <i>software</i> desarrollado y con registro de derechos de autor. No ha sido integrado el <i>software</i> (múltiples módulos), ni depurado, tampoco se han hecho las pruebas esperadas en laboratorios internos de la Universidad. Mercado: No se conocen dimensiones de mercado, se considera que se debe incluir en el equipo alguien con competencias de gestión que se encargue de comercializar. Se considera que en el medio hay un gran potencial, porque todas las empresas grandes y medianas necesitan un sistema de información. También se indica que hace tiempo se hizo un análisis de valoración del cual intuyen que debe haber potencial de mercado. Procesos industriales y técnicos: no se han solucionado problemas de confiabilidad y calidad de la información.
Aliados	Ningún aliado. Todo el desarrollo y personal involucrado fue interno.
Instituciones	Esquemas de financiación y asignación de recursos fueron favorables en general para la etapa inicial. Sin embargo, mecanismos para asignar descargas de tiempo exclusivamente a proyectos activos, han restringido dedicación de tiempo de programador para ajustar y probar el <i>software</i> , porque el proyecto oficialmente está cerrado. Requerimientos internos de manejo de información riñen con requerimientos de calidad a atender para el mercado, generando dificultades de implementación.
Apoyo entidades CTI	Ninguno.
Financiación	Financiación pre-VM: en general se cumplió con el suministro de recursos requeridos, sin embargo, no se aprobó la compra de un servidor dedicado sino que se asignó capacidad de servidores de la Universidad, previéndose problemas de escalabilidad, seguridad y garantía de servicio, si se entra en operación comercial. Por los procedimientos formales para asignar tiempos (descargas) a investigadores, ya no se puede contar con tiempo asignado por la Universidad para hacer ajustes y completar pruebas del <i>software</i> dado que formalmente el proyecto ya está cerrado, esto genera retrasos.

	<p>No se tiene claro qué sigue tras hacer pruebas internas, por ello desconocen si se requiere financiación adicional (para fase post VM).</p>
<p>Modelos mentales</p>	<p>Se considera relevante el desarrollo del <i>software</i> (dimensión <i>know-how</i>) y el cumplimiento de niveles de calidad. Manifiestan que no se han preocupado por otros asuntos tales como un modelo de negocio, comercialización, requerimientos normativos o financiación para fases posteriores a las pruebas pendientes.</p> <p>En el plan de trabajo definido se tiene claro que se llega hasta registrar el <i>software</i> y dejarlo funcionando. Se manifiesta desconocimiento de acciones posteriores al desarrollo y registro del <i>software</i>, por ello no hay claridad sobre si se necesitan recursos posteriores. Sin embargo, consideran que una vez completen pruebas y ajustes podrán salir al mercado en seis meses.</p> <p>Se considera que un factor de éxito potencial es que el medio necesita el <i>software</i> en ciernes, pues "todas las empresas desde medianas a grandes, necesitan un sistema de información".</p>

Caso Refrigeración	
Superó VM	<p>No. Se tiene un prototipo desarrollado aproximadamente al 70%, se encuentra en nivel de alistamiento TRL 5 y sus componentes han sido validados a escala de laboratorio. En noviembre de 2019 se obtuvo patente de invención.</p> <p>Para el escalamiento de la tecnología y gestionar la implementación del sistema en mayor tamaño y demanda energética, es necesario validar el desarrollo en equipos pequeños de diferentes capacidades para validar el ahorro energético calculado, costos de implementación y posibles modificaciones al sistema y certificaciones, sin embargo, no se cuenta con un aliado para llegar a este nivel.</p>
Talento humano	Los dos investigadores son docentes de la facultad de Ingeniería, ambos son Ingenieros Mecánicos, uno de ellos con Maestría en Gestión Energética Industrial.
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se cuenta con un prototipo (sistema intercambiador de calor para disminuir el consumo de energía eléctrica en sistemas de refrigeración y aire acondicionado) desarrollado aproximadamente al 70%, se encuentra en nivel de alistamiento TRL4, el cual ha sido validado únicamente a escala de laboratorio, aún no ha sido probado en ambiente real. La tecnología cuenta con patente de invención desde 2019.</p> <p>Mercado - Procesos Industriales: El proyecto no ha salido del laboratorio ni cuenta con aliado que permita desarrollar las dimensiones de mercado y procesos industriales.</p>
Aliados	Durante la vida del proyecto no se ha contado con aliados.
Instituciones	<p>Las condiciones institucionales han sido favorables para fase de investigación.</p> <p>La Universidad creó por resolución rectoral un programa de transferencias de servicios, con meta muy clara, así como un método de financiamiento. Sin embargo, la oficina de transferencia (qué es la gestión de la innovación) queda en una posición compleja, pues la meta financiamiento no está alineada con las necesidades de dinero para invertir. El líder de transferencia considera que eso genera una dicotomía, porque se compromete a los investigadores con transferir, pero no se les suministran recursos suficientes para esa labor.</p> <p>El recurso humano con competencias para servicios de transferencia está atomizado en otras dependencias o no se tiene, el líder de transferencia considera que esto divide los esfuerzos. El líder de transferencia es un docente sin un cargo directivo que lo visible frente a instancias de decisión institucional, no tiene comité de innovación, ni le puede hablar directamente al rector. Las acciones para transferir se atomizan en islas.</p> <p>Aproximadamente el 50% de los docentes tienen carrera en la institución, el otro 50% es ocasional, esta situación afecta la capacidad institucional y la manera en la que se distribuyen los recursos, porque, aunque a ambos grupos se le aprueban proyectos, los recursos no se otorgan de la misma manera, un ejemplo de ello es la asignación de recursos para temas de movilidad internacional para ir a presentar el proyecto.</p> <p>No hay instrumentos específicos para acceder a recursos destinados a las actividades complementarias de gestión tecnológica, estos se dificultan por no ser directamente para las actividades de I+D. El líder de transferencia considera que falta compromiso para poder consolidar la transferencia.</p>

Apoyo entidades CTI	Ninguno.
Financiación	El proyecto ha sido financiado en su etapa pre-VM con recursos internos de la Universidad.
Modelos mentales	<p>Se les solicitó a los investigadores que realizaran un <i>pitch</i> en una empresa en la ANDI, sin embargo, no fue posible, aún después de recibir la patente. El líder de transferencia considera que los investigadores tienen como objetivo el obtener unos productos resultantes de investigación (patente, en este caso), pero no se manifiesta ningún interés por llevarlo al mercado.</p> <p>Los investigadores no han hecho esfuerzos por considerar las dimensiones de un negocio. El líder de transferencia plantea que esta situación es peculiar, pues en este caso los investigadores tienen una empresa, pero no aplican sus conocimientos en temas de negocios para avanzar en el proyecto de la Universidad.</p>

Caso Ganadería

Superó VM	<p>No. Se han realizado dos prototipos, el último consiste en una marquesina que puede alcanzar al interior niveles térmicos superiores a los 60°C, con posibilidad de regular la temperatura, lo que incrementa en un 30% la velocidad del secado comparado con los sistemas tradicionales. El prototipo está validado en tiempo real. Se encuentra en nivel de alistamiento TLR4. Tampoco se tiene plan de mercado.</p> <p>Falta un aliado y validación comercial, los posibles aliados que se habían contactado querían que se les entregara un desarrollo completo, no un prototipo para completar. El aliado lo que quiere es que le vendan, no probar, es un mercado distinto. Por ahora se realizó contacto inicial con una empresa denominada Askol de Colombia, que se encuentra interesada en la validación con el prototipo.</p> <p>A 2016 la tecnología además de haber sido validada, opera a una escala precomercial y se encuentra en proceso de solicitud de patente publicada en Gaceta. La propiedad intelectual pertenece a la Universidad.</p>
Talento humano	El investigador principal es docente investigador, Ingeniero Electrónico, Especialista en Ing. Automática, Magíster en Automatización y Control Industrial y Doctor en Ingeniería Ambiental.
Dimensiones de capacidad	<p>Know How: Se han desarrollado dos prototipos, el primero se desarrolló en una finca en Guarne, luego el segundo se desarrolló en las instalaciones de la Universidad. La tecnología se encuentra en nivel de alistamiento TRL4. La tecnología además de haber sido validada a nivel experimental, opera a una escala precomercial y se encuentra en proceso de solicitud de patente publicada en Gaceta, la propiedad intelectual pertenece a la Universidad. Para completar la tecnología hace falta experimentar con otros materiales estructurales, más livianos, más fáciles de construir, hacer un prototipo más modular en cuanto a la parte electrónica y otros materiales inclusive en el lecho, lo que se llama la base de la estructura.</p> <p>Mercado: El proyecto no cuenta con plan de negocio desarrollado hasta la fecha, tampoco se ha validado en el mercado. Aunque se hizo contacto inicial con una empresa el proyecto aún no tiene un aliado.</p> <p>Procesos Industriales: Se necesitan recursos para probar la tecnología en escalamiento, lo que aún no se tiene.</p>
Aliados	Se realizó un primer contacto con una empresa denominada Askol de Colombia que se encuentra interesada en la validación con el prototipo, pero aún no se ha consolidado la alianza.
Instituciones	<p>La Universidad creó por resolución rectoral un programa de transferencias de servicios, así como un método de financiamiento. Sin embargo, el líder de transferencia considera que la política de financiamiento no suministra los recursos suficientes para la labor de transferencia.</p> <p>El recurso humano con competencias para servicios de transferencia está atomizado en otras dependencias, o no se tiene. El líder de transferencia considera que esto divide los esfuerzos, además de que no se tiene cercanía con la dirección, por ser el líder un docente sin cargo directivo.</p> <p>El investigador manifiesta que el proceso de compras en la Universidad que suministra los materiales para los proyectos es demorado y muchas veces los productos no llegan completos en las fechas fijadas, lo que implica parar el proyecto o que el investigador asuma los costos de los materiales faltantes si desea avanzar.</p>

Apoyo entidades CTI	Ruta N apoyó el trámite de patente.
Financiación	<p>Pre-VM: El desarrollo del proyecto ha sido financiado por la Universidad. Los recursos para la patente fueron asignados por Ruta N y Sapiencia. También se ha recibido suministro de materiales de aliados en este sentido únicamente.</p> <p>En el año 2017 cuando se hizo el montaje en la Universidad (prototipo 2), el proyecto estuvo detenido un tiempo a la espera de otros recursos e insumos que no llegaban por el área de compras, el investigador asumió los costos de algunos insumos y se terminó el montaje en 2018.</p>
Modelos mentales	La propiedad intelectual quedó en cabeza de la Universidad, por lo que el investigador manifiesta no tener interés en desarrollar el modelo de negocio porque no tendría participación en las regalías del producto final, le tocaría trabajar para la Universidad y él no ganaría prácticamente, ganaría por lo que la empresa produzca a partir del desarrollo que él hizo.

Nombre caso	Super ó VM	Talento humano					Aliados			Instituciones			Apoyo de entidades de CTI		Financiación	
	Tag super ó VM	Tag TH técnic o Expert o	Tag TH técnic o PhD	Tag TH gestió n	Tag TH experie ncia empres a-rial	Tag equip o interdi s- ciplina rio	Tag aliado s investi gativo s	Tag aliados industri ales	Tag aliados comer ciales	Limitació n de acceso a recursos de universid ad	Institucio nes universita rias dificultar on alianzas	Barreras externa s	Tag Apoy o capaci - dades	Tag Apoy o financ ia- ción	Tag financiación pre-VM	Tag financiación post-VM
Térmico	Recur re	Sí	Sí	No	No	Parcial	No	Sí	No	No	Sí	No	No	Sí	Sin dificultades	En efectivo
Biológicos	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sin dificultades	En efectivo y especie
Agricultur a	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sin dificultades	En efectivo y especie
Transport e	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sin dificultades	En efectivo y especie
Econcircul ar	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No	Sin dificultades	En efectivo y especie
Biomédico	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No	Parcial	No	Sí	Sí	Sin dificultades	En efectivo

Energético	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	No	No	Sí	Con dificultades	Ninguna
Hidrocarburo	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Sin dificultades	Ninguna
Vivienda	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sin dificultades	Ninguna
Construcción	No	Sí	No	Sí	Sí	Parcial	No	Sí	No	Sí	No	No	No	No	No	Sin dificultades	Ninguna
Redes	No	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	Sin dificultades	Ninguna	
Materiales	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	No	Con dificultades	Ninguna	
Nanomaterial	No	Sí	Sí	No	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	Con dificultades	Ninguna	
Cerámico	No	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	No	No	Sin dificultades	Ninguna	
Fertilizantes	No	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	No	Sí	Sin dificultades	Ninguna	
Suelos	No	Sí	No	No	No	Parcial	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	No	Sin dificultades	Ninguna	
Aguas	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Parcial	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	No	Sin dificultades	Ninguna	
Vestuario	No	Sí	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	No	No	Con dificultades	Ninguna	

Sisinfo	No	Sí	No	No	No	Parcial	No	No	No	Sí	No	No	No	No	Con dificultades	Ninguna
Refrigeración	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Sin dificultades.	Ninguna
Ganadería	No	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	Sí	Con dificultades	Ninguna

Anexo 4: Simulacro de rueda de negocios (Evaluación de los financiadores a los casos).

Tipo de caso	Grupo	Caso	Fin #1	Fin #2	Fin #3	Fin #4	Fin #5	Fin #6	Fin #7	Fin #8	
Exitosos		Agricultura	6	7	7	5	8	7	8	8	
		Biomédico	5	6	6	5	8	7	8	8	
		Transporte	6	7	7	7	8	7	8	8	
		Biológicos	8	8	8	7	8	8	8	8	
		Econcircular	6	7	7	6	8	7	7	7	
Concurrente		Térmico	5	6	6	4	8	6	7	6	
Críticos		Fertilizantes	5	6	6	5	7	7	8	8	
		Cerámico	3	3	4	3	4	2	4	3	
		Suelos	4	4	4	1	4	3	4	3	
		Aguas	2	2	2	0	2	2	2	2	
	Univ. A		Energético	3	4	4	1	6	5	6	4
			Hidrocarburo	2	4	4	2	5	5	6	6
			Vivienda	4	5	5	3	6	5	6	4
			Construcción	4	4	5	1	6	3	4	3
			Redes	3	3	3	2	4	4	4	4
			Materiales	2	2	2	1	4	4	4	4
			Nanomaterial	2	2	2	0	4	1	4	1
	Univ. B		Vestuario	2	2	2	0	3	3	4	3
			Sisinfo	2	3	3	0	2	1	3	1
			Refrigeración	0	1	1	0	1	1	2	2
			Ganadería	0	1	2	0	3	0	2	0

Anexo 5: Cálculo de aprendizaje de los proyectos, por dimensiones

Modelo mental actual

Caso	1. Agricultura	2. Biomédico	3. Transporte	4. Biológicos	5. Econcircular
1. Know-How	25	75	75	75	75
2. Manufactura	75	25	75	100	100
3. Instalaciones	75	25	50	50	100
4. Calidad	75	75	75	100	100
5. Necesidades	75	80	75	100	90
6. Distribución	25	25	75	75	50
7. Comunicación	25	25	75	75	50
8. Marca	25	25	75	75	100
	400	355	575	650	665

Modelo mental inicial

Caso	1. Agricultura	2. Biomédico	3. Transporte	4. Biológicos	5. Econcircular
1. Know-How	75	75	75	50	75
2. Manufactura	25	75	75	75	100
3. Instalaciones	50	25	50	25	100
4. Calidad	25	75	50	75	100
5. Necesidades	25	25	75	100	90
6. Distribución	25	25	50	75	50
7. Comunicación	25	25	50	75	50
8. Marca	25	25	75	75	100
	275	350	500	550	665

Aprendizaje, medido como variación en modelo mental

Caso	1. Agricultura	2. Biomédico	3. Transporte	4. Biológicos	5. Econcircular
1. Know-How	▼-50	▬0	▬0	▲25	▬0
2. Manufactura	▲50	▼-50	▬0	▲25	▬0
3. Instalaciones	▲25	▬0	▬0	▲25	▬0
4. Calidad	▲50	▬0	▲25	▲25	▬0
5. Necesidades	▲50	▲55	▬0	▬0	▬0
6. Distribución	▬0	▬0	▲25	▬0	▬0
7. Comunicación	▬0	▬0	▲25	▬0	▬0
8. Marca	▬0	▬0	▬0	▬0	▬0
Variación total (suma valores absolutos de aprendizajes)	225	105	75	100	0
	56%	30%	13%	15%	0%

Anexo 6: Criterios búsqueda: literatura sobre barreras a la innovación

La búsqueda se hizo en Scopus, mediante la ecuación de búsqueda:

TITLE-ABS-KEY (barriers AND to AND innovation) AND TITLE-ABS-KEY (taxonomy OR "systematic review").

Los resultados se limitaron a las áreas de negocios, sociales y economía, y se excluyeron artículos pertenecientes a las otras áreas (energía, medicina, ingeniería, psicología, medio ambiente, artes, salud, agricultura).

Anexo 7: Guía técnica del modelo de agentes: nombres de procedimientos principales, manual de uso de la interfaz del modelo

Procedimientos del modelo, implementados en NetLogo

to setup
to go

```
*** Setup procedures  
to setup-space ; initializes simulation world (patches)  
to setup_RDMOSandPROJECTS ; born and setup university's breeds  
to load_initial_projects_capabilities, record start values for projects capabilities  
to load_initial_projects_mmodel ; record start values for projects mental models
```

```
to setup_allies ; born and setup allies' breed  
to place_allies  
to setup_FUNDS ; born, setup and place breed  
to load_funds_mmodel ; record start values for FUND breed's mental model  
*** End Setup procedures
```

```
*** PROJECTS procedures  
to assess_projects_tech&market_capability ; calculates values for Tech capability and market capability  
to assess_projects_cap_to_mm_gap ; calculates gap between mental model and actual capability  
to project_seeks_fund ; Projects already developed (capabilities equal to mental model) seek a fund, to be evaluated as  
an investment opportunity  
to project_seeks_capability_development ; projects not already developed seek budget to pay for capability  
development  
to project_seeks_allies ; link some projects with allies  
to project_requests_budget_to_rdm0 ; prioritize and defines order of PROJECTS to request budget to his RDMO,  
according to switch variable at interface.  
to a_project_executes_budget_request_to_rdm0 ; after project_requests_budget_to_rdm0 defines priorities to request for  
budgets, each PROJECT makes the request, at his turn.  
to projects_develop_capability ; projects use budget to invest in developing capabilities  
to placeandsize_projects ; locate projects in simulation world  
to count_evaluations_projects ; count how many projects were evaluated by fund, to show behavior statistics  
to project_surpassVoD ; mark funded project with "flag" icon, meaning a VoD surpass  
to projects_learn_MentalModel ; projects rejected learn, from FUND Mental Model as a gap reference.  
to projects_obsolete_mark ; if obsolescence is ON at interface, finds and marks projects which reach obsolescence  
period  
*** End PROJECTS procedures
```

```
*** ALLIES procedures  
to walk_allies ; random walk at right-gray strip
```

```

to ally_draw_on_capabilities      ; ally transfer capabilities to linked project
;*** End ALLIES procedures

;*** FUNDS procedures
to assess_fund_tech&market_mmodel ; defines X and Y coordinates, lo place fund in simulation world
to placeandsize_funds ; place fund at simulation world
to fund_evaluates_projects ; fund evaluates project capabilities, to find if capabilities fill fund`s mental model. If TRUE,
    fund decides to invest
to fund_invests ; fund invests in a selected project, sending it to NPD phase (outside VoD)
to remove_funds_links ; at the end of every tick, clears prior links between projects and funds
;*** End FUNDS procedures

;*** RDMOS procedures
to restart_rdmoss_budget ; every tick, RDMO receives total R&D budget and divides it in two (RDFund and FundDemo)
to insert_new_projects ; if new projects option is ON at interface, new projects born along the simulation
;*** End RDMOS procedures

;*** Observer procedures
to test ; used to test experimental procedures. Linked to an interface button
to tie_project_and_ally ; Provisionally random. Should be more directed by strategy of PROJECT. F.i.: seek for an ALLY
    with strength in weaker capability of PROJECT
to calculate_indicators ; when every tick`s end, indicators are calculated, to feed interface graphics, and simulation
    outputs, to CSV file
;*** End Observer procedures

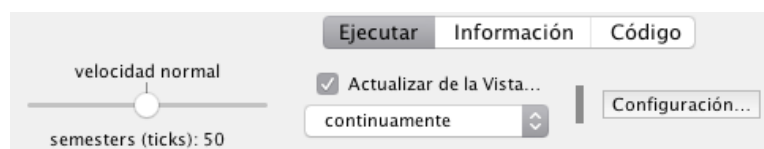
```

Instructivo para manejo de interfaz del modelo de agentes

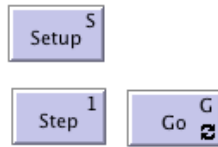
El *software* del modelo de agentes, explicado bajo el protocolo ODD, fue desarrollado en NetLogo versión 6.1.1, del *Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling*, de la Northwestern University (sitio web <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>). La interfaz de usuario se configuró en idioma español.

Cómo ejecutar el modelo

El archivo que contiene el modelo de agentes debe ser cargado sobre NetLogo en versión 6.1.1 o superior. Tras cargarlo, se selecciona la pestaña **ejecutar** (ver gráfica a continuación):



En la ventana de ejecución se encuentran tres botones que permiten iniciar la ejecución del modelo y correrlo:



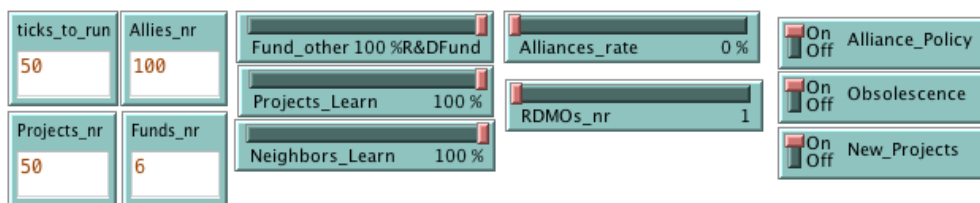
Hay dos formas de correr el modelo: paso a paso, o ejecución continua.

Antes de la ejecución, se debe iniciar siempre por el reinicio de todo el modelo, haciendo clic en el botón **Setup** o utilizando la tecla S. Así se ponen todas las variables de estado en condiciones iniciales. Tras lo anterior, se puede correr el modelo bajo dos opciones:

- De forma continua, para lo cual, se hace clic sobre el botón **Go** o se utiliza la tecla G. En este caso la velocidad de ejecución deberá ser controlada con el deslizador que se encuentra en la parte superior de la interfaz. A velocidades más lentas (deslizador a la izquierda), se tarda más la ejecución de cada acción en la ejecución del modelo, lo cual permite observar mejor lo que está sucediendo. En cambio, si el deslizador está a la derecha, la ejecución será más rápida y se podrán obtener de forma casi inmediata los resultados de la corrida del modelo, pero a cambio de ello, no se podrá visualizar el detalle de lo que sucede durante la ejecución. Dependiendo de si se quieren ver los resultados globales, o lo que ocurre paso por paso, se debe variar el deslizador de velocidad para obtener el ritmo de ejecución que se adecue a lo que se quiere observar.
- La otra forma de ejecutar el modelo es utilizando el botón **Step**, después de haber inicializado el sistema. En esta modalidad, cada que se presiona el botón **Step**, el modelo avanzará un periodo de tiempo o *tick*, correspondiente en este caso a un semestre. Esto permite visualizar lo que sucede en cada uno de los pasos y ver con cortes de tiempo correspondientes a un periodo, la evolución en el comportamiento del modelo.

En todo caso ambos botones pueden ser de utilidad, dependiendo del tipo de análisis que se quiera realizar en el modelo. Incluso se puede ejecutar paso a paso una cantidad determinada de periodos, y luego pasar a ejecutar de forma continua, hasta completar el ciclo de ejecución.

Cómo parametrizar el modelo, previo a ejecución



En la esquina superior izquierda de la interfaz de ejecución, se localiza una serie de dispositivos o *widgets*, con los cuales se pueden definir los parámetros bajo los cuales se ejecutará el modelo. Estos *widgets* incluyen los siguientes parámetros:

Ticks_to_run - define la cantidad de ciclos o *ticks* que serán ejecutadas por el modelo. Para este modelo, cada *tick* corresponde a un semestre.

Luego viene un conjunto de diálogos, que definirán la población de tres tipos de agentes que interactúan en el modelo:

Projects_nr - define la población total de proyectos que corren en el modelo.

Allies_nr - cantidad de aliados en total. De esta población de aliados, eventualmente se vincularán a algunos de ellos con proyectos para desarrollar actividades de innovación bajo colaboración.

Funds_nr - población de financiadores que correrán en el modelo.

También se puede parametrizar la cantidad de oficinas de gestión de I+D (*Research & Development Management Offices* - RDMOs), que en el modelo se podrán seleccionar entre una y cuatro RDMOs. Para ello se utiliza el selector marcado **RDMOs_nr**.

Además de la cantidad de agentes, también se parametrizan algunas variables que regulan decisiones e interacciones de los agentes durante los ciclos de ejecución y que corresponden a:

Un selector denominado **Fund_other**, que determina cual es el porcentaje de los presupuestos administrados por los RDMOs, serán dedicados a actividades diferentes a I+D. El selector permite asignar un valor entre 0% y 100%, y a partir de él, se distribuye presupuesto para I+D y otras actividades de innovación, así:

- Cada RDMOs inicia cada semestre con un presupuesto total fijo que se divide en dos rubros: presupuesto para I+D (con el cual se financian actividades que incrementan una dimensión de capacidad, denomina *Knowhow*), y presupuesto para otras actividades (que incrementan las dimensiones de capacidad diferentes a *Knowhow*). Se cumple a condición:

$$\text{Presupuesto}_{\text{Total}} = \text{Presupuesto}_{\text{I+D}} + \text{Presupuesto}_{\text{Otras}}$$

- Dado que los RDMOs son universitarios, y en las universidades es normal que haya mayores esfuerzos para I+D que para otras actividades de innovación, se asume que el valor de $\text{Presupuesto}_{\text{I+D}}$ es mayor o igual a $\text{Presupuesto}_{\text{Otras}}$. La relación de proporción entre estos dos presupuestos se regula mediante el selector *Fund_other* (que es un valor porcentual), así:

$$\text{Presupuesto}_{\text{Otras}} = \text{Presupuesto}_{\text{I+D}} * (\text{Fund_Other} / 100)$$

- Combinando las ecuaciones anteriores, se obtienen fórmulas que determinan el valor de los dos presupuestos (I+D y otras), a partir del $\text{Presupuesto}_{\text{Total}}$ y del valor definido por el usuario en el selector *Fund_other*.

$$\text{Presupuesto}_{\text{I+D}} = \frac{\text{Presupuesto}_{\text{Total}}}{1 + \text{Fund_other} / 100}$$

$$\text{Presupuesto}_{\text{Otras}} = \text{Presupuesto}_{\text{Total}} * \frac{\frac{\text{Fund_other}}{100}}{1 + \frac{\text{Fund_other}}{100}}$$

- Dado que el valor de *Fund_other* está entre 0% y 100%, la distribución será igual entre $\text{Presupuesto}_{\text{I+D}}$ y $\text{Presupuesto}_{\text{Otras}}$ cuando el selector esté en 100% (cada uno recibirá el 50% del presupuesto total). Cuando el selector esté en 0%, todo el presupuesto se asignará para I+D y $\text{Presupuesto}_{\text{Otras}}$ será cero.

Aparecen dos selectores que determinan la tasa de aprendizaje que tienen los proyectos a medida que interactúan con los fondos de financiación. El deslizador **Projects_Learn** determina el nivel de aprendizaje que podrá tener un proyecto tras haber sido sometido a una evaluación de un financiador y haber sido rechazado. El valor, definido entre 0% y 100%, define qué tanto del modelo mental del financiador fue asimilado y retroalimentado por parte del proyecto para fines de aprendizaje, lo que se reflejará en cambios en su propio modelo mental.

El segundo selector es el aprendizaje de proyectos vecinos (**Neighbors-Learn**). Después que el proyecto que se relacionó con el financiador enriquece su modelo mental, se da una interacción entre este y otros proyectos de la misma RDMOs.

Esta interacción entre proyectos genera externalidades de aprendizaje. El selector **Neighbors-Learn** determina qué tanto de lo aprendido por el proyecto que interactuó con los financiadores es retransmitido a un proyecto vecino.

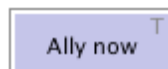
El selector **Alliances_rate** determina qué porcentaje del total de proyectos buscará una alianza. Cabe aclarar que, al generar estas alianzas, dependerá además de que el número de aliados en el modelo sea igual o mayor a la cantidad de proyectos que hagan búsqueda de esas alianzas.

También hay un grupo de interruptores **On/Off**:

- **Alliance_Policy**: cuando está en posición *On*, hace que los RDMOs asignen presupuesto con prioridad sobre los proyectos que tengan alianzas. Cuando el interruptor está en posición *Off*, no aplicará esta política de priorización, y las probabilidades de que un proyecto sea financiado serán iguales, independiente de si está o no bajo alianza.
- **Obsolescence**: Cuando está en posición *On*, activa un proceso que hace que los proyectos vayan entrando en obsolescencia, bajo una distribución normal de probabilidad del semestre en el que se entra en dicha obsolescencia. Cuando esto sucede, los proyectos dejan de recibir recursos, y son descartados por los financiadores. Cuando el selector está en posición *Off*, los proyectos nunca entran en obsolescencia. Se recomienda dejar el selector en *On*, para una simulación más realista.
- **New Projects**: cuando está en posición *On*, incorpora en el modelo nuevos proyectos durante el tiempo de ejecución. Con ello se mantiene una competencia por recursos entre los proyectos, para poder desarrollar sus capacidades. Cuando este interruptor está en posición *Off*, el modelo sólo corre con los proyectos iniciales (incorporados durante el *setup*), pero no se da una entrada continua de nuevos proyectos. Así, al avanzar en el periodo de ejecución, los proyectos tendrán que competir menos por los recursos, pues los que ya hayan desarrollado todas sus capacidades, los que hayan superado el VM y los que entren en obsolescencia, dejarán de demandar recursos, llegando a una situación donde los proyectos demandan menos recursos que el presupuesto que queda disponible, lo cual es una situación no real, donde los proyectos ya no compiten por recursos. Se recomienda mantener este selector en posición *On*.

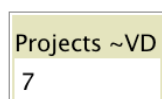
Qué interacciones pueden hacerse durante la ejecución

Sin bien se establecen alianzas de forma automática controlado con el deslizador **Alliances_rate**, también se pueden ejecutar manualmente alianzas entre proyectos y aliados, en cualquier paso de la ejecución. Para ello, se debe hacer clic sobre el botón **Ally now**: cada que se presione este botón, se iniciará un proceso de alianza entre uno de los agentes tipo aliado y uno de los proyectos. Así, el número total de aliados en cada ejecución del modelo será la suma de las alianzas creadas automáticamente en función del deslizador **Alliances_rate**, más la cantidad de veces que se pulse sobre el botón **Ally now**.



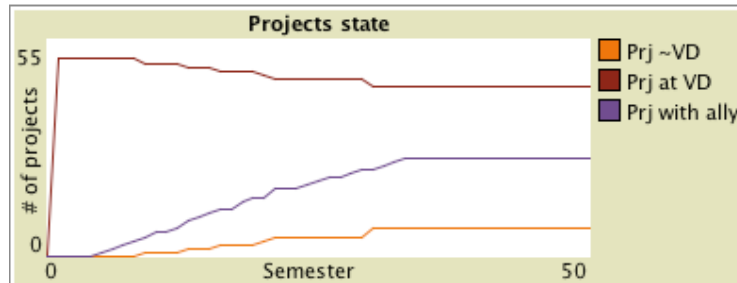
Qué resultados se presentan

En la parte superior central de la interfaz de salida hay un recuadro en el que se presenta el conteo de cantidad de proyectos que han superado el VM, y que corresponden a la variable principal de salida del modelo. Se presenta el recuadro de diálogo con el título **Projects ~VD**.

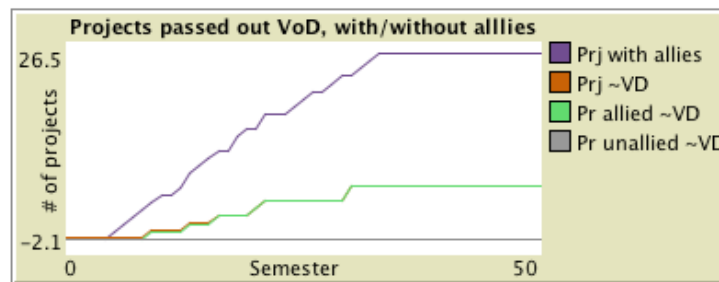


También se presenta un grupo de gráficas que muestran el estado del modelo y su evolución en el tiempo: la gráfica **Projects State**, presenta cómo evolucionaron los proyectos en torno al VM. Aparecen representadas en la gráfica una

curva correspondiente a la cantidad de proyectos que superaron el VM (*Prj ~VD*), al final de cada semestre de ejecución del modelo. De forma complementaria, se presenta una curva con el total de proyectos que permanecen en el VM al final de cada semestre (*Prj at VD*) y una tercera curva presenta la cantidad de proyectos que han establecido una alianza al final de cada uno de los semestres, esta última curva corresponde a *Prj with ally*.

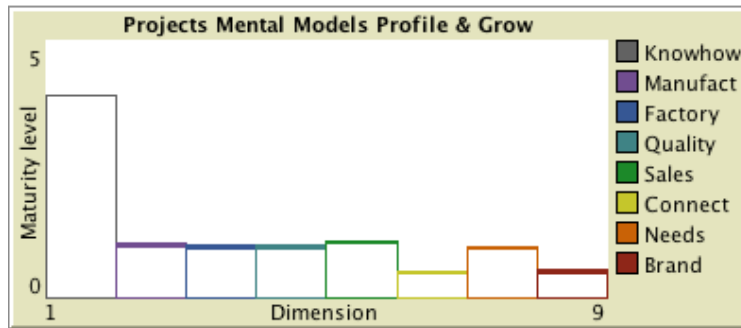


La gráfica anterior es complementada con una de detalle, que representa los proyectos que superaron el VM sea con o sin aliados, en esta gráfica se repiten las curvas *Prj with ally* y *Prj ~VD*. Y adicionalmente se representa, de los proyectos que superaron el VM, cuáles de ellos presentan alianzas (*Pr allied ~VD*) y cuáles no (*Pr unallied ~VD*).



La tercera gráfica representa las dimensiones del modelo mental promedio de los proyectos, calculado mediante promedio entre el conjunto de proyectos en el modelo, y calculado para cada una de las dimensiones del modelo mental. Dado que son ocho dimensiones del modelo mental, la gráfica representa ocho barras, cada una de ellas rotulada con el nombre de la dimensión correspondiente, y tiene valores entre 0 y 5, que es la escala que se estableció para medir el modelo mental para cada dimensión.

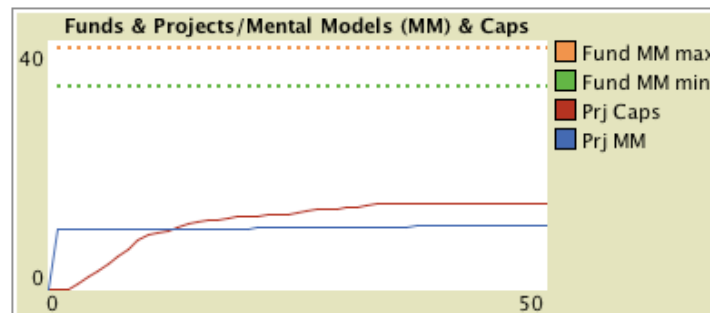
Cuando inicia la ejecución, se podrá ver que predomina en el modelo mental la primera dimensión (*Knowhow*), pero a medida que se avanza en la ejecución del modelo, hay un aprendizaje en cada una de las dimensiones y que implica enriquecimiento de los modelos mentales. Esto se ve representado mediante una superposición de barras, de modo que se puede identificar el crecimiento de los valores calculados del modelo mental en cada dimensión, consecuencia del aprendizaje. Al finalizar la ejecución puede reconocerse qué tanto creció cada una de las dimensiones en el modelo mental promedio de los proyectos.



La cuarta gráfica es complementaria a la anterior, y parte del hecho de que las ocho dimensiones de los modelos mentales tienen valores que han sido estandarizados entre 0 y 5, lo cual significa que, si se suman los valores de las ocho dimensiones para cada proyecto, se obtendrá un valor de representación del modelo mental total en una escala entre 0 y 40. La gráfica *Funds & Projects /Mental Models (MM) & Caps*, presenta varios elementos:

- El valor representativo del modelo mental de los proyectos, correspondiente a la curva *Prj MM*.
- El valor representativo de las capacidades que son construidas en los proyectos a partir de los modelos mentales (*Prj Cap*), en la misma escala entre 0 y 40.
- Valores representativos de modelo mental para los financiadores, presentando el valor de modelo mental máximo (el financiador con el perfil de inversión más exigente) y mínimo (financiador con el perfil de inversión menos exigente). La gráfica incluye dos líneas punteadas (*Fund MM max* y *Fund MM min*) que conforman la banda en la cual están los valores de modelos mentales del conjunto de financiadores. Estos valores están en la escala entre 0 y 40.

A lo largo de la ejecución del modelo, los modelos mentales de los fondos de financiación permanecen fijos, por eso las líneas punteadas correspondientes serán horizontales, mientras que los proyectos son susceptibles de modificar los modelos mentales como consecuencia del aprendizaje, así como de desarrollar sus capacidades. Por esto las líneas *Prj Caps* y *Prj MM*, en general varían en el tiempo y tenderán a acercarse a las líneas correspondientes a los fondos.

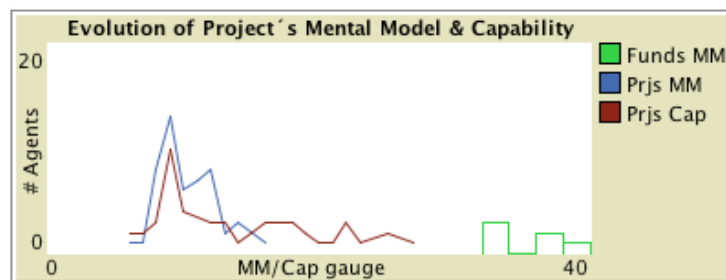


La quinta gráfica es un histograma compuesto que representa cómo evolucionan tanto los modelos mentales como las capacidades de los proyectos, y qué tanto se acercan a los modelos mentales de los fondos. También usa los valores representativos de capacidad y de modelo mental (en escala entre 0 y 40), pero en esta gráfica se consideran los valores de cada uno de los proyectos, para componer un histograma de distribución de dichos valores.

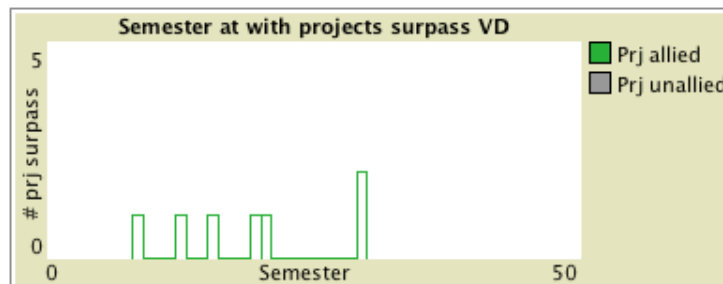
- La curva *Prjs MM* muestra cómo se distribuyen los modelos mentales de los proyectos, considerando sus valores representativos en el rango entre 0 y 40. Al final de cada semestre mostrará cuántos proyectos tienen un valor de 0 representativo de su modelo mental, cuántos tienen un valor de 1, cuántos de 2, etc, hasta llegar a 40. Con ello se forma un histograma de frecuencia de distribución de estos valores representativos del modelo mental. A medida que se avanza de un semestre a otro, si los proyectos están aprendiendo, sus modelos mentales irán

incrementándose y por lo tanto los valores representativos también tenderán a aumentar, por ese motivo, es de esperar que la curva de este histograma vaya desplazándose hacia la derecha a medida que se avanza en la ejecución.

- Un segundo histograma muestra la distribución del valor representativo de capacidades de los proyectos, en un rango entre 0 y 40. De nuevo las capacidades tienden a incrementarse a medida que se avanza en la ejecución, como consecuencia del desarrollo interno o del aprovechamiento de alianzas, por lo cual la curva de histograma también tenderá a moverse hacia la derecha.
- Por último, se presenta un histograma de barras en el lado derecho de la gráfica, que corresponden a la distribución de los valores representativos de los modelos mentales de los fondos de inversión. Estos valores se pueden entender como una referencia, y es de esperar que a medida que el histograma que representa las capacidades se vaya acercando a las barras de los fondos, aumente la probabilidad de que el financiador vea favorablemente los proyectos y decida invertir en ellos.



La última gráfica también es un histograma que representa los proyectos que lograron recibir financiación y superar el VM en un semestre determinado. Para ello se usa una variable de cada proyecto, que registra en qué semestre exacto se recibe financiación por parte de los inversionistas. Así, esta gráfica final presenta cuántos proyectos superaron el VM en cada semestre.



Anexo 8: Instrumentos para captura de capacidades y modelos mentales

- Instrumento para indagación a líderes de proyectos: Capacidades y modelos mentales

Nombre del entrevistado		
Caso		Fecha

Instrucciones:

- El formulario es diligenciado a través de entrevista entre el líder del proyecto y el estudiante responsable del proyecto de doctorado. El estudiante asiste al líder del proyecto, para asegurarse de que comprende qué es cada campo, y como debe diligenciarlo.
- Se revisan ocho dimensiones de capacidad, una por una.
- Primera pregunta (para cada capacidad): **Modelo mental**- el líder del proyecto califica el nivel de desarrollo que considera que se debería alcanzar en la capacidad, para que el proyecto sea evaluado favorablemente por un inversionista. Es decir, para que el inversionista lo considere una oportunidad de negocio suficientemente madura, y considere invertir en su finalización.
- Segunda pregunta (para cada capacidad): **Capacidad actual**- el líder del proyecto califica el nivel de desarrollo que tiene actualmente la capacidad.
- Tercera pregunta (para cada capacidad): **Capacidad aportada por aliado**- en caso que el proyecto tenga al menos un aliado, el líder del proyecto califica el nivel de desarrollo de la capacidad, que es logrado gracias a la participación de aliados.
- Para las tres preguntas, se usa como referente el modelo de ciclo de vida de capacidades de Helfat y Peteraf (2003). Antes de iniciar la calificación, se les explica a los líderes dicho ciclo, y como se aplica en las escalas de calificación.
- Para calificar cada pregunta, se marca una X en la casilla correspondiente al nivel que se considera adecuado, para la capacidad o para su modelo mental asociado.

Dimensiones de capacidad de innovación (Danneels, 2002)			Nulo 0%	En fun- dación 5%	En desarrollo																	Desarro- llado 100%
			10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%	
Tecnológicas	Capacidad de diseño e ingeniería (know-how)	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				
	Capacidad de manufactura	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				
De mercado	Capacidad de usar planta y equipo	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				
	Capacidad de asegurar la calidad	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				
	Capacidad de acceder a canales de ventas y distribución	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				
	Capacidad de acceder a canales de comunicación con clientes	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				
	Capacidad de entender necesidades y procesos del consumidor	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				
	Capacidad de gestionar marca y reputación	1. Modelo mental																				
		2. Capacidad actual																				
		3. Capacidad aportada por aliado																				

Anexo 9: Divulgación

Se efectuaron actividades que incluyeron ponencias en eventos académicos relacionados con gestión de innovación, así como con sistemas. También se hicieron publicaciones. También se dirigieron proyectos de tesis de maestría.

Ponencias

Ponencia #1

Nombre: Sensitivity Analysis for Descriptive Model of the Valley of Death", in portfolios of R & D projects.

Evento: XIV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas (ECDS-2016).

Año: 2016

Ponencia #2

Nombre: System Archetypes: an insight toolkit to explore R&D's Valley of Death.

Evento: XIV Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas (ECDS-2016).

Año: 2016

Ponencia #3

Nombre: Exploring Innovation's Valley of Death: a sociocybernetics perspective.

Evento: RC51-14th International Conference of Sociocybernetics

Año: 2017

Ponencia #4

Nombre: Modelos mentales organizacionales como generadores de barreras a la innovación en el valle de la muerte.

Evento: XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica-ALTEC 2019.

Año: 2019

Ponencia #5

Nombre: Mapeo y caracterización de la biotecnología en Medellín y Bogotá.

Evento: XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica-ALTEC 2019.

Año: 2019

Ponencia #6-foro doctoral

Nombre: El Valle de la Muerte: Una perspectiva sistémica.

Evento: Foro doctoral del XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica-ALTEC 2019.

Año: 2019

Publicaciones

Artículo #1

Factores involucrados en el valle de la muerte de la I+D+i: aproximación de casos polares.

Estado: Publicado en Revista EAN, 90. Junio de 2021.

En <https://doi.org/10.21158/01208160.n90.2021.2980>

Resumen

Como «valle de la muerte» (VM) se denomina a una brecha que dificulta la finalización exitosa de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), impidiendo su entrada en fases de desarrollo de nuevos productos, puesta en operación y comercialización. Este artículo tiene como objetivo analizar los factores que inciden en el VM en un grupo de proyectos de I+D+i, de diversas instituciones de educación superior ubicadas en el Valle de Aburrá, Colombia. Dada la complejidad que implica el estudio del VM en el ámbito de los proyectos de I+D+i, se realizó un estudio de casos polares, pues este proporciona información acerca del VM en proyectos específicos, para luego plantear recomendaciones al fenómeno en general. El análisis se realizó desde un enfoque cualitativo, de carácter inductivo y fenomenológico, en el que se estudiaron seis factores involucrados en la formación del VM: equipo humano, competencias y roles, conocimiento de las dimensiones, trabajo en red, financiación y percepción del riesgo, instituciones y modelos mentales. Se evidenció que en los proyectos que aún no han superado el VM se encuentran dificultades institucionales—reglas de juego—y de modelos mentales—representaciones de lo que se debe hacer—, así como debilidad en la construcción de redes de trabajo. En los proyectos que sí superaron el VM predominan como resueltos los factores relacionados con formación de capacidades del talento humano, alianzas y conocimiento de las dimensiones.

Palabras clave:

Valle de la muerte; investigación, desarrollo e innovación; proyectos de I+D+i; modelos mentales; procesos de innovación; instituciones de educación superior.

Artículo #2

Factores que dificultan el éxito de innovaciones tecnológicas.

Estado: Publicado en Revista CEA - Ciencias Económicas y Administrativas. Instituto Tecnológico Metropolitano. Septiembre de 2021. En <https://doi.org/10.22430/24223182.1926>

Resumen

El término Valle de la Muerte (VM) es una metáfora utilizada para describir una etapa de vacío o cuello de botella que experimentan los proyectos de innovación tecnológica después de las fases de investigación y desarrollo (I+D), y antes del desarrollo de nuevos productos y su lanzamiento al mercado. Este artículo estudia los factores involucrados en el VM de manera que ayude en la definición de estrategias para superar esta brecha y aumentar las probabilidades de éxito de la innovación. Se realizó una exploración de un conjunto de factores y las relaciones causales, a partir de entrevistas y revisión de información secundaria de 9 intermediarios de innovación ubicados en Medellín (Colombia), encargados de gestionar el VM para acelerar los proyectos de innovación tecnológica hasta las etapas previas a la explotación comercial. Entre los hallazgos más relevantes se encuentra que los intermediarios de innovación en empresas, universidades y programas de apoyo estuvieron de acuerdo sobre los factores que más inciden en la aparición del VM son la falta de competencias del talento humano/roles mal distribuidos, ceguera en las dimensiones y la debilidad en el trabajo en red. Así mismo se concluye que el análisis de los factores generadores del VM requiere de una visión sistémica y compleja de forma que se puedan tener en cuenta las distintas interacciones que se establecen entre estos.

Palabras clave:

Valle de la muerte, barreras a la innovación, innovación tecnológica, I+D.

Artículo #3

Modelos mentales organizacionales como generadores de barreras a la innovación en el valle de la muerte. Artículo de ponencia en ALTEC 2019.

Estado: Publicado en Revista Debates Sobre Innovación, vol 3 No 1. Universidad Autónoma Metropolitana. México, diciembre de 2019. ISSN 2594-0937.

En <https://economiaeinovacionuamx.org/revista/secciones/articulos/7>

Resumen

El Valle de la Muerte ocurre cuando proyectos de innovación que han finalizado el proceso de I+D fallan en el intento de avanzar hacia fases de desarrollo de producto y comercialización. Este fenómeno se evidencia especialmente en innovaciones radicales. Los modelos mentales pueden ser un factor que contribuye a este comportamiento. Para entender de forma práctica la relación entre modelos mentales y formación del valle de la muerte, y formular hipótesis sobre modelos mentales dentro de la organización, se realizó una revisión de los procesos de I+D+i, mediante aproximación de casos, en dos entidades de educación superior de Medellín. Se encontró que las dos entidades manifiestan una alta concentración de esfuerzos en investigación, pero baja concentración de recursos y capacidades dedicadas a transferencia de tecnología, lo cual puede ser un indicio de modelos mentales arraigados. Se plantea que las entidades estudiadas tienen un modelo mental orientado al

empuje tecnológico, aumentando la probabilidad de que los proyectos de I+D+i permanezcan en el valle de la muerte.

Palabras clave

Modelos mentales, barreras a la innovación, **valle de la muerte**, recursos y capacidades, modelos de sistemas.

Artículo #4

Mapeo y caracterización de la biotecnología en Medellín-Antioquia y Bogotá-Cundinamarca. Artículo de ponencia en ALTEC 2019.

Estado: Publicado en Revista Debates Sobre Innovación, vol. 3 No 2. Universidad Autónoma Metropolitana. México, diciembre de 2019. ISSN 2594-0937.

En <https://economiaeinovacionuamx.org/revista/secciones/articulos/8>

Resumen

Se presentan los resultados del mapeo y caracterización de la biotecnología en las ciudades de Medellín y Bogotá, las dos primeras comunidades científicas de Colombia, con aplicaciones en los sectores agrícola, salud, farmacéutico, alimentos y cosméticos. Se identificaron las biotecnologías desarrolladas por los principales grupos y centros de investigación, así como por empresas desarrolladoras y usuarias, para entender la situación, aplicaciones más frecuentes, nivel de madurez de las tecnologías, tiempos de salida al mercado y requerimientos de financiación; como información clave que permita diseñar estrategias, programas a la medida y retroalimentar a los hacedores de política, inversionistas y entidades de fomento a la innovación y desarrollo empresarial, permitiendo así el desarrollo de la bioeconomía nacional.

En el marco del estudio realizado se definen empresas usuarias y desarrolladoras de biotecnología. Las empresas usuarias se definen como aquellas con intereses en biotecnología para emplearla en sus procesos y productos o es una línea de negocio secundaria. Las empresas desarrolladoras son aquellas de base biotecnológica que realizan actividades en I+D+i o inversiones productivas en biotecnología y que dirigen a este ámbito tecnológico la mayor parte de su negocio. En este grupo de empresas se enmarcan principalmente las llamadas Startup y las Spin-off en biotecnología.

Para el mapeo, se convocaron empresas y grupos de investigación donde a través de talleres y entrevistas directas en ambas ciudades, se identificaron en Medellín 125 iniciativas, 82 de resultados de investigación y 43 de empresas usuarias y desarrolladoras. En Bogotá se identificaron 121 iniciativas, 74 de resultados de investigación y 47 de empresas usuarias y desarrolladoras.

Este trabajo resume hallazgos del mapeo y hace un comparativo entre los resultados obtenidos en ambas ciudades.

Palabras clave

Biotecnología, generadores de conocimiento, mapeo biotecnológico, bioeconomía, **valle de la muerte**.

Tesis de maestría dirigidas

Trabajo de grado #1

- Programa académico: Maestría en Gestión Tecnológica
- Universidad: UPB
- Estudiante dirigida: Elizabeth Jiménez Medina
- Nombre trabajo de grado: Factores que inciden en el Valle de la Muerte en proyectos de I+D+i en Medellín y su Área Metropolitana.
- Fecha de presentación: Mayo de 2018.
- Estado: Aprobada, estudiante graduada.

Trabajo de grado #2

- Programa académico: Maestría en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento
- Universidad: EAFIT
- Estudiantes dirigidos: Sebastián Ruiz Montes, David Arango Gaviria
- Nombre trabajo de grado: Contribución de las prácticas de innovación abierta a la superación del Valle de la Muerte, en proyectos de innovación, de Medellín – caso de estudio
- Fecha de presentación: Noviembre de 2019.
- Estado: Aprobada, estudiantes graduados

Trabajo de grado #3

- Programa académico: Maestría en Gestión Tecnológica
- Universidad: UPB

Estudiante dirigida: Sonia Zuluaga Yepes

- Nombre trabajo de grado: Buenas prácticas en la fase difusa (Fuzzy Front-End) del proceso de I+D+i para productos de la industria 4.0 de Medellín
- Estado: En desarrollo. Propuesta aprobada en junio de 2021.