

Sistema de medición y evaluación de las capacidades tecnológicas para la innovación de un sistema regional de innovación de la industria aeroespacial en Antioquia

DOUGLAS ALEJANDRO MADRIGAL BENÍTEZ



ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

MEDELLÍN

2023~~2~~

Sistema de medición y evaluación de las capacidades tecnológicas para la innovación de un sistema regional de innovación de la industria aeroespacial en Antioquia

DOUGLAS ALEJANDRO MADRIGAL BENÍTEZ

Trabajo de grado para optar al título de
Magister en Gestión Tecnológica

Asesor

PhD. SANTIAGO QUINTERO RAMÍREZ

Docente Titular e Investigador- Grupo de Investigación y Posgrados de Gestión de la Tecnología y la Innovación



ESCUELA DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POSGRADOS EN GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN
MEDELLÍN

202~~3~~²

~~Diciembre~~ Febrero 2023~~2~~

Douglas Alejandro Madrigal Benítez

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en esta o en cualquiera otra universidad”. Art. 92, párrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma

Douglas A Madrigal B

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios que me brindó: salud, capacidades y voluntad para hacer este sueño realidad.

A mis familiares y amigos en quien siempre encontré apoyo incondicional, ellos me acompañaron cuando tuvieron oportunidad durante las largas jornadas y aceptaron con resiliencia mi ausencia para poder finalizar este reto.

A mi asesor Santiago Quintero Ramírez y el profesor Jhon Fredy Escobar, quienes fueron pacientes y generosos al brindarme sus conocimientos para llevar a cabo esta investigación.

Y, por último, pero no menos importante, a la Universidad Pontificia Bolivariana y su excelente equipo docente, a quienes agradezco su aporte en mi formación integral como persona.

Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Capítulo 1	13
Marco teórico.....	13
1.1 De los sistemas regionales de innovación (SRIs).....	13
1.1.1 Agentes que hacen parte de un SRI	14
1.2 De las capacidades tecnológicas para la innovación (CTI)	16
1.3 De las CTI en SRI	17
Estado del arte	19
1.4 De la medición de las CTI	19
1.5 De las variables para medir capacidades tecnológicas para la innovación.....	21
Capítulo 2	40
Planteamiento de la investigación	40
2.1 Problema de investigación	40
2.2 Hipótesis.....	40
2.3 Objetivos	40
2.3.1 Objetivo General	40
2.3.2 Objetivos Específicos.....	41
2.4 Metodología de la investigación	41
2.4.1 Clasificación de la investigación	41
Capítulo 3	43
Resultados.....	43

3.1	Selección de variables y definición de escala de medición	43
3.2	Obtención de datos de firmas del SRI de la industria aeroespacial en Antioquia	65
3.3	Validación de la consistencia y fiabilidad del sistema de medición	65
3.4	Modelo de Ecuaciones Estructurales de Mínimos Cuadrados Parciales - PLS SEM	67
3.5	Resultados a partir de la información obtenida de los empresarios	68
3.5.1	Capacidad de Investigación.....	68
3.5.2	Capacidad de Desarrollo.	71
3.5.3	Capacidad de Difusión.....	72
3.5.4	Capacidad de Vinculación.	74
3.5.5	Capacidad de Apropiación.....	76
3.5.6	Capacidad de Mercado.....	78
3.6	Presentación del nivel de madurez de las capacidades	81
Capítulo 4	83
4.1	Conclusiones.....	83
4.2	Recomendaciones	84
Anexos.....	8685
Bibliografía	9493

Lista de tablas

Tabla 1.: Métodos más relevantes para medir y evaluar CTI	19
Tabla 2.: Variables para medir CTI	22
Tabla 3.: Número de variables de las CTI asociadas al Modelo de Congruencia Sistémica.	43
Tabla 4.: Variables seleccionadas y valor en escala de Likert.....	44
Tabla 5.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad investigación (criterio de calidad). 70	
Tabla 6.: Número de variables resultantes para la capacidad de investigación.....	70
Tabla 7.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad desarrollo (criterio de calidad).	72
Tabla 8.: Número de variables finales para la capacidad de desarrollo	72
Tabla 9.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad difusión (criterio de calidad).....	73
Tabla 10.: Número de variables finales para la capacidad de difusión	74
Tabla 11.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad vinculación (criterio de calidad). 75	
Tabla 12.: Número de variables finales para la capacidad de vinculación	76
Tabla 13.: Resultado R-cuadrado ajustado para capacidad apropiación (criterio de calidad). ...	78
Tabla 14.: Número de variables finales para la capacidad de apropiación	78
Tabla 15.: Resultado R-cuadrado ajustado para capacidad de mercado (criterio de calidad). ...	80
Tabla 16.: Número de variables finales para la capacidad de mercado.	80
Tabla 17.: Número de variables según las capacidades luego de aplicar PLS-SEM.	80

Lista de figuras

Figura 1.: Clasificación de las variables según sus autores.....	37
Figura 2.: Clasificación de las variables según capacidad	38
Figura 3.: Clasificación de las variables según modelo de congruencia	38
Figura 4.: Comparativo de las variables a partir de las capacidades/dimensiones definidas	39
Figura 5.: Fases para la realización del Sistema de medición y evaluación (SME)	42
Figura 6.: Composición reflectiva entre capacidad, dimensiones y sus variables.....	67
Figura 7.: Composición formativa de las capacidades consigo misma.....	68
Figura 8.: Composición capacidad de Investigación y resultados del modelo PLS-SEM.	69
Figura 9.: Resultado final de coeficientes de Path.....	69
Figura 10.: Composición capacidad de Desarrollo y resultados del modelo PLS-SEM.	71
Figura 11.: Resultado final de coeficientes de Path.....	71
Figura 12.: Composición capacidad de Difusión y resultados del modelo PLS-SEM.	73
Figura 13.: Resultado final de coeficientes de Path.....	73
Figura 14.: Composición capacidad de Vinculación y resultados del modelo PLS-SEM.	74
Figura 15.: Resultado final de coeficientes de Path.....	75
Figura 16.: Composición capacidad de Apropriación y resultados del modelo PLS-SEM.	76
Figura 17.: Resultado final de coeficientes de Path.....	77
Figura 18.: Composición capacidad de Mercado y resultados del modelo PLS-SEM.	78
Figura 19.: Resultado final de coeficientes de Path.....	79
Figura 20.: Resultados para Empresario 11 (Tipo de agente: Explorador)	81
Figura 21.: Resultados para Empresario 11 (Tipo de agente: Intermediario y explotador)	82
Figura 22.: Resultados para Empresario 15 (Tipo de agente: Intermediario)	82

Lista de Anexos

Tabla A1.: Listado de variables y nomenclatura correspondiente para la elaboración de constructos.....	8685
Tabla A2.: Datos obtenidos de los empresarios del clúster para cada variable.....	9392

Resumen

Las capacidades tecnológicas para la innovación en una organización son fundamentales para el desarrollo de nuevos conocimientos en dominios tecnológicos específicos, para la creación de nuevos mercados y oportunidades de innovación; que, sumados a la definición de políticas y estrategias para el desarrollo de estas capacidades, posibilitan el mejoramiento del desempeño de la industria en general.

La industria aeroespacial es una de las apuestas competitivas de Colombia y en particular el sistema regional de innovación de la industria en Antioquia, ¿cómo se podrían medir y evaluar las capacidades tecnológicas para la innovación, que permitan evaluar su desempeño y fortalecer la competitividad de los diferentes actores que la componen?

Esta investigación propone un sistema de medición y evaluación de las capacidades tecnológicas para la innovación para el fortalecimiento del sistema regional de innovación de la industria aeroespacial en Antioquia.

Inicialmente, a través de una revisión de la literatura y métodos aplicados a la industria o similares, se definen las variables del sistema que hicieron parte de una aplicación para la recolección de datos, inicialmente validados por expertos del sector y, posteriormente, habilitado a los empresarios para obtener los datos necesarios para el análisis estadístico.

Se evaluó la validez y confiabilidad del sistema de medición con los datos recopilados a través de la aplicación del alfa de Cronbach. Luego, para establecer la relación de dependencia entre las distintas variables del sistema de medición y evaluación, se construyó un Modelo de Ecuaciones Estructurales de Mínimos Cuadrados Parciales - PLS SEM que permitió examinar la solidez conceptual, teórica y procedimental del diseño.

Finalmente, se hizo un análisis correlacional para simplificar el modelo y medir la consistencia del sistema de medición y evaluación aplicado a las empresas del Clúster Aeroespacial de Antioquia, con resultados significativos para la medición y evaluación del sistema aeroespacial del país.

Palabras Clave: Capacidades tecnológicas para la innovación, Sistema regional de innovación, Industria Aeroespacial.

Abstract

Technological capabilities for innovation in an organization are essential for the development of new knowledge in specific technological domains, for the creation of new markets and innovation opportunities, which, added to the definition of policies and strategies for the development of these capacities, make it possible to improve the performance of the industry in general.

The aerospace industry is one of the competitive bets of Colombia and in particular the regional innovation system of the industry in Antioquia, how could the technological capacities for innovation be measured and evaluated, which allow evaluating their performance and strengthening the competitiveness of their different actors?

This research proposes a system of measurement and evaluation of technological capacities for innovation to strengthen the regional innovation system of the aerospace industry in Antioquia.

Initially, through a review of the literature and methods applied to the industry or similar, the system variables that were part of an application for data collection were defined, initially validated by experts in the sector and, later, enabled to the entrepreneurs to obtain the data necessary for statistical analysis.

The validity and reliability of the measurement system was evaluated with the data collected through the application of Cronbach's alpha. Then, to establish the dependency relationship between the different variables of the measurement and evaluation system, a Partial Least Squares Structural Equations Model - PLS SEM was built, which allowed examining the conceptual, theoretical, and procedural soundness of the design.

Finally, a correlational analysis was made to simplify the model and measure the consistency of the measurement and evaluation system, applied to the companies of the Antioquia Aerospace Cluster, with significant results for the measurement and evaluation of the country's aerospace system..

Keywords: Technological capabilities for innovation, Regional innovation system, Aerospace Industry.

Introducción

Las capacidades tecnológicas para la innovación (en adelante CTI) desarrollan habilidades para utilizar eficazmente los conocimientos tecnológicos y organizacionales para la innovación en las organizaciones (Hanaysha, Al-Shaikh, Joghee, & Alzoubi, 2022) y son consideradas un factor clave de ventaja competitiva, ya que las CTI facilitan y respaldan la estrategia de innovación tecnológica en la compañía (Ernst, Ganiatsos, & Mytelka, 1998) (Chen, Wang, & Huang, 2020) y hacen posible que las empresas respondan rápidamente a los cambios (Ince, Imamoglu, & Turkcan, 2016).

Actualmente, la industria aeroespacial en Colombia realiza innovaciones tecnológicas por excelencia, su transferencia tecnológica es clave como tractora de inversión extranjera directa orientada a la investigación y el desarrollo tecnológico (Salazar Ospina, 2015).

El objetivo principal de esta investigación es proponer un sistema, con su respectivo instrumento y variables, para medir y evaluar las CTI que faciliten el fortalecimiento y mejor desempeño del sector, por lo que en el capítulo uno se presentan el marco teórico y estado del arte, donde a partir del estudio de la literatura se facilita la comprensión los sistemas regionales de innovación (en adelante SRI) y sus agentes, los enfoques y definiciones de las CTI y propuestas de medición de las capacidades.

En el capítulo dos se hace la propuesta metodológica con la cual se espera abordar el problema de investigación, la hipótesis y los objetivos planteados para el desarrollo del sistema de medición.

La presentación de la propuesta preliminar del sistema se hace en el capítulo tres con su respectivo análisis de resultados, pasando por el proceso de selección de variables, la aplicación de los análisis estadísticos y consolidación de las variables resultantes para garantizar su consistencia y fiabilidad; así como la simplificación de variables que avalen su solidez conceptual, teórica y procedimental desde el diseño.

Finalmente, se presentan conclusiones y recomendaciones para estudios futuros relacionados en el capítulo cuatro.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1 De los sistemas regionales de innovación (SRIs)

Los sistemas están definidos como un complejo de elementos que interactúan entre sí y que interactúan con sus entornos y que, además, pueden adquirir propiedades nuevas a partir de dichas interacciones, por lo que están en continua evolución. (Bertalanffy, 1968).

Los SRIs se consideran sistemas complejos en los que los componentes dependen en gran medida unos de otros (Hajek, Henriques, & Hajkova, 2014) y han surgido como focos de innovación, tecnología y formación técnica, que facilitan la relación e interacción entre empresas privadas, investigadores y otros actores institucionales (Subtil de Oliveira, Soares Echeveste, Nogueira Cortimiglia, & Colini Gonçalves, 2017).

Desde la década de 1990, el concepto de las SRIs ha recibido una atención tanto de los responsables de la formulación de políticas como investigadores académicos para avanzar en la comprensión del proceso de innovación en las economías regionales (Cooke, 2002).

La literatura indica que los SRIs están conformados por dos subsistemas, el primero orientado a la generación de conocimiento que se basa en la infraestructura de apoyo regional (laboratorios de investigación públicos y privados, universidades, agencias de transferencia tecnológica, centros de formación continua); y el subsistema de explotación de conocimiento o estructura de producción regional, compuesto mayormente de empresas, especialmente de las que muestran características sistémicas (Quintero & Giraldo, El aprendizaje en los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva de la modelación basada en agentes, 2018). De acuerdo con Tödtling y Trippl (2005) y Etzkowitz y Leydesdorff (1997), sobre ambos subsistemas actuarían las organizaciones gubernamentales y las agencias de desarrollo regional, las cuales constituirían a su vez otro subsistema que cumple el rol de generador de políticas y estrategias que habiliten las dinámicas de interacción. Dichos subsistemas estarían inmersos en un marco socioeconómico y cultural común regional.

1.1.1 Agentes que hacen parte de un SRI

La transformación gradual de la economía regional ha llevado a la creación de SRIs, los cuales son un eslabón importante en la modificación de la economía (Plakhova, Zakharkina, Ilin, Bardovskii, & Pokrovskiy, 2019) y se identifican cuatro funciones centrales que parecen ser cumplidas por los intermediarios en el contexto de la innovación: actores de conexión; involucrar, comprometer y movilizar a los actores; resolver, evitar o mitigar el potencial conflictos de intereses; y estimular (activamente) el proceso de innovación (Agogué, y otros, 2017).

Los procesos de innovación y de competitividad son un asunto de territorio, dado que es el entorno donde las políticas y las acciones se definen, implementan y se pueden medir en términos de impacto (Consejo Privado de Competitividad, 2013); así como las relaciones y los vínculos entre ellos, se encuentran inmersos en un marco socioeconómico y cultural común al territorio o la región (BID, Llisterri, & Pietrobelli, 2011).

A continuación, se describen las funciones de los diferentes actores/agentes que forman un SRI.

1.1.1.1 Las instituciones exploradoras.

El marco conceptual de las SRIs refuerza la importancia de la innovación y su difusión en el sector empresarial; bajo este diseño de política, las universidades tienen un papel potencialmente fundamental que desempeñar no solo en la producción sino también en su entrega; es decir, la transferencia de conocimiento en universidades e institutos de investigación conectan a los usuarios potenciales de conocimiento con productores de conocimiento (Costa & Rodrigues, 2020) (OECD/Eurostat, 2018).

En trabajos recientes, las universidades que cuentan con oficinas para transferencia tecnológica se describen como aún más activas en el proceso de innovación porque están posicionadas dentro de un colectivo de actores que realizan actividades de coordinación de redes dentro del sistema de innovación y ya no están únicamente en el medio de la relación entre universidades y empresas (Kreiling, Serval, Peres, & Bounfour, 2019). En Colombia se integran dentro de una clasificación denominada Instituciones de educación superior, en adelante IES, que comprende las instituciones técnicas profesionales, las instituciones universitarias o escuelas tecnológicas y las universidades (Congreso de Colombia, 1992).

Un incremento en la intensidad de la colaboración entre las IES y la empresa implica grandes beneficios para ambas partes, incluyendo más apoyo para la investigación, oportunidades para la innovación, aceleración del ritmo de transferencia tecnológica, aumento en la competitividad y, finalmente, mayor impacto sobre el desarrollo económico regional (BID, Llisterri, & Pietrobelli, 2011).

1.1.1.2 Las instituciones explotadoras.

Las empresas son esenciales dentro del SRI al poner en el mercado los resultados de investigación y concretar la innovación (OECD/Eurostat, 2018). La interacción de estos agentes con otras empresas e IES puede generar una mayor productividad, nuevos productos y empleos, mayores ingresos y bienestar (OCDE, 2013); en ocasiones también puede ayudar a potenciar las actividades de investigación científica aplicada y la formación de capital humano avanzado por parte de las universidades e institutos de investigación (OCDE & LEED, 2015).

Como elemento esencial del SRI, la empresa decide hasta qué punto se quiere involucrar en el proceso de innovación (Weintraub & Rao, 2013) y debe ser consciente de que allí está la clave de su competitividad y supervivencia (Garay, y otros, 1998). Las empresas más grandes producen un mayor conocimiento que las más pequeñas, esto puede deberse a la capacidad estructural y financiera de estas organizaciones para apoyar procesos de innovación (Ortega & Serna, 2020)

En Colombia, se definieron las empresas altamente innovadoras como “aquellas empresas que demuestren la realización, de manera sistemática, de actividades conducentes a la innovación, a través de procesos establecidos, recursos asignados y resultados verificables” (Departamento Nacional de Planeación, 2015), con el objetivo de orientar recursos públicos y privados para potenciar dicha actividad innovadora mediante política pública.

Aunque estudios indican que los países europeos presentan mayores niveles de innovación, actualmente en Colombia y de forma similar en países en otros países en desarrollo, se observa una transición de economías de base industrial a servicios de alto valor e intensivos en conocimientos (Ortega & Serna, 2020).

1.1.1.3 Las instituciones intermediadoras y de gobierno como actores habilitadores.

Los intermediarios desempeñan un rol holístico en el proceso de innovación más allá de lo que generalmente se ha reconocido y pueden jugar un papel fundamental en términos de políticas para

el sistema de innovación, no solo para la conectividad, sino también como dinamizadores y generadores de nuevas oportunidades (Howells, 2006).

La innovación es una cuestión de producir nuevos conocimientos o combinar los conocimientos de nuevas formas. Muchos tipos diferentes de actores y agentes en los SRI están involucrados en el proceso. Cómo encajan los agentes en este sistema es un área activa de investigación (Acs & Varga, 2002) y el objetivo de la política de innovación es facilitar el funcionamiento del SRI, lo que implica una compleja interacción de oferta y demanda entre muchos actores (Colciencias, 2016).

La mejor configuración de un SRI se puede realizar desde un enfoque de regionalización, relacionando con su capacidad de competencia (jurisdicción), valorando su grado de autonomía para desarrollar políticas y gestionar los diferentes elementos que componen el sistema regional, así como la capacidad de financiamiento en la infraestructura necesaria para el desarrollo de procesos de innovación (Cooke, Gomez Uranga, & Etxebarria, 1997).

El sector empresarial, el sistema de educación, el sistema de financiación, la gobernanza y una serie de instituciones deben operar correctamente y estar vinculados de manera eficiente si se quiere lograr un buen funcionamiento del sistema (OCDE, 2013).

1.2 De las capacidades tecnológicas para la innovación (CTI)

Diferentes enfoques y definiciones asociadas al concepto de capacidades en el contexto de las organizaciones han sido abordados, entre las más relevantes se pueden encontrar las CTI, capacidades dinámicas, capacidades de absorción y las capacidades organizacionales (Quintero, 2016).

Las CTI parecen jugar un papel significativo en el desarrollo de la competitividad de las empresas (Annavarjula, Nandialath, & Mohan, 2012) y les permiten adaptarse a mercados que cambian rápidamente y a las expectativas del cliente de lograr un crecimiento impulsado por la innovación. Mejorando las CTI puede mejorar la competitividad de las empresas (Mortazavi, Mehrabanfar, Banaitis, & Banaitiené, 2016).

El concepto de CTI ha discutido en los últimos años por dos corrientes teóricas con base en investigación empírica a nivel empresarial: La primera corriente es la que aborda la investigación

acerca de la acumulación de las capacidades tecnológicas y el aprendizaje de las empresas industriales en países en vía de desarrollo; y la segunda corriente es la llamada literatura de gestión estratégica, que se ha enfocado sobre el desarrollo de las capacidades o competencias nucleares de las empresas en los países industrialmente desarrollados (Quintero, 2016).

Las CTI deben ser vistas como una prioridad del momento actual, en lo que respecta a los esfuerzos a definir y redefinir el desempeño de las empresas en el tiempo (Oliveira & Sbragia, 2015) y si la empresa no está dispuesta a invertir en innovación, afectará directamente la CTI de la empresa y, finalmente, el nivel de innovación tecnológica de la industria en general será bajo (Li Z. , 2010).

Diferentes autores señalan que la innovación tiene un efecto significativo en el crecimiento económico (Marroquín & Ríos, 2012), que en estudios posteriores se evidencian que las variables relacionadas con el esfuerzo en I+D no dan una medida completa de la innovación, por lo cual, modelos de crecimiento que lo incluyan no son capaces de explicar el crecimiento económico sostenible (Ulku, 2004). Si bien el I+D es esencial para el éxito de la innovación, las empresas también deben enfatizar en CTI para una mejor coordinación de las actividades (Lau, Yam, & Tang, 2010).

1.3 De las CTI en SRI

Se necesita un enfoque de sistemas para fortalecer eficazmente las capacidades de innovación y debe estar compuesta por un número apropiado de actores relevantes (Chung, 2002) que en su interacción realicen funciones de generación, difusión y uso del conocimiento y la tecnología (Departamento Nacional de Planeación, 2018). Tales funciones son esenciales para que un sistema pueda ser considerado como un sistema de innovación (Carlsson, Jacobsson, Holmén, & Rickne, 2002).

El SRI enfatiza la generación, difusión y uso de conocimiento a nivel regional y se dedica a impulsar la creación de conocimientos generales regionales y las actividades innovadoras a través del sistema, así como el diseño de redes para influir en el mecanismo funcional de los elementos esenciales (Li W. , 2009). Cuando el sistema logra desarrollar y mantener sólidas capacidades de innovación y sistemas de gobernanza que funcionan bien obtienen buenos resultados económicos para la región (Fagerberg & Srholec, 2008) y es por esto que en los países que han aumentado su nivel de CTI han implementado políticas que fomentan la inversión de capital humano y una mayor

competencia sobre la base de la innovación mediante la adopción de créditos para I+D y la apertura gradual de los mercados a la competencia internacional (Furman, Porter, & Stern, 2002).

El SRI necesita brindar información a través de un intermediario, consultoría, capacitación y demostraciones, además de combinar la industria, la academia y la investigación. El efecto de la difusión de la innovación impulsa la capacidad de innovación de las empresas de la región y acelerará la evolución de la estructura industrial, haciendo que las empresas sean más rentables (Wang & Li, 2009).

Aunque desde un punto de vista estadístico PLS-SEM se puede utilizar con tamaños de muestra más pequeños, esta observación no está exenta de problemas por al menos dos razones. En primer lugar, depender de tamaños de muestra pequeños tiende a capitalizar las idiosincrasias de la muestra en cuestión. En igualdad de condiciones, cuanto más heterogénea sea la población subyacente, mayor será el tamaño de muestra requerido para reflejar adecuadamente la población y producir estimaciones precisas. (Sarstedt, Ringle, Smith, Reams, & Hair Jr, 2014)

Estado del arte

1.4 De la medición de las CTI

La medición de CTI es cada vez más necesaria ya que se requiere una cuantificación satisfactoria de los niveles de capacidad tecnológica para comprender por qué algunas regiones innovan y tienen un desempeño más satisfactorio que otras (Archibugi & Coco, 2005). Adicionalmente, no es suficiente saber cuántos nuevos procesos, acciones o productos innovadores se han realizado, si no se comprende su conexión con el desempeño empresarial (Saunila & Ukko, 2012).

Los modelos para medir y evaluar las CTI y los diferentes enfoques de los sistemas de innovación son resaltados en la literatura, por la existencia de diferentes y múltiples problemas metodológicos en cuanto a la medición y evaluación de las capacidades (Quintero & Giraldo, 2018), en particular los SRI. Un ejemplo de ello es que las innovaciones organizativas y de proceso también se reconocen como críticas para la competitividad, pero estas perspectivas no están representadas adecuadamente en términos de medición, normalmente solo se tiene en cuenta la innovación de productos (Adams, Bessant, & Phelps, 2006).

Los actores de un SRI pueden ser caracterizados y analizados desde sus funciones asociadas a sus CTI. Sin embargo, medir dichas capacidades sigue siendo aún un reto para los diferentes sectores industriales y sus actores o agentes que componen el SRI (Quintero, 2016), si bien existe una variedad de estudios sobre innovaciones y desempeño, hay una falta de estudios sobre la medición de la capacidad de innovación (Saunila & Ukko, 2012).

Tabla 1.: Métodos más relevantes para medir y evaluar CTI

Autores	Nombre del artículo	CTI evaluada	Método usado
(Capaldo, Iandoli, Raffa, & Zollo, 2003)	The Evaluation of Innovation Capabilities in Small Software Firms: A Methodological Approach	Asignación de recursos, indicadores económicos, recursos humanos	Lógica Difusa para el procesamiento de datos
(Li, Ye, & Sun, 2010)	An Evaluation Method on Technological Innovation	I+D, Asignación de recursos y Mercadeo	Proceso de análisis jerárquico (AHP) y el

	Capability of Software Companies using AHP and GRA		análisis relacional de Gray para evaluar CTI
(Yam, Lo, Tang, & Lau, 2010)	Technological Innovation Capabilities and Firm Performance	Aprendizaje, I+D, Producción, Mercadeo, Asignación de recursos y Mercadeo, organización y Planeación estratégica	Correlación de variables
(He & Luo, 2010)	The Evaluation for Enterprise Technological Innovation capabilities based on Analytic Hierarchy Process Technology	I+D, Producción, Mercadeo y Gestión	Análisis jerárquico (AHP)
(Robledo, Zambrano, & Vélez, 2011)	Methodological Tool for Measurement and Assessment of Technological Innovation Capabilities	I+D, Producción, Mercadeo, Planeación estratégica, relacionamiento, aprendizaje organizacional, gestión de recursos	Lógica Difusa para el procesamiento de datos
(Xu & Hua, 2013)	Research on the Evaluation Index System of Technological Innovation Capability in Cement Industry	entradas y salidas de innovación, I+D, Producción, Mercadeo y Gestión	Teoría de procesos y Teoría de sistemas
(Su, Helian, & Wang, 2014)	A study on the evaluation of technological innovation capability of regional high-tech enterprise based on factor analysis	I+D, Producción, outputs, apoyo	Análisis factorial
(Iddris, 2016)	Measurement of innovation capability in supply chain: an exploratory study.	I+D, colaboración y aprendizaje	Análisis estadístico

(Serrano García, Acevedo Álvarez, Castelblanco Gómez, & Arbeláez Toro, 2017)	Measuring organizational capabilities for technological innovation through a fuzzy inference system	I+D, Producción, Mercadeo, Planeación estratégica, relación y aprendizaje organizacional, gestión de recursos y de mercadeo	Lógica Difusa; sistema de inferencia Difusa
(Wang & Zhang, 2018)	Evaluation of relative technological innovation capability: Model and case study for China's coal mine	I+D. Organización, Planeación estratégica, asignación de recursos	análisis envolvente de datos (DEA)
(Ze-Lei, Ru-Guo, & Xin-Ya, 2018)	Measurement and Convergence of China's Regional Innovation Capability	I+D, Capital de innovación, recursos humanos y cultura	Análisis estadístico y modelo de convergencia β
(Acosta-Prado, Romero, & Tafur, 2020)	Conditions of knowledge management, innovation capability and firm performance in Colombian NTBFs: A measurement scale	Propósito estratégico, estructura, TICs, entorno competitivo, gestión del conocimiento, exploración, explotación	Análisis estadístico
(Gómez, Villalba, & Pérez, 2020)	Análisis comparativo de las capacidades de innovación tecnológica de la industria manufacturera colombiana	I+D, Gestión de recursos, aprendizaje, producción, mercadeo	Modelo de clases latentes y el análisis estadístico

Fuente: Elaboración propia basada en revisión bibliográfica

1.5 De las variables para medir capacidades tecnológicas para la innovación

Las variables para tener en cuenta se obtienen del estudio de la literatura y serán presentados a continuación, según como fueron abordados por los autores desde sus propuestas.

Tabla 2.: Variables para medir CTI

Autores	Capacidad CTI Evaluada	Variables propuestas
(Capaldo, landoli, Raffa, & Zollo, 2003)	Recursos empresariales	<ul style="list-style-type: none"> • Número de personas que conforman el grupo empresarial • Porcentaje de personas con conocimiento del mercado • Porcentaje de personas con experiencia en gestión y en el negocio • Intervención en diseño y desarrollo de software • Intervención en actividades de mercadeo
	Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> • Número total de empleados • Porcentaje de desarrolladores de software • Entrenamiento en marketing y gestión • Porcentaje de desarrolladores de software internos que tienen un título de posgrado • Rotación de personal • Porcentaje de personas internas involucradas en actividades de marketing • Porcentaje de personas externas involucradas en actividades de marketing
	Redes externas	<ul style="list-style-type: none"> • Colaboración comercial con otras firmas • Uso de herramienta no propietaria o metodología externa de desarrollo de software • Colaboración técnica con otras empresas • Relaciones del grupo con centros de I+D • centros, otras empresas de software
	Indicadores económicos	<ul style="list-style-type: none"> • Beneficio total derivado del software de la empresa • Beneficio total procedente del mercado • Beneficio total por hardware y software no propietarios
	Capacidad CTI Evaluada	Variables propuestas
(Li, Ye, & Sun, 2010)	I+D	<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de la entrada de I+D

		<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de los insumos que no son de I+D • Porcentaje de personal de I+D • Porcentaje de profesionales y personal científico
	Asignación de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad para recopilar y procesar. • Información • Cultura corporativa innovadora • Sistema de espíritu de innovación • Nivel de investigación con agencias externas
	Mercadeo	<ul style="list-style-type: none"> • Número de patentes de invención • Porcentaje de ingresos por ventas de nuevos productos sobre el total de ingresos por ventas de productos • Razón de ingresos netos a nuevos ingresos por ventas de productos • Cuota de mercado del nuevo producto • Tiempo del ciclo de producción • Tasa de éxito de productos de I+D
	Capacidad CTI Evaluada	VARIABLES PROPUESTAS
(Yam, Lo, Tang, & Lau, 2010)	Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Su empresa monitorea sistemáticamente tendencias de desarrollo tecnológico • Su empresa evalúa tecnologías relevantes para la estrategia comercial de la empresa • Su empresa incentiva a los equipos de trabajo a identificar oportunidades para mejorar • Su empresa asimila el conocimiento accedido • Su empresa comprende las capacidades básicas de la empresa y las adapta a las necesidades del mercado • Su empresa transmite lecciones aprendidas • Su empresa promueve la cultura del aprendizaje e invierte en el aprendizaje

	I+D	<ul style="list-style-type: none"> • Los departamentos multifuncionales están involucrados en el desarrollo de conceptos y la evaluación de nuevos productos. • Su empresa tiene una comunicación altamente eficiente entre el personal de I+D • Su empresa aplica métodos de diseño avanzados, como la ingeniería concurrente • Su empresa tiene alta calidad y comentarios rápidos de • desde la fabricación hasta el diseño y la ingeniería • Su empresa tiene buenos mecanismos para transferir tecnología desde la investigación básica hasta el desarrollo de nuevos productos • Su empresa tiene una gran cantidad de comentarios del mercado y de los clientes sobre el proceso de innovación. • Su empresa tiene un alto nivel de inversión en nuevos productos • Su empresa tiene un alto nivel de inversión en nuevos procesos • Su empresa tiene un alto porcentaje de personal de I+D en el empleo total de la empresa
	Asignación de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Su empresa dar importancia a los recursos humanos • Su empresa planea recursos humanos en fases • Su empresa puede seleccionar el personal adecuado en cada departamento funcional en el proceso de innovación • Su empresa puede proporcionar un suplemento de capital constante en la actividad de innovación • Su empresa utiliza plenamente tecnologías externas • Su empresa entiende las tecnologías centrales de la competencia

		<ul style="list-style-type: none"> • Su empresa adapta su nivel de tecnología a los cambios en el entorno externo
	Manufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Su departamento de fabricación tiene una gran contribución durante la etapa de diseño conceptual en el proceso de innovación • Su departamento de fabricación transforma los resultados de I+D en producción • Su empresa ha aplicado con eficacia métodos de fabricación avanzados • Su empresa cuenta con personal de fabricación capacitado • Su empresa tiene en gran medida la mejora continua del sistema de fabricación. • Su empresa tiene un alto nivel de importancia en el control de calidad general • Su empresa tiene un alto grado de ventaja en costos de fabricación
	Mercadeo	<ul style="list-style-type: none"> • Su empresa tiene una buena gestión de las relaciones con los principales clientes. • Su empresa tiene un buen conocimiento de los diferentes segmentos del mercado. • Su empresa cuenta con sistemas de inteligencia de marketing altamente efectivos • Su empresa tiene una alta eficiencia de la fuerza de ventas • Su empresa proporciona un buen desempeño de los servicios postventa • Su empresa sigue de cerca el nivel de satisfacción del cliente • Su empresa mantiene bien la imagen de marca y la imagen corporativa
	Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • Su empresa puede ajustar de forma flexible la estructura organizativa • Cada subunidad de su empresa gana entidad

		<ul style="list-style-type: none"> • Su empresa puede manejar múltiples proyectos de innovación en paralelo • Su empresa tiene una buena coordinación y cooperación de los departamentos de I+D, marketing y fabricación. • Su empresa tiene buena comunicación entre los principales proveedores y clientes • Su empresa tiene integración y control de alto nivel de los principales departamentos funcionales con la empresa. • Su empresa cuenta con mecanismos efectivos para seguir el progreso del proceso de innovación
	Planeación estratégica	<ul style="list-style-type: none"> • Su empresa tiene un gran grado de pensamiento de contingencia y planificación • Su empresa es capaz de identificar fortalezas y debilidades internas • Su empresa es capaz de identificar oportunidades externas y amenazas • Tu empresa tiene objetivos claros • Su empresa tiene un plan claro: una hoja de ruta de nuevos productos y proceso con hitos medibles • Su empresa está altamente adaptada y responde al entorno externo
	Capacidad CTI Evaluada	Variables propuestas
(He & Luo, 2010)	Innovación y capacidad de gestión	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de insumos de I+D • Nivel de insumos que no son de I+D • Gestión de capacidad de innovación
	Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • El número de patentes • Tasa de transformación de patentes • Progresividad de la tecnología • Nivel • Proporción de tecnificación

	Capacidad de fabricación del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Progresividad de los consejos • Nivel de estandarización • Adaptabilidad del trabajador • nivel de tecnología
	Marketing	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de comprensión del mercado • Cuota de mercado • Tasa de crecimiento de las ventas
	Capacidad CTI Evaluada	VARIABLES PROPUESTAS
(Xu & Hua, 2013)	Gestión de la innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Viabilidad de la estrategia de innovación • Iniciativa y responsabilidad de innovación de los líderes • Capacidad de recopilar y procesar información • Mecanismo motivacional de la innovación • Conciencia de innovación y el espíritu de equipo del personal • Cooperación y capacidad de investigación con otras organizaciones
	Entrada de innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Personal de I+D optimizada del proceso de producción • Personal de I+D de reemplazo de nuevos productos, materia prima y combustible • Personal de I+D de la tecnología de protección del medio ambiente • Otro personal de I+D • Inversión de capital de la I+D optimizada del proceso de producción • Inversión de capital de sustitución de I+D • Inversión de capital de I+D de tecnología de protección ambiental • Inversión de capital de otras actividades de I+D • Inversión de capital de importación de tecnología
	I+D	<ul style="list-style-type: none"> • Número de patentes

		<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de resultados de I+D • Niveles de equipos de prueba
	Manufactura	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles avanzados de equipos • Niveles tecnológicos de los trabajadores • Productividad • La tasa de reemplazo de combustible • Tasa de reemplazo de la materia prima • Tasa de utilización de la energía
	Promoción de marketing	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de vendedores • Intensidad de la entrada de costos de marketing • Competitividad de los productos • Adaptabilidad de ventas actuales de la organización • Adaptabilidad de los servicios de venta actuales
	Resultado de la innovación	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de estabilidad de la calidad del cemento • Nivel de tecnología de protección del medio ambiente • Cuota de mercado de nuevos productos • Tasa de retorno de nuevos productos
	Capacidad CTI Evaluada	Variables propuestas
(Idris, 2016)	I+D	<ul style="list-style-type: none"> • Colaboramos con los centros tecnológicos en actividades de I+D+i • Colaboramos con organismos públicos de investigación en actividades de I+D+i • Cooperamos con universidades en actividades de I+D+i • Colaboramos con consultores en actividades de I+D+i • La estrategia de innovación es bien entendida en toda la empresa • La empresa tiene una estrategia de innovación bien articulada

		<ul style="list-style-type: none"> • Brindamos tiempo y recursos para que los empleados generen, compartan/intercambien y experimenten con ideas/soluciones innovadoras • Su empresa alienta a los empleados a "pensar fuera de la caja" • Estamos preparados para comprometer nuevos recursos o redirigir los recursos actuales para apoyar empresas que resulten de nuestro camino de innovación • Somos rápidos para convertir ideas en productos/servicios comercializables
	Colaboración	<ul style="list-style-type: none"> • Generas ideas para nuevos productos/o servicios con los clientes • Comparamos sistemáticamente las ofertas de nuestros clientes con las de otras empresas • Generas ideas para nuevos productos/o servicios con proveedores • Recibimos mucho apoyo de los gerentes si queremos probar nuevas formas de hacer las cosas • Los altos ejecutivos buscan constantemente soluciones inusuales y novedosas a los problemas • Nuestra gestión ayuda a romper las barreras que se interponen en el camino de la implementación de las ideas
	Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> • Los gerentes básicamente están de acuerdo en que la capacidad de aprendizaje de nuestra organización es la clave de nuestra ventaja competitiva • Los valores básicos de esta organización incluyen el aprendizaje como clave para la mejora • El equipo directivo actúa como entrenador y facilitador en apoyo de la formación

		<ul style="list-style-type: none"> • Uso de software de planificación de recursos empresariales o de cadena de suministro para administrar/coordinar las actividades de la cadena de suministro global
	Capacidad CTI Evaluada	VARIABLES PROPUESTAS
(Serrano García, Acevedo Álvarez, Castelblanco Gómez, & Arbeláez Toro, 2017)	<p>I+D</p> <p>Producción</p> <p>Mercadeo</p> <p>Planeación estratégica</p> <p>Aprendizaje organizacional,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje del presupuesto anual dedicado a investigación e Innovación (I+I) • Nivel de estructuración e importancia jerárquica otorgada a la marca comunitaria • Nivel de estructuración de los procesos de marca comunitaria • Porcentaje de investigadores (Maestría y Doctorado) • Número de productos por proyecto de investigación • Nivel de aceptación, valoración y negociación de la PI. • Porcentaje de inversión para Gestión de la Investigación (RM) y Gestión de la Tecnología (TM) • Nivel de recurso de talento humano para TM • Nivel de compromiso institucional por las TIC. • Número de grupos de investigación clasificados por COLCIENCIAS. • Nivel de relación Institucional para TM. • Porcentaje invertido en viáticos de investigadores • Porcentaje del presupuesto general anual para fomento de la innovación y formación en MT. • Nivel de programas de selección en RRHH para TM • Nivel de documentación en la Gestión del conocimiento • Nivel de aprendizaje e implementación de TV • Porcentaje de aporte de empresas para investigación y extensión

	Gestión de recursos y de mercadeo	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de ingresos anuales de la extensión • Nivel de recursos del sistema de información • Porcentaje de financiación externa para investigación • Número de eventos de extensión de C&T por proyecto de investigación • Nivel de cultura organizacional para la gestión de la innovación • Nivel de experiencia en procesos de marketing científico • Nivel de estímulo e incentivos para vincular a la comunidad académica a los procesos de innovación
	Capacidad CTI Evaluada	VARIABLES PROPUESTAS
(Wang & Zhang, 2018)	I+D. Organización Planeación estratégica Asignación de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • inversión en I+D • compra de patente • Tamaño del personal de investigación • salario del empleado • Nivel de eficiencia del equipo • Motivación de la innovación del emprendedor • cultura de innovación empresarial • Inversión en la educación de los empleados • Capacidad de investigación y desarrollo • Capacidad de explotación de recursos • Capacidad de gestión organizacional • Capacidad de gestión financiera
	Capacidad CTI Evaluada	VARIABLES PROPUESTAS
(Acosta-Prado, Romero, & Tafur, 2020)	Condiciones de la gestión del conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • El despacho transmite su voluntad de contribuir al desarrollo personal y profesional de sus colaboradores • Los colaboradores comparten experiencias y conocimientos individuales entre ellos • La firma valora y fomenta la aportación de nuevas ideas en el lugar de trabajo

		<ul style="list-style-type: none"> • La firma promueve un ambiente abierto que genera actitudes de confianza y compromiso en sus colaboradores • Los colaboradores disponen de los medios y recursos para realizar su trabajo • Se busca información sobre el entorno (contactos con proveedores, estudios de mercado, etc.) • Los competidores son rastreados • Se rastrean las necesidades del mercado • La firma fomenta los contactos con instituciones externas (universidades, centros tecnológicos, etc.) y fuentes especializadas (asociaciones profesionales, cámaras de comercio, consultores, publicaciones, etc) • La empresa dispone y utiliza personas, equipos o servicios especializados en vigilancia tecnológica y prospección • La empresa dispone y utiliza tecnologías de intranet (correo electrónico, redes internas de servicios, etc.) • La firma dispone y utiliza tecnologías de colaboración (groupware, videoconferencias, foros virtuales, flujo de trabajo, etc) • La empresa dispone y utiliza herramientas tecnológicas de gestión (Oracle, CRM, MP5, SAP, ERP, etc.) o soporte de decisiones (minería de datos, modelado de datos y otro software de asistencia) • La empresa dispone y utiliza sistemas de gestión documental (bases de datos, repositorios, etc.) • La empresa dispone y utiliza herramientas tecnológicas de búsqueda (internet, buscadores, etc.) • La firma definió una misión que es compartida con quienes trabajan allí
--	--	--

		<ul style="list-style-type: none"> • La firma lleva a cabo procesos periódicos de reflexión estratégica para difundir los objetivos y políticas • La firma promueve la coherencia estratégica a través de la integración y coordinación de diferentes objetivos y planes de acción • Los objetivos y políticas se comunican a los empleados de la empresa • La firma cuenta con modelos de negocio que integran los procesos y metodologías operativas necesario para trabajar eficientemente • Los empleados aportan su opinión en la toma de decisiones • Los empleados están capacitados para utilizar formas apropiadas de organización y coordinación del trabajo • Las soluciones y recomendaciones propuestas por los colaboradores se utilizan para mejorar las prácticas, procesos, productos, servicios de la empresa • En la empresa existe un alto grado de tolerancia a los errores en el proceso de innovación • Los colaboradores tienen una percepción global e integrada de la firma y sus negocios
	Capacidad de innovación	<ul style="list-style-type: none"> • La empresa utiliza el conocimiento tecnológico obtenido de sus relaciones con otras empresas (mediante convenios de cooperación, alianzas, contratos de investigación, etc.) • La empresa adquiere conocimiento a través del personal cualificado contratado • La empresa utiliza conocimiento tecnológico de bases de datos, patentes, informes técnicos, publicaciones, etc • La empresa cuenta con la capacidad de hardware y software requerida para almacenar los recursos tecnológicos requeridos.

		<ul style="list-style-type: none"> • La empresa dispone de los medios necesarios para codificar los conocimientos tecnológicos necesarios (manuales, fórmulas, etc) • La empresa obtiene apoyo de centros de investigación y desarrollo (universitarios, públicos o entidades privadas de investigación, etc.) • La empresa combina recursos interdependientes (tecnologías, personas, etc.) para producir los conocimientos tecnológicos • La empresa invierte en la adquisición del conocimiento utilizado en su(s) campo(s) de acción especificado(s) • El conocimiento tecnológico adquirido implica un alto grado de novedad para la empresa • La empresa utiliza su conocimiento para desarrollar productos y servicios tecnológicos • El conocimiento de la empresa se utiliza para desarrollar productos y servicios innovadores • La firma tiene alianzas con otras firmas para desarrollar nuevos productos y servicios
	Desempeño no económico	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción del cliente (reducción del número de quejas y reclamaciones, etc.) • Ampliación del número de clientes • Satisfacción de los empleados • Aumento del nivel de calidad de productos y servicios (menor tasa de error, mejora en velocidad del servicio, etc) • Oferta de un producto y servicio exclusivo • Mejora continua de productos y servicios • Reconocimiento y notoriedad de la firma en el mercado • Facilidad para obtener financiación de las administraciones públicas (nacional, autonómica o local)

	Desempeño económico	<ul style="list-style-type: none"> • Ventas • Beneficio neto • Rentabilidad • Productividad • Mejora en los costes de producción
	Capacidad CTI Evaluada	VARIABLES PROPUESTAS
(Gómez, Villalba, & Pérez, 2020)	Capacidad de I+D	<ul style="list-style-type: none"> • % de personal según nivel de formación en actividades de I+D • Recursos de I+D (miles de pesos) • Solicitud de propiedad intelectual (pi)
	Capacidad de Gestión de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Colaboración externa • Recursos de financiación
	Capacidad de aprendizaje Organizacional	<ul style="list-style-type: none"> • % de personas capacitadas • Inversión en capacitación (miles de pesos)
	Capacidad de producción	<ul style="list-style-type: none"> • % Empleo calificado en producción (posgraduados y profesionales) • Certificaciones de proceso y producto
	Capacidad de mercadeo	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de posgraduados en ventas • Porcentaje de profesionales en ventas
	Capacidad CTI Evaluada	VARIABLES PROPUESTAS
(Robledo, Zambrano, & Vélez, 2011)	Gestión estratégica	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de herramientas y técnicas de prospectiva y planificación estratégica • Madurez del proceso de gestión estratégica de la innovación • Nivel de aceptación del riesgo y tolerancia a fallas • Nivel de aceptación y participación de los empleados en el proceso de gestión estratégica de innovación

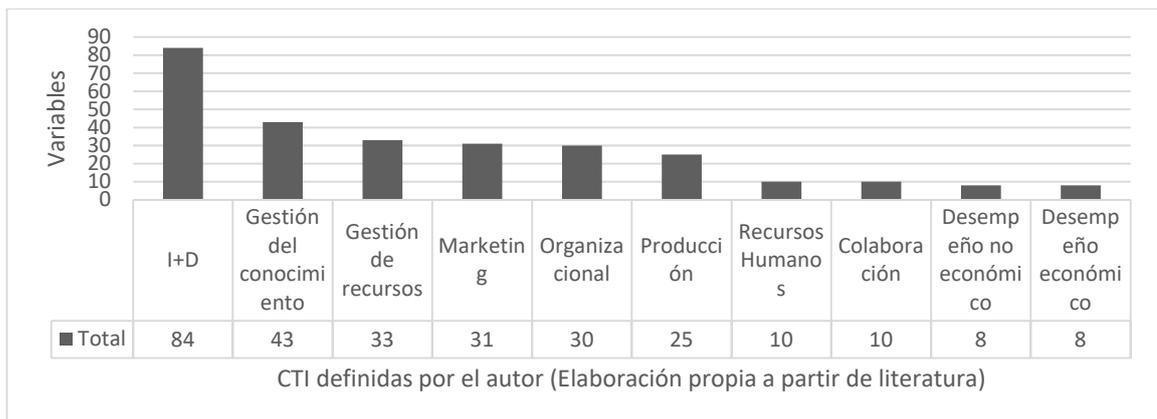
		<ul style="list-style-type: none"> • Número de personas con experiencia previa en nivel directivo en empresas multinacionales y grandes empresas • Número de personas en organizaciones extranjeras clave con las que la empresa mantiene contactos regulares y significativos
	I + D	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de infraestructuras de laboratorio e instalaciones para I+D+i • Desarrollo de técnicas para la gestión de proyectos de I+D+i • Madurez del proceso de I+D+i • Trabajo interdepartamental e interdisciplinario • Número de técnicos vinculados a I+D+i • Número de doctores y másteres vinculados a la I+D+i
	Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de certificación del producto • Nivel de certificación alcanzado por la empresa • Madurez del proceso de transferencia de tecnología desde I+D a producción • Ambiente de colaboración e intercambio abierto de conocimientos y experiencias. • Motivación e implicación de los empleados en la mejora continua • Número de empleados con educación terciaria en áreas técnicas relacionadas con la producción
	Marketing	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de técnicas de inteligencia de mercado • Madurez del proceso de comercialización de nuevos productos • Nivel de relaciones con los clientes para la innovación de productos. • Nivel de orientación al cliente. • Número de empleados con educación terciaria en áreas de marketing

	Gestión de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de técnicas de gestión de carteras de proyectos. • Desarrollo de técnicas de gestión del conocimiento • Desarrollo de técnicas de gestión financiera. • Madurez del proceso de gestión de personal • Madurez del proceso de gestión financiera • Madurez del proceso de gestión de la cartera de proyectos • Nivel de implementación de esquemas de incentivos y reconocimientos a la creatividad, el emprendimiento y la innovación • Ambiente de trabajo • Número de empleados con educación terciaria en áreas de gestión de recursos humanos • Número de empleados con educación terciaria en áreas de finanzas y contabilidad
--	---------------------	--

Fuente: Elaboración propia basada en revisión bibliográfica

Una vez identificadas las variables, se clasifican según las categorías definidas por los autores, con la siguiente distribución:

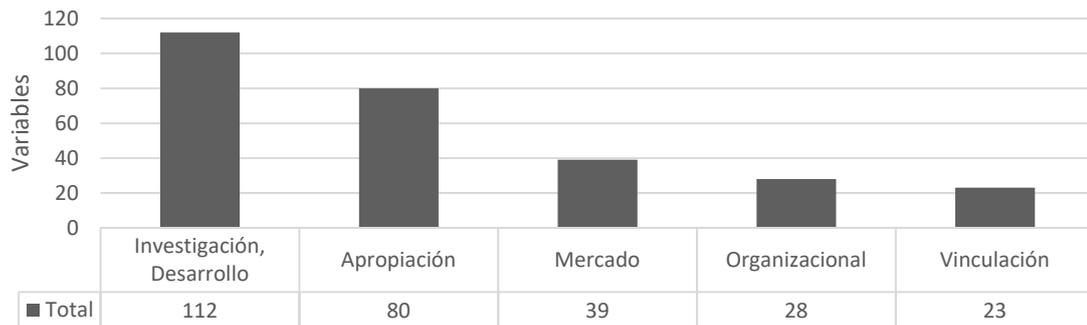
Figura 1.: Clasificación de las variables según sus autores



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el tipo de agente del sistema seleccionado en la información general, se categorizan las variables de acuerdo con cada una de las capacidades: Investigación, Desarrollo, Difusión, Vinculación, Apropiación y Mercado.

Figura 2.: Clasificación de las variables según capacidad

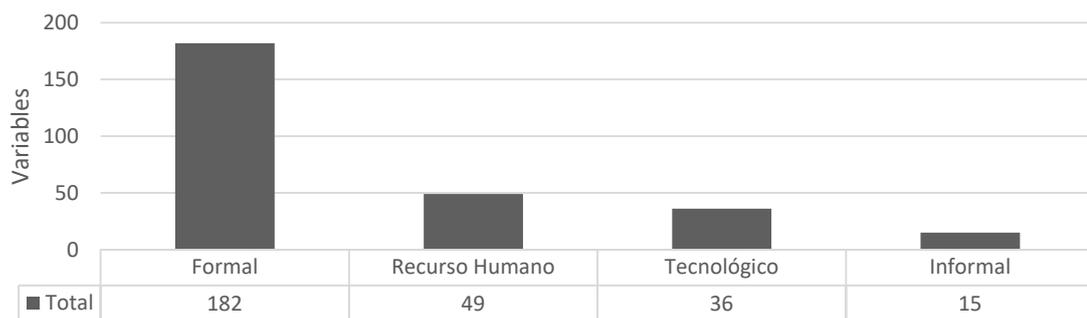


Fuente: CTI de acuerdo con la propuesta (Elaboración propia a partir de literatura)

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, para entender los procesos organizacionales y sus relaciones dentro del sistema, se categorizan también según las dimensiones en el Modelo de Congruencia Sistémica de Nadler y Tushman (1980).

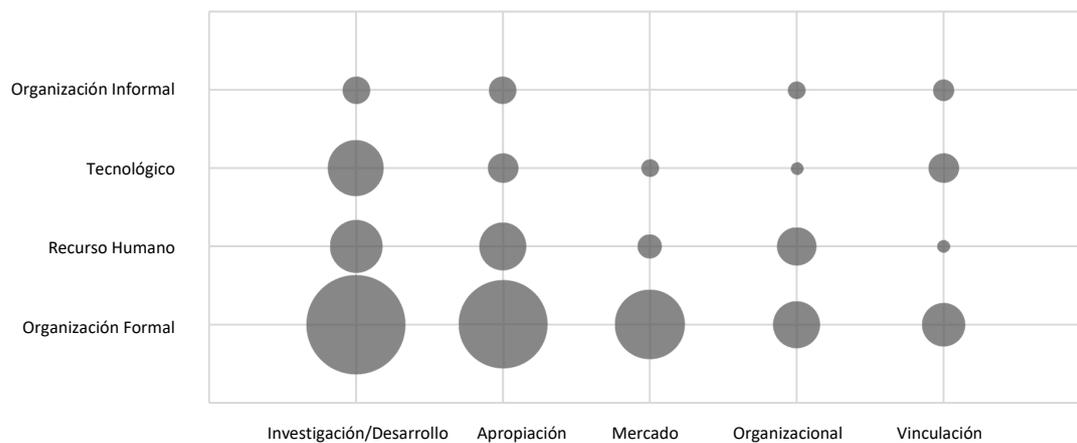
Figura 3.: Clasificación de las variables según modelo de congruencia



CTI según Modelo de Congruencia Sistémica de Nadler y Tushman
(Elaboración propia a partir de literatura)

Fuente: Elaboración propia

Figura 4.: Comparativo de las variables a partir de las capacidades/dimensiones definidas



Fuente: Elaboración propia

Capítulo 2

Planteamiento de la investigación

2.1 Problema de investigación

El conocimiento de los factores que afectan el desempeño de un sistema de innovación facilita la definición de políticas y estrategias para su desarrollo; sin embargo, también es necesario saber cómo las condiciones en una parte del sistema influyen en las demás y cómo funciona el sistema para crear resultados de interés (OECD/Eurostat, 2018, pág. 229). Adicionalmente, las actividades de innovación, de uno o más actores, pueden promover el conocimiento dentro de dominios tecnológicos específicos, creando nuevos mercados y oportunidades de innovación (OECD/Eurostat, 2018, pág. 117). En consecuencia, es fundamental medir el desempeño de las empresas que hacen parte de una industria específica ya que, si estas tienen un buen desempeño, su sistema de innovación también tendrá un buen desempeño y desarrollo.

Actualmente, existen muchas propuestas para medir las CTI, sin embargo, no existe un consenso de un sistema de medición y evaluación de capacidades que facilite la definición de políticas y estrategias para mejorar el desempeño de la industria y, en consecuencia, de su sistema regional de innovación.

2.2 Hipótesis

Un sistema de medición y evaluación de las capacidades tecnológicas para la innovación facilitará el desarrollo de estrategias y políticas para el fortalecimiento de las CTI del sistema regional de innovación de la industria aeroespacial en Antioquia.

2.3 Objetivos

2.3.1 *Objetivo General*

Elaborar un sistema de medición y evaluación de las capacidades tecnológicas para la innovación aplicado al sistema regional de innovación de la industria aeroespacial en Antioquia.

2.3.2 *Objetivos Específicos*

- Analizar los marcos teóricos y empíricos de los modelos existentes para la medición y evaluación de las CTI en sistemas de innovación, a partir de la literatura especializada.
- Diseñar un sistema de medición y evaluación de CTI, con su respectivo instrumento, tomando como base las variables encontradas en la literatura y la definición de una escala de medición.
- Realizar un piloto con una muestra significativa de firmas que hacen parte del SRI de la industria aeroespacial en Antioquia al sistema de medición y evaluación de las CTI.
- Validar la consistencia y fiabilidad del sistema de medición y evaluación de las CTI, a través del coeficiente de alfa de Cronbach y de un modelo de Ecuaciones Estructurales de Mínimos Cuadrados Parciales - PLS SEM

2.4 **Metodología de la investigación**

2.4.1 *Clasificación de la investigación*

La investigación inicia con un estudio exploratorio que permita identificar los diferentes modelos de medición y evaluación de las CTI existentes que se podrían aplicar al sector aeroespacial. Simultáneamente, aplicando el tipo de investigación descriptiva, se observará el sistema regional de innovación de la industria aeroespacial en Antioquia y las interacciones de sus diferentes componentes, de manera que se puedan elegir las variables más adecuadas para el desarrollo de la propuesta metodológica en su contexto.

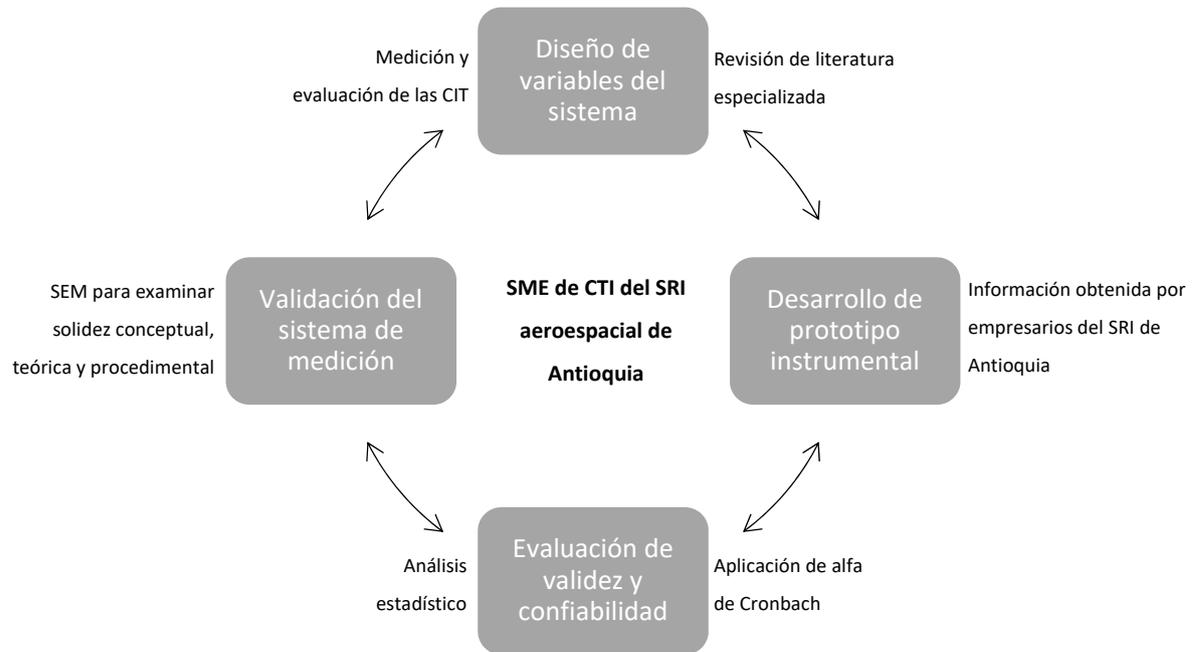
La investigación se realizará en cuatro fases (ver figura 5), partiendo como base para el desarrollo de esta investigación con la revisión de literatura especializada sobre los de modelos de medición y evaluación de las CTI, en lo posible aplicadas al sector aeroespacial o similares, que permitan analizar y diseñar las variables para el sistema regional de innovación de esta industria en Antioquia.

La información con la cual se diseñará la propuesta de sistema de medición será obtenida a través de la literatura científica y bases de datos (Scopus, EBSCO, entre otros).

Para la segunda fase se desarrollará un prototipo instrumental para aplicarlo al sistema regional de innovación aeroespacial de Antioquia, con las empresas que conforman el Clúster Aeroespacial

Colombiano (CAESCOL), con el fin de probar su funcionalidad y hacer un análisis estadístico de los resultados.

Figura 5.: Fases para la realización del Sistema de medición y evaluación (SME)



En la tercera fase, se evaluará la validez y confiabilidad del sistema de medición a través de la aplicación de alfa de Cronbach sobre los datos obtenidos con la herramienta.

Finalmente, en la cuarta fase, se utilizarán ecuaciones estructurales (SEM) para examinar la solidez conceptual, teórica y procedimental del diseño; que permitan establecer la relación de dependencia entre las distintas variables del sistema de medición y evaluación.

Capítulo 3

Resultados

3.1 Selección de variables y definición de escala de medición

En la Tabla 3. Se presentan cada una de las variables seleccionadas para el modelo inicial y su correspondiente valor según la escala de Likert

Las variables seleccionadas son clasificadas según las capacidades de innovación aportadas por los actores que interactúan y conforman el sistema (Quintero & Giraldo, 2018) y son asociadas al Modelo de Congruencia Sistémica propuesto por Nadler y Tushman (1980), que cuenta con cuatro dimensiones: i) dimensión formal, relacionan la estructura y relaciones jerárquicas, así como los procesos que se adoptan para que se ejecuten las tareas en una organización; ii) dimensión informal, están directamente relacionados con la cultura y el ambiente institucional; iii) dimensión tecnológica, relaciona las tecnologías de proceso, máquinas y equipos para transformar las entradas en salidas “herramientas y métodos de trabajo”. A pesar de que la propuesta original de Nadler y Tushman describen las “tareas”, para este trabajo se adoptó la propuesta de la Universidad de Michigan, en el sentido de rescatar y enfatizar el contenido tecnológico, reemplazando “tareas” por “tecnología”; iv) dimensión de recurso humano, describe el conocimiento, la experiencia, las habilidades requeridas, las necesidades, las preferencias y las expectativas de reconocimiento e incentivos.

Tabla 3.: Número de variables de las CTI asociadas al Modelo de Congruencia Sistémica.

Agente	CTI	Dimensiones			
		Organización Formal (OF)	Organización Informal (OI)	Recursos Humanos (RH)	Tecnología (TI)
Explorador	Investigación	6	2	2	3
	Desarrollo	5	2	2	3
Intermediario	Difusión	4	2	3	2
	Vinculación	3	3	2	1
Explotador	Apropiación	2	2	2	4
	Mercado	4	2	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas.

Tabla 4.: Variables seleccionadas y valor en escala de Likert

CAPACIDAD (Dimensiones y variables)	VALOR DE CADA VARIABLE DE ACUERDO CON LA RESPUESTA SELECCIONADA			
INVESTIGACIÓN				
Organización Formal	1	2	3	4
¿El actor presenta un proceso para la gestión de la investigación?	No realiza procesos sistemáticos de investigación	Realiza un proceso de ideación como técnica para formular proyectos de investigación	Además de tener un proceso de ideación, cuenta con criterios para seleccionar los proyectos más pertinentes de acuerdo con su estrategia	Posee un sistema de gestión del proceso de investigación, que le permite realizar una ideación, selección y gestión de los proyectos
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie el área de investigación?	No existe estructura formal del área de investigación	No existe estructura formal; sin embargo, esporádicamente algunos miembros asumen roles que permiten la formulación y ejecución de	Existe una estructura formal; sin embargo, los RRHH asignados al proceso, asumen otros roles por diferentes motivos, en detrimento de la formulación y ejecución de	Existe una estructura organizacional para la investigación y el RRHH asignado tiene las condiciones para cumplir con su rol

		proyectos de investigación	proyectos de investigación	
¿Cuenta con mecanismos de búsqueda de financiación para el desarrollo de la investigación?	No cuenta con mecanismos de búsqueda.	Se está al tanto de los mecanismos y formas de financiación (privada y estatal), pero no se invierten recursos en aprovecharlos.	Se está al tanto de las formas y mecanismos de financiación (privada y estatal) y actualmente se está evaluando la participación para el desarrollo de proyectos de investigación.	Permanece informado sobre los diferentes mecanismos y posibilidades de financiación y regularmente hace uso de ellos para el desarrollo de sus proyectos de investigación.
¿Qué porcentaje de las ventas invierte el actor en investigación?	No invierte.	Hasta el 0,5% de las ventas	Entre el 0,5% y el 1% de las ventas.	Más del 1% de las ventas.
¿Qué mecanismos conoce y utiliza el actor para proteger los resultados de sus investigaciones?	No cuenta ni conoce ningún mecanismo de protección intelectual.	Conoce los mecanismos de Protección Intelectual, pero no los aplica.	Conoce los mecanismos de Propiedad Intelectual pero únicamente ha utilizado los de Derecho de Autor.	Conoce los mecanismos de Propiedad Intelectual y utiliza tanto los de Derecho de Autor como los de Propiedad Industrial (patentes, modelos de utilidad, marcas entre otros).

¿Ha participado en proyectos de investigación en los que haya tenido que adquirir pólizas de seguro?	No.	Sí, con pólizas entre US \$100 mil y US \$500 mil.	Sí, con pólizas entre US \$500 mil y US \$1 millón.	Sí, con pólizas entre US \$1 millón y US \$10 millones.
Organización Informal	1	2	3	4
¿Se tiene una cultura creativa que incentive las nuevas ideas para la investigación?	No se identifican espacios que fomenten la generación de ideas ni la libertad de interacción entre los miembros de la organización para plantear proyectos de investigación.	No se reconoce un espacio que facilite la generación de ideas; sin embargo, estas se generan esporádicamente de una forma individual.	No se cohibe el libre relacionamiento entre los miembros de la organización para generar ideas y plantear proyectos de investigación; sin embargo, no se reconocen espacios que fomenten esto.	Se reconocen espacios que fomentan la generación de ideas y la interacción entre varios miembros de la organización que pueden formar equipos autónomos con libertad de expresar su opinión, permitiendo la formulación de proyectos de investigación de toda índole.
¿Se posee una disposición a relacionarse con otros actores para la formulación de proyectos de investigación?	No se posee.	Se posee una disposición a relacionarse con actores de su cadena de valor para formular	Se posee una disposición a relacionarse con actores que pertenecen o no a su	Se posee una disposición a relacionarse con actores de todo tipo (universidades, CDT,

		proyectos de investigación.	cadena de valor, pero que pertenecen al mismo sector para formular proyectos de investigación.	competidores, proveedores, clientes, etc) para la formulación de proyectos de investigación.
Recurso Humano	1	2	3	4
Experiencia del área de investigación en el sector	No cuenta con experiencia.	Menor a 3 años.	Entre 3 y 5 años.	Mayor a 5 años.
Nivel de formación de los empleados	Más del 75% de los empleados NO tienen nivel de educación de tercer nivel (solo formación básica primaria y bachillerato). Y el 25% restante tienen una educación por encima del tercer nivel (técnicos, tecnólogos, pregrados y posgrados)	El 50% de los empleados NO tienen un nivel de educación de tercer nivel y el otro 50% SÍ.	El 25% de los empleados NO tienen un nivel de educación de tercer nivel y el 75% restante SÍ.	Más del 75% de los empleados tienen un nivel de educación por encima del tercer nivel.
Tecnológico	1	2	3	4

¿Realiza vigilancia tecnológica?	No se realiza vigilancia tecnológica.	Se realiza vigilancia tecnológica de manera informal.	La vigilancia tecnológica tiene definidos objetivos y se almacena la información en herramientas documentales.	La vigilancia tecnológica tiene definidos objetivos, se almacena la información en herramientas documentales y se realizan análisis e interpretación de la información, hay una entrega formal de informes de vigilancia. Se enfoca más a una inteligencia competitiva.
¿Cuenta con equipos tecnológicos (maquinaria, software etc.,) para la investigación?	No cuenta con equipos y softwares para la investigación.	Cuenta con equipos y softwares básicos para investigar.	Cuenta con equipos de tecnología clave que permiten hacer experimentos confiables y softwares que le permiten modelar y simular fenómenos en sus investigaciones, además de algunas	Cuenta con equipos de tecnología clave y emergentes que permiten realizar experimentos confiables y disruptivos respectivamente; además, software que le permiten modelar y

			bases de datos científicas.	simular fenómenos en sus investigaciones, y una completa accesibilidad a bases de datos científicas.
¿Usa tecnologías 4RI en proyectos de investigación?	No usa tecnologías 4RI.	Está buscando la manera de incorporar tecnologías 4RI a sus proyectos de investigación.	Ha iniciado pilotos para el uso de tecnologías 4RI en sus proyectos de investigación.	Usa tecnologías 4RI en sus proyectos de investigación.
DESARROLLO				
Organización Formal	1	2	3	4
¿Cuenta con un modelo o metodología para planear y desarrollar nuevos productos y/o servicios?	No cuenta con un modelo o metodología para planear y desarrollar nuevos productos y/o servicios.	No cuenta con un modelo o metodología para planear y desarrollar nuevos productos y/o servicios; sin embargo, desarrolla nuevos productos de una forma esporádica.	Cuenta con un modelo o metodología para planear y desarrollar nuevos productos y/o servicios, teniendo en cuenta las necesidades del cliente.	Cuenta con un modelo o metodología para planear y desarrollar nuevos productos y/o servicios, teniendo en cuenta las necesidades del cliente y las tendencias del mercado.

¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie el área de desarrollo experimental?	No existe estructura formal del área de desarrollo experimental.	No existe estructura formal; sin embargo, esporádicamente algunos miembros asumen roles que permiten la realización de desarrollo experimental.	Existe una estructura formal; sin embargo, los RRHH asignados al proceso, asumen otros roles por diferentes motivos, en detrimento del desarrollo experimental.	Existe una estructura organizacional para el desarrollo experimental y el RRHH asignado tiene las condiciones para cumplir con su rol.
¿La Organización invierte en el desarrollo experimental?	No invierte.	Se realiza y se tienen recursos solo para prototipaje.	Se realizan y se tienen recursos para prototipos y pruebas piloto.	Se realizan y se tiene recursos para prototipos, pruebas piloto y el posterior estudio del respectivo escalamiento.
¿Presenta un modelo para gestionar los proyectos de desarrollo experimental antes de salir al mercado?	No aplica.	Solo al final del desarrollo experimental se gestiona su lanzamiento al mercado.	En varias etapas del proceso de desarrollo experimental.	Se realiza gestión y pruebas en todas las etapas del proceso de desarrollo experimental (Stage Gate).
¿Ha participado en proyectos de desarrollo en los que haya tenido que adquirir pólizas de seguro?	No.	Sí, con pólizas entre US \$100 mil y US \$500 mil.	Sí, con pólizas entre US \$500 mil y US \$1 millón.	Sí, con pólizas entre US \$1 millón y US \$10 millones.
Organización Informal	1	2	3	4

¿Están empoderados los directores o jefes de producción para el control y el desarrollo de nuevos y mejorados productos?	Los directores o jefes de producción no participan en el proceso de desarrollo de nuevos productos.	Los directores o jefes de producción participan esporádicamente en el control y el desarrollo de nuevos y mejorados productos.	Los directores o jefes de producción participan frecuentemente en el control y el desarrollo de nuevos y mejorados productos.	Los directores o jefes de producción son los encargados de liderar el control y el desarrollo de nuevos y mejorados productos.
¿Se posee una disposición a relacionarse con otros actores para la realización del desarrollo experimental?	No se posee.	Se posee una disposición a relacionarse con actores de su cadena de valor para la realización del desarrollo experimental.	Se posee una disposición a relacionarse con actores que perteneces o no a su cadena de valor, pero que pertenecen al mismo sector para realizar desarrollo experimental.	Se posee una disposición a relacionarse con actores de todo tipo (universidades, CDT, competidores, proveedores, clientes, etc.) para la realizar desarrollo experimental.
Recurso Humano	1	2	3	4
¿El equipo encargado del desarrollo es multidisciplinario?	No aplica.	Cuenta con personas formadas en el área de producción.	Cuenta con personas formadas en el área de producción y mercadeo.	El equipo encargado del desarrollo es multidisciplinario.
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de desarrollo?	No hay personas asignadas al	Entre el 0% y el 5% del personal.	Entre el 5% y el 10% del personal.	Más del 10% del personal.

	desarrollo experimental.			
Tecnológico	1	2	3	4
¿La organización cuenta con herramientas y técnicas para gestionar el desarrollo de los nuevos productos/servicios?	No cuenta con herramientas.	Realiza prototipos sin asistencia de herramientas; sin embargo, se apoyó en lluvias de ideas, hojas de verificación, gráficos estadísticos de proceso, histogramas, paretos, diagramas de dispersión y diagramas causa efecto.	Realiza algunas técnicas y métodos para medición de la Gestión por Proceso: Análisis de costo y tiempo de ciclo, análisis de prototipos y hace pilotos de prueba utilizando herramientas CAD, TRIZ, etc.	Cuenta con herramientas para realizar prototipos, pilotos de prueba y escalamiento tales como QFD, CAD, DFMA, FMEA, RP;(DFC; técnicas de evaluación y revisión de programas (PERT); planeación de sistemas de la empresa (PSE); técnica para el análisis de procesos (TAP); Análisis/diseño estructurado (AE/DE).
¿Cuántos desarrollos de productos o procesos se han generado y/o implementado al año?	Cero desarrollos generados e implementados.	Un desarrollo generados e implementados.	Dos desarrollos generados e implementados.	Más de tres desarrollos generados e implementados.

¿Usa tecnologías 4RI en proyectos de desarrollo de nuevos productos/servicios?	No usa tecnologías 4RI.	Está buscando la manera de incorporar tecnologías 4RI a sus proyectos de desarrollo.	Ha iniciado pilotos para el uso de tecnologías 4RI en sus proyectos de desarrollo.	Usa tecnologías 4RI en sus proyectos de desarrollo.
DIFUSIÓN				
Organización Formal	1	2	3	4
¿Identifica e integra la demanda para difundir su conocimiento?	No identifica.	Recopila la demanda de conocimiento que algunos actores del sistema manifiestan.	Identifica la demanda explícita de conocimiento y tecnología de todos actores del sistema.	Identifica la demanda explícita y tácita de conocimiento y tecnología de todos los actores del sistema.
¿Identifica e integra la oferta para difundir su conocimiento?	No identifica.	Recopila la oferta de conocimiento que algunos actores del sistema manifiestan.	Identifica la oferta explícita de conocimiento y tecnología de todos actores del sistema.	Identifica la oferta explícita y tácita de conocimiento y tecnología de todos los actores del sistema.
¿Utiliza metodologías para transferir su conocimiento?	No utiliza ninguna metodología.	Presenta una metodología cualitativa para	Transfiere su conocimiento tácito y explícito con métodos	Transfiere su conocimiento tácito y explícito con métodos cualitativos y

		transferir su conocimiento.	cualitativos y cuantitativos.	cuantitativos. Además, realiza evaluación posterior.
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie los roles de cada miembro para la difusión?	No existe estructura formal y/o asignación de roles específicos para realizar la difusión.	No existe estructura formal y/o roles específicos para realizar la difusión; sin embargo, esporádicamente algunos miembros asumen roles que permiten la realización de la difusión.	Existe una estructura formal y/o roles específicos para la difusión; sin embargo, los RRHH asignados al proceso, asumen otros roles por diferentes motivos, en detrimento de la difusión.	Existe una estructura organizacional para la difusión y el RRHH asignado tiene las condiciones para cumplir con su rol específico.
Organización Informal	1	2	3	4
¿El actor realiza derrames de conocimiento?	El actor no hace derrame de conocimiento.	Los derrames de conocimiento se dan más desde una perspectiva technology push.	Los derrames de conocimiento se dan más desde una perspectiva market pull.	Derrama su conocimiento a todos los actores involucrados en la red.
En relación con la difusión del conocimiento y tecnología, considera	No es necesaria su difusión.	Es necesaria su difusión a las personas exclusivamente involucradas.	Es necesaria su difusión, siempre y cuando no trascienda las fronteras de la empresa.	Es necesaria su difusión (interna y externa), para facilitar el enriquecimiento o retroalimentación de las ideas.

Recurso Humano	1	2	3	4
¿Cuál es la formación académica de las personas encargadas de hacer difusión?	Cuentan con formación técnica y tecnológica.	Cuentan con formación en un pregrado en el área de actuación de la organización.	Cuentan con pregrado y posgrado (especialización y Maestría) en el área de actuación de la organización.	Cuentan con un PhD en el área de actuación de la organización.
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de difusión?	No hay personas asignadas a la difusión.	Entre el 0% y el 5% del personal.	Entre el 5% y el 10% del personal.	Más del 10% del personal.
¿Cuánta experiencia tiene haciendo difusión en el sector?	No cuenta con experiencia.	Entre 1 y 3 años.	Entre 3 y 5 años.	Más de 5 años.
Tecnológico	1	2	3	4
¿Cuenta la organización con instrumentos que le permiten realizar análisis comparativo y competitivo del sector?	No realiza vigilancia tecnológica ni inteligencia competitiva del sector en el que difunde.	Realiza evaluación cualitativa a partir de herramientas básicas de internet.	Realiza evaluación cualitativa y cuantitativa a partir de herramientas que le permiten conocer el entorno competitivo como son las bases de datos especializadas.	Realiza evaluación cualitativa o cuantitativa con monitoreo y verificación posterior a partir de herramientas como por ejemplo: Mateo patent, VantagePoint, Golfire, bases de datos.

¿Adquiere capital (conocimiento y tecnología) externo?	No adquiere capital externo.	Adquiere información o capacitación de un actor externo.	Adquiere información, capacitación y tecnología esporádicamente de un actor externo.	Adquiere información, capacitación y tecnología permanentemente de un actor externo.
VINCULACIÓN				
Organización Formal	1	2	3	4
¿Qué métodos utiliza para que se origine la colaboración?	No posee ninguna metodología.	Utiliza métodos indirectos, como son cartas, correos electrónicos, etc.	Utiliza métodos directos que buscan generar confianza.	Utiliza métodos indirectos y directos, donde el interlocutor perciba un beneficio al colaborar.
¿Se posee normas que permitan la coordinación, cooperación y reciprocidad?	No se establecen normas.	Se tienen normas, pero no han permitido una coordinación, cooperación y reciprocidad exitosa.	Se tienen normas, que en algunas ocasiones han generado coordinación, cooperación y reciprocidad.	Generalmente las normas han facilitado la coordinación, cooperación y reciprocidad.
¿Qué tipo de contrato de colaboración utiliza para vincularse a otros actores y/o organizaciones del sistema?	No se vincula con otros actores.	Se vincula con otros actores por medio de un Licenciamiento o Outsourcing.	Se vincula con otros actores por medio de un Join Ventures.	Se vincula con otros actores por medio de Alianzas estratégicas o Organizaciones

	colectivas para la investigación.			
Organización Informal	1	2	3	4
Para el desarrollo de nuevos productos y/o servicios (DNP), el actor se apoya y mantiene constante comunicación	No se relaciona con ningún actor.	Otras áreas de la organización y/o otras empresas. Hace benchmarking o se vincula con los expertos y las personas que han sido capacitadas en el tema.	Con grupos especializados del Sistema Nacional y Regional de Innovación (SNI y SRI).	A través de relaciones externas: universidades, consultores, ferias, TIC's, bases de datos científicas y/o otros sistemas internacionales de innovación, utilizando herramientas en la realización de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.
¿Qué espacios de reunión para interactuar con otros actores del sistema propicia?	No propicia espacios para realizar reuniones.	Asiste a ferias o eventos con el fin de interactuar con otros actores del sistema.	Organiza eventos solo con los miembros de su cadena productiva.	Realiza ferias o eventos para interactuar con cualquier actor del sistema.
¿Cuál es el marco institucional en el que interactúa?	Hay gran desconfianza entre los actores del sistema.	Hay desconfianza, pero con contratos se	Hay confianza, pero las brechas del conocimiento y	Hay confianza entre los actores y sus capacidades de

		puede llegar al relacionamiento.	tecnológicas dificultan el relacionamiento.	absorción son altas, permitiendo un adecuado relacionamiento.
Recurso Humano	1	2	3	4
¿Cuánta experiencia tiene haciendo vinculación en el sector?	No cuenta con experiencia.	Entre 1 y 3 años.	Entre 3 y 5 años.	Más de 5 años.
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de vinculación?	No hay personas asignadas a proceso de vinculación.	Entre el 0% y el 5% del personal.	Entre el 5% y el 10% del personal.	Más del 10% del personal.
Tecnológico	1	2	3	4
¿Usa herramientas colaborativas para vincularse a otros actores y/o organizaciones del sistema?	El actor y/o organización no usa herramientas colaborativas para vincularse con otros actores.	El actor y/o organización ocasionalmente usa herramientas colaborativas para vincularse con otros actores.	El actor y/o organización frecuentemente usa herramientas colaborativas para vincularse con otros actores.	El actor y/o organización siempre usa herramientas colaborativas para vincularse con otros actores.
APROPIACIÓN				
Organización Formal	1	2	3	4

¿Tiene algún método para el análisis del seguimiento de la producción de los nuevos productos y servicios?	No realiza análisis del seguimiento de la producción de nuevos productos y servicios.	Ha puesto en marcha indicadores de seguimiento de la eficiencia de los nuevos productos y servicios.	Ha puesto en marcha indicadores de seguimiento de la eficacia de los nuevos productos y servicios.	Ha puesto en marcha indicadores de seguimiento de la eficiencia y eficacia (efectividad) de los nuevos productos y servicios.
¿Cuál es el porcentaje de inversión en innovación de proceso?	Ninguno.	0% al 1% de las ventas.	Entre el 1% y el 2% de las ventas.	Más del 2% de las ventas.
Organización Informal	1	2	3	4
¿Existe una cultura para trabajar en equipo en los procesos de producción y desarrollo?	No se identifican espacios que fomenten el trabajo en equipo entre los miembros de los procesos de producción y desarrollo.	No se reconoce un espacio que facilite el trabajo en equipo entre los miembros de los procesos de producción y desarrollo; sin embargo, estos vínculos se generan esporádicamente	No se cohibe el libre relacionamiento entre los miembros de los procesos de producción y desarrollo; sin embargo, no se reconocen espacios que fomenten esto.	Se reconocen espacios que fomentan el relacionamiento entre los miembros de los procesos de producción y desarrollo que pueden formar equipos autónomos con libertad de expresar su opinión.
¿La organización participa en el diseño o mejoramiento de procesos de la empresa mediante el	Nunca.	Ocasionalmente.	Frecuentemente.	Siempre.

relacionamiento con otras organizaciones?				
Recurso Humano	1	2	3	4
El nivel de formación de los empleados en el área de producción	Más del 75% de los empleados NO tienen nivel de educación de tercer nivel (solo formación básica primaria y bachillerato). Y el 25% restante tienen una educación por encima del tercer nivel (técnicos, tecnólogos, pregrados y posgrados)	El 50% de los empleados NO tienen un nivel de educación de tercer nivel y el otro 50% SÍ.	El 25% de los empleados NO tienen un nivel de educación de tercer nivel y el 75% restante SÍ.	Más del 75% de los empleados tienen un nivel de educación por encima del tercer nivel.
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de apropiación de nuevas tecnologías?	No hay personas asignadas a la apropiación de nuevas tecnologías.	Entre el 0% y el 5% del personal.	Entre el 5% y el 10% del personal.	Más del 10% del personal.
Tecnológico	1	2	3	4
En cuanto a las tecnologías de gestión aplicadas al proceso, el actor	Ninguna tecnología de gestión.	Gestión de calidad y/o mejoramiento	Aplicación de normas ISO 9000, ISO 14000, otras.	Prospectiva, planeación por escenarios, EVA.

u organización ha implementado en el último año	continuo (TQM, BPM, HACCP).			
En cuanto a la tecnología adquirida para la producción, en los últimos 10 años	La empresa no ha adquirido tecnología.	Tecnología básica.	Tecnología clave.	Tecnología clave y emergente.
¿Ha adoptado tecnología para la mejora o desarrollo de procesos en los últimos años?	No ha adoptado tecnología.	Adopta tecnologías básicas y realiza mantenimientos correctivos.	Adopta tecnologías claves y realiza mantenimientos correctivos y preventivos.	Adopta tecnologías claves y emergentes, y realiza mantenimientos predictivos, preventivos y correctos.
¿Usa tecnologías 4RI en la producción de productos/servicios?	No usa tecnologías 4RI.	Está buscando la manera de incorporar tecnologías 4RI a sus procesos productivos.	Ha iniciado pilotos para el uso de tecnologías 4RI en sus procesos productivos.	Usa tecnologías 4RI en sus procesos productivos.
MERCADO				
Organización Formal	1	2	3	4
¿Invierte en el lanzamiento de nuevos productos/servicios?	No invierte.	Algunas veces. Su presupuesto es limitado.	Existe presupuesto, pero solo se ejecuta en publicidad.	Tiene presupuesto para el lanzamiento de los nuevos productos en:

				publicidad, capacitación y todo lo necesario para realizar una buena difusión del nuevo producto.
¿Cuenta con proceso de gestión de mercadeo y ventas?	No existe un plan de mercadeo y ventas	Existe el plan de mercadeo y ventas (Presupuesto de ventas) pero nunca se toma como hoja de ruta.	Existe el plan de mercadeo, se toma como hoja de ruta, pero no se hace seguimiento.	Existe el plan de mercadeo y ventas y se monitorea semanalmente para realizar planes de acción.
¿Tiene definido un sistema de marketing mix (precio, producto, plaza y promoción)?	El actor no implementa un sistema de marketing mix.	Solo se enfoca en una de las dimensiones del marketing mix.	Se enfoca en dos o tres de las dimensiones del marketing mix.	Implementa un sistema de marketing mix.
¿Cuál ha sido la participación en las ventas de nuevos productos en la organización?	Participación nula en las ventas de nuevos productos en la organización.	Participación del 0% al 5% de las ventas de nuevos productos en la organización.	Participación del 5,1% al 10% de las ventas de nuevos productos en la organización.	Participación mayor del 10,1% de las ventas de nuevos productos en la organización.
Organización Informal	1	2	3	4
¿Se tiene la tolerancia al riesgo de introducir innovaciones radicales?	No se hace introducción de	Se hace introducción de nuevos productos	Se hace introducción de innovaciones incrementales.	Se hace introducción de innovaciones radicales.

	nuevos productos al mercado	ya validados en el mercado.		
¿Existe una cultura para trabajar en equipo con los clientes y consumidores de sus productos?	No se identifican espacios que fomenten el relacionamiento entre los miembros de la organización y sus clientes y/o consumidores.	No se reconoce un espacio que facilite el relacionamiento entre los miembros de la organización y sus clientes y/o consumidores; sin embargo, estos vínculos se generan esporádicamente.	No se cohibe el libre relacionamiento entre los miembros de la organización y sus clientes y/o consumidores; sin embargo, no se reconocen espacios que fomenten esto.	Se reconocen espacios que fomentan el relacionamiento entre los miembros de la organización y sus clientes y/o consumidores que pueden formar equipos autónomos con libertad de expresar su opinión y co-crear.
Recurso Humano	1	2	3	4
¿Cuánta experiencia tiene haciendo mercadeo de nuevos productos?	No cuenta con experiencia.	Tiene una experiencia entre 1 a 3 años.	Cuenta con una experiencia entre 3 a 5 años.	Mayor a 5 años.
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de mercadeo de nuevos productos?	No hay personas asignadas al mercadeo de nuevos productos	Entre el 0% y el 5% del personal.	Entre el 5% y el 10% del personal.	Más del 10% del personal.
Tecnológico	1	2	3	4

¿Realiza inteligencia competitiva?	No se realiza inteligencia competitiva.	Se realiza inteligencia competitiva, de manera informal.	La inteligencia competitiva tiene definidos objetivos y se almacena la información en herramientas documentales.	La inteligencia competitiva tiene definidos objetivos, se almacena la información en herramientas documentales y se realizan análisis e interpretación de la información, hay una entrega formal de informes de inteligencia competitiva.
¿Realiza prospectiva de mercados?	No ha realizado estudios de futuro.	Ha realizado estudios de futuro organizacionales.	Ha realizado estudios de futuro en el mercado de su sector o área de desempeño.	Ha realizado estudios de futuro en mercados basados en el método Delphi y análisis de escenarios (MICMAC, MACTOR, SMICPROBEXPERT, ANÁLISIS MORFOLÓGICO, MULTIPOL).

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

Estas variables fueron evaluadas dentro de una línea de tiempo para medir su evolución durante los periodos: actual, hace tres años y hace 5 años; de manera que se incluyen inicialmente 195 variables, más los indicadores resultantes del ejercicio de calcular el grado de madurez de las capacidades de las empresas con base en la escala definida por Lall (1992) en la misma línea de tiempo.

3.2 Obtención de datos de firmas del SRI de la industria aeroespacial en Antioquia

Para obtener información de las variables aplicadas al sector, se desarrolló una herramienta (aplicación desarrollada)¹ y se invitó a participar a un grupo de empresarios que hacen parte del Clúster Aeroespacial de Antioquia. Posteriormente, para el análisis de los datos obtenidos, se evaluó que los datos no fueran normales dado que facilita su modelamiento con PLS-SEM que, además, es capaz de manejar insuficiencia de datos y acomoda los constructos medidos formativamente (Sarstedt, Ringle, Smith, Reams, & Hair Jr, 2014)

Listado de variables y nomenclatura correspondiente, así como la información obtenida por los empresarios que hicieron parte de la investigación, se encuentran en la sección de anexos (ver Tabla A1. y Tabla A2. en anexos)

3.3 Validación de la consistencia y fiabilidad del sistema de medición

El alfa de Cronbach es una estadística comúnmente citada por los autores para demostrar que las pruebas y escalas que se han construido o adoptado para proyectos de investigación son adecuadas para su propósito (Taber, 2017).

A través de la aplicación de alfa de Cronbach, se evalúa la validez y confiabilidad del sistema de medición con los datos recopilados con los expertos del Clúster Aeroespacial de Antioquia.

A manera de prueba, se realiza un piloto con los datos actualmente recopilados, a partir del cálculo de varianzas con la siguiente formulación:

¹ App registrada en la SIC como herramienta para consolidar la información de las CTI del SRIA. Para más detalles ver enlace web: <https://capacidades.bubbleapps.io/version-test>

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right]$$

Donde,

- k es el número de ítems.
- S_i^2 es la varianza del ítem i.
- S_t^2 es la varianza de los valores totales observados.

Para el ejercicio, se tiene un k= 195, correspondiente a las preguntas realizadas a los empresarios, utilizando la escala de Likert. Como muestra se calculará la varianza sobre las 15 respuestas obtenidas hasta el momento.

Debido a que alfa se ve afectado por la longitud de la escala, los valores altos no garantizan la consistencia interna ni la unidimensionalidad aunque también es necesario examinar la matriz de correlaciones de los ítems individuales y observar las correlaciones ítem-total (Streiner, 2010)

A continuación, una muestra de los datos para las variables:

$$xx_i_yj$$

Donde,

- xx es la dimensión en el modelo de Nadler y Tushman. OF: Organización Formal
- i es el año en la línea de tiempo
- y es la capacidad asociada (A: Apropriación, D: Desarrollo)
- j pregunta asociada a la capacidad

Al aplicar la formulación sobre el número de empresarios que actualmente han realizado el diligenciamiento en la herramienta se obtiene:

- k = 195.
- $\sum_{i=1}^k S_i^2 = 131.7482639$
- $S_t^2 = 4888.293333$

Que da como resultado un alfa (α):

$$\alpha = 0.978$$

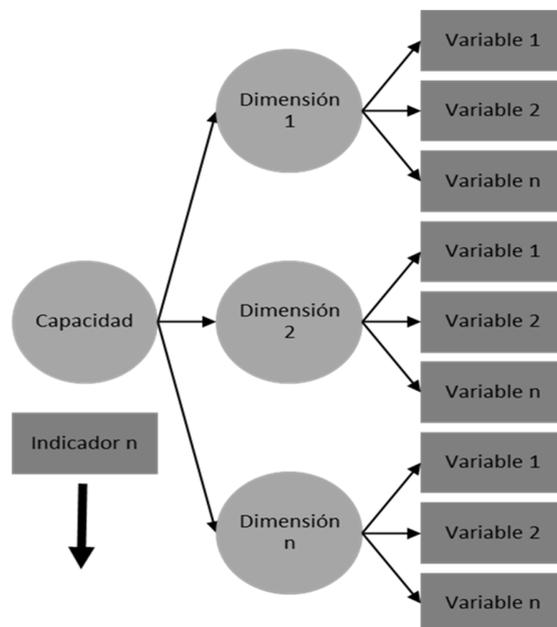
A medida que aumenta el número de ítems, α aumenta hacia 1,00 (Streiner, 2010); para el sistema actual, dado el valor obtenido de α , se puede concluir que se cuenta con buena validez y confiabilidad en el sistema.

Sin embargo, es necesario establecer la relación de dependencia entre las distintas variables del sistema de medición y evaluación con ecuaciones estructurales (SEM), para examinar la solidez conceptual, teórica y procedimental del diseño.

3.4 Modelo de Ecuaciones Estructurales de Mínimos Cuadrados Parciales - PLS SEM

Para el análisis de relaciones entre las variables y definición de constructos según el modelo conceptual, se determina que cada capacidad en línea de tiempo y según las dimensiones en el Modelo de Congruencia Sistémica, se ven representadas de acuerdo con el constructo que se señala en la figura 5.

Figura 6.: Composición reflectiva entre capacidad, dimensiones y sus variables.



Fuente: Elaboración propia.

La relación entre la capacidad, las dimensiones y sus respectivas variables es reflectiva, facilitando la explicación a cada una de ellas; sin embargo, cada capacidad está relacionada en una línea de tiempo (actual, tres años y cinco años atrás) consigo misma de manera formativa.

Figura 7.: Composición formativa de las capacidades consigo misma.



Fuente: Elaboración propia.

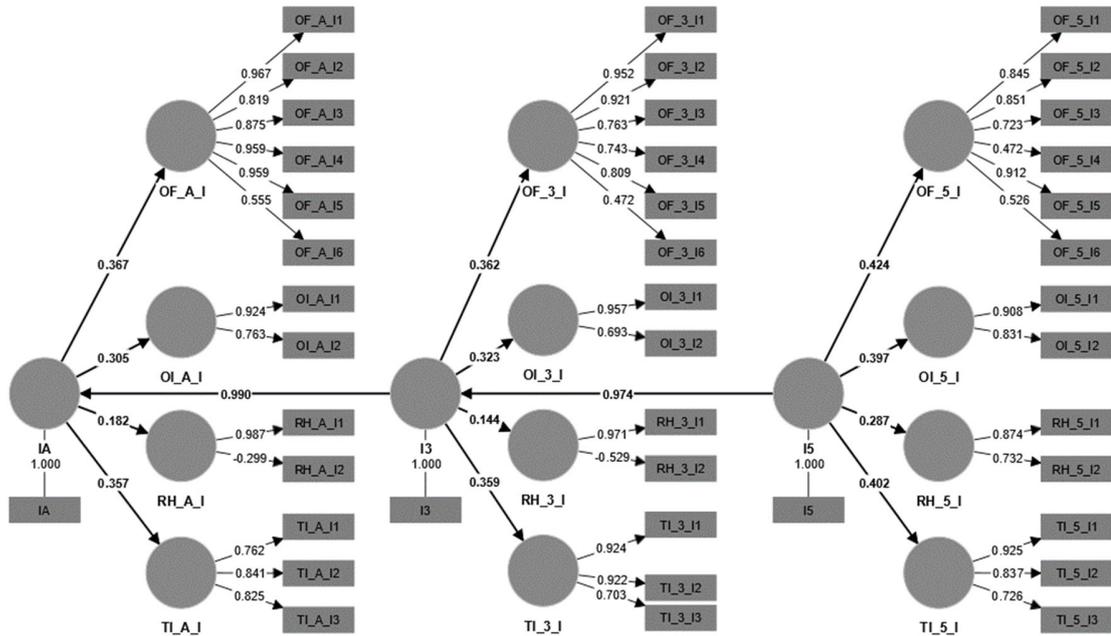
3.5 Resultados a partir de la información obtenida de los empresarios

A continuación, se presentan los resultados del modelamiento para cada una de las CTI, donde se simplifican (excluyen) las dimensiones que para cada capacidad representaban valores constantes y que no permitían el cálculo de las matrices invertidas para la capacidad en general. De la misma manera, se eliminan las variables que en el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo no satisfagan los criterios de calidad del modelo y los coeficientes de regresión parcial.

3.5.1 Capacidad de Investigación.

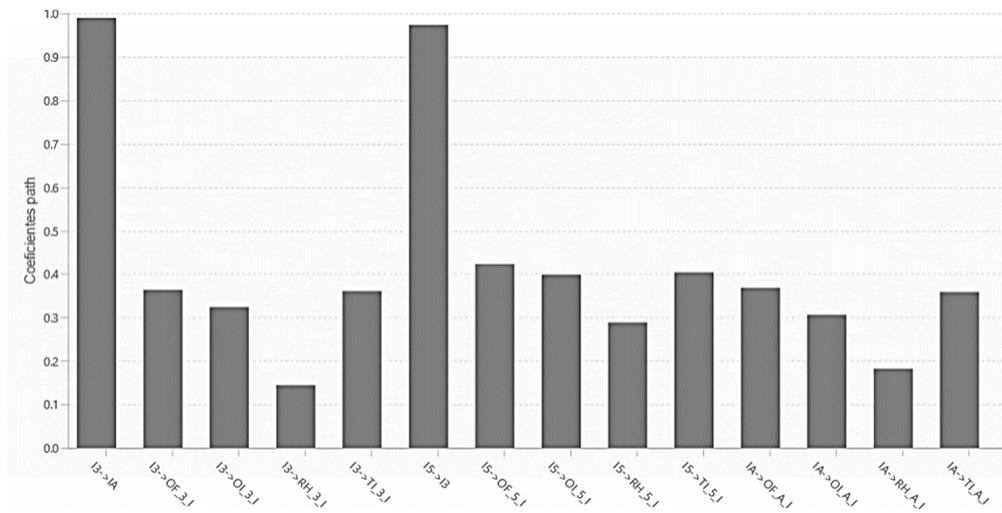
En el ejercicio preliminar de validación de los resultados para el constructo, no se presentan simplificaciones en las dimensiones planteadas (ver figura 8), ya que todos los cálculos pudieron ser realizados y permitieron la obtención de los coeficientes de Path como se muestra en la figura 9.

Figura 8.: Composición capacidad de Investigación y resultados del modelo PLS-SEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9.: Resultado final de coeficientes de Path



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, en el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo (criterio de calidad), no se consigue obtener para una de las variables de RH un valor que satisfaga el modelo (ver tabla 5), por lo que se hace un nuevo cálculo sin esta variable (RH_n_I2).

Tabla 5.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad investigación (criterio de calidad).

	R cuadrado	R cuadrado ajustada
I3	0.948	0.945
IA	0.980	0.978
OF_3_I	0.131	0.069
OF_5_I	0.180	0.121
OF_A_I	0.135	0.073
OI_3_I	0.104	0.040
OI_5_I	0.158	0.097
OI_A_I	0.093	0.028
RH_3_I	0.021	-0.049
RH_5_I	0.083	0.017
RH_A_I	0.033	-0.036
TI_3_I	0.129	0.067
TI_5_I	0.162	0.102
TI_A_I	0.128	0.065

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado, para la capacidad de investigación de acuerdo con el criterio de calidad R2 ajustado, se conservan las variables así:

Tabla 6.: Número de variables resultantes para la capacidad de investigación.

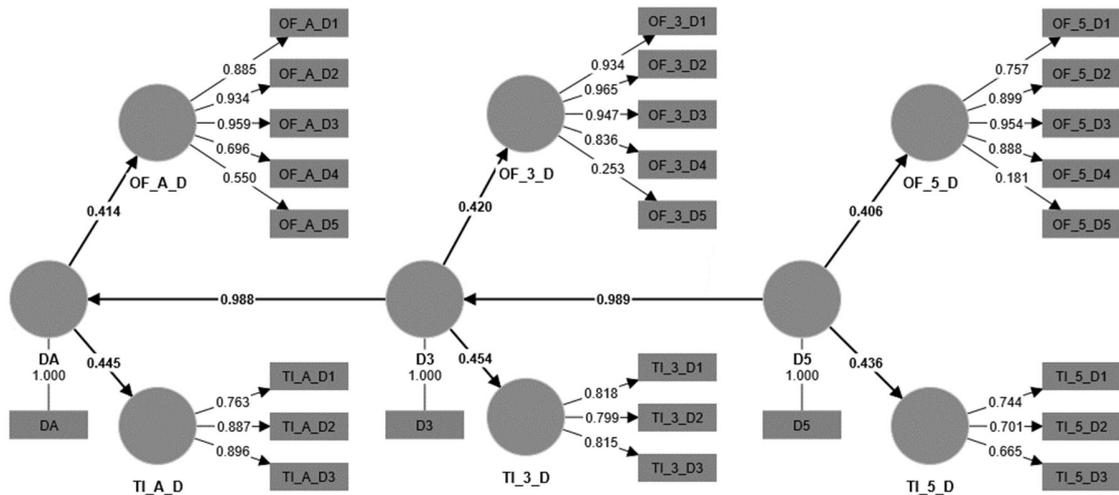
Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Explorador	Investigación	6	2	1	3

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

3.5.2 Capacidad de Desarrollo.

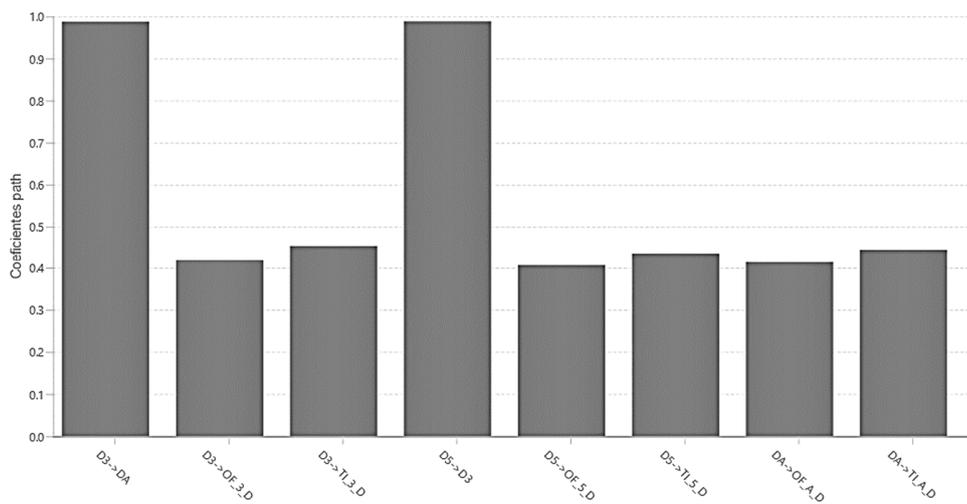
En el ejercicio preliminar de validación de los resultados para el constructo, se simplifican las dimensiones de: Organización Informal y Recursos humanos como se muestra en la figura 10, ya que los cálculos no pudieron ser realizados y solo fue posible la obtención de los coeficientes de Path con las dimensiones de Organización Formal y Tecnología (ver figura 11)

Figura 10.: Composición capacidad de Desarrollo y resultados del modelo PLS-SEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11: Resultado final de coeficientes de Path.



Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo (criterio de calidad), se consiguen obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo (Tabla 8), por lo que no se hace necesario simplificar más el modelo.

Tabla 7.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad desarrollo (criterio de calidad).

	R cuadrado	R cuadrado ajustada
D3	0.978	0.976
DA	0.977	0.975
OF_3_D	0.177	0.118
OF_5_D	0.165	0.105
OF_A_D	0.171	0.112
TI_3_D	0.206	0.149
TI_5_D	0.190	0.132
TI_A_D	0.198	0.140

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado, para la capacidad de Desarrollo, se conservan las variables así:

Tabla 8.: Número de variables finales para la capacidad de desarrollo

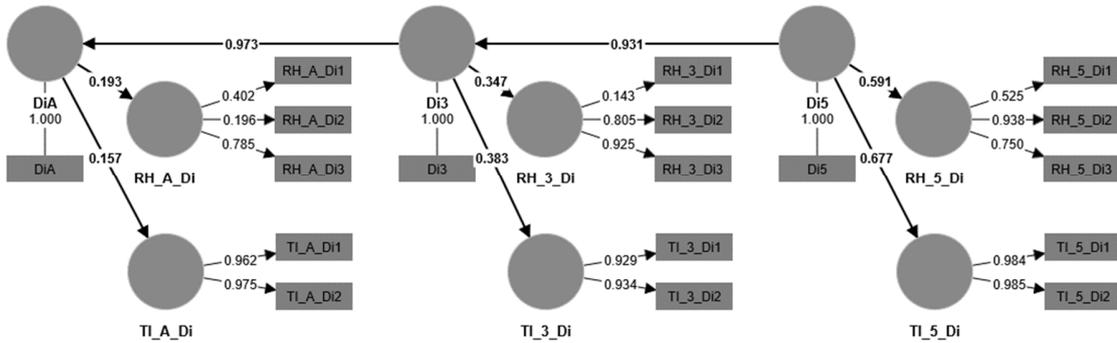
Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Explorador	Desarrollo	5	0	0	3

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

3.5.3 Capacidad de Difusión.

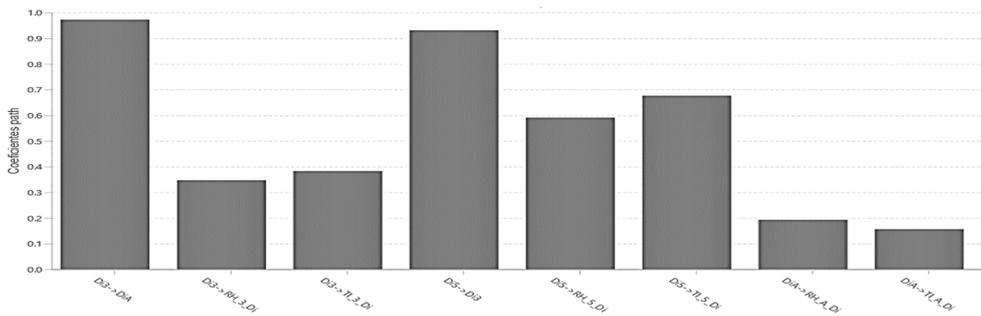
En la validación de los resultados para el constructo, se simplifican las dimensiones de: Organización Formal e Informal (ver figura 12), ya que los cálculos no pudieron ser realizados y solo fue posible la obtención de los coeficientes de Path con las dimensiones de Recursos humanos y Tecnología (Fig. 13)

Figura 12.: Composición capacidad de Difusión y resultados del modelo PLS-SEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13.: Resultado final de coeficientes de Path.



Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo (criterio de calidad), se consiguen obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo (ver tabla 9), excepto para una de las variables de RH, que finalmente fue simplificada (RH_n_Di1)

Tabla 9.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad difusión (criterio de calidad).

	R cuadrado	R cuadrado ajustada
Di3	0.868	0.858
DiA	0.946	0.943
RH_3_Di	0.121	0.058
RH_5_Di	0.349	0.303
RH_A_Di	0.037	-0.031
TI_3_Di	0.146	0.086
TI_5_Di	0.458	0.419
TI_A_Di	0.025	-0.045

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado, para la capacidad de Difusión, se conservan las variables así:

Tabla 10.: Número de variables finales para la capacidad de difusión

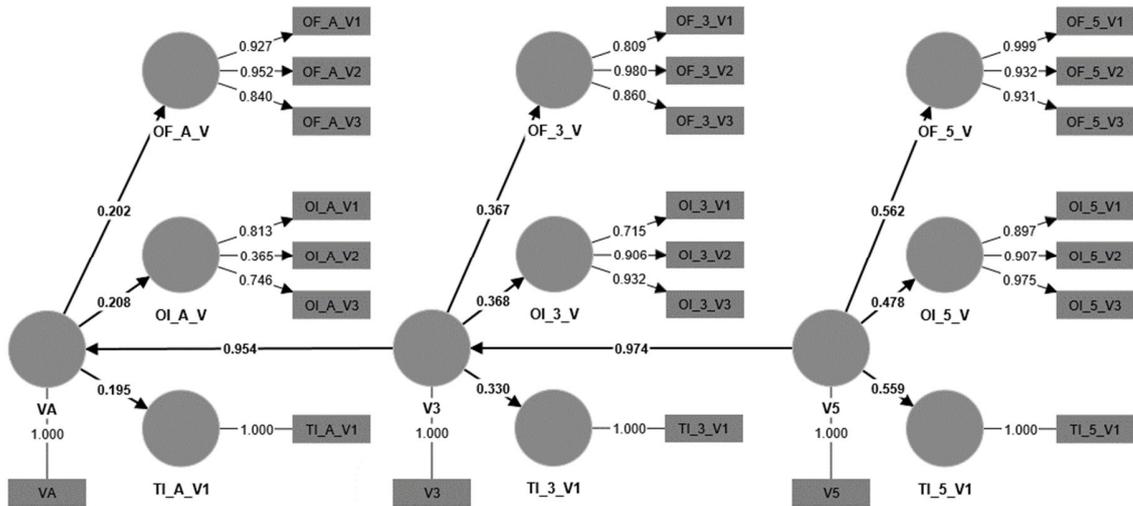
Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Intermediario	Difusión	0	0	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

3.5.4 Capacidad de Vinculación.

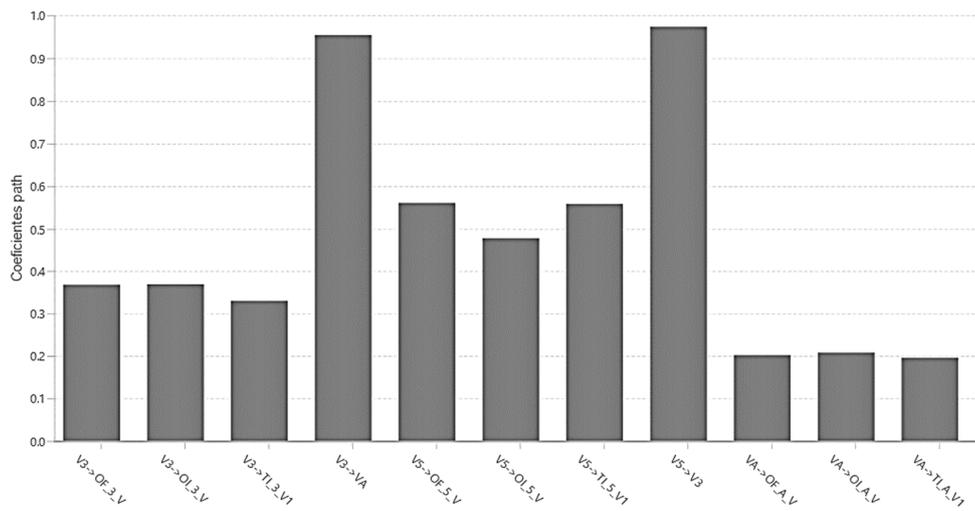
En la validación de los resultados para el constructo, como se muestra en la figura 14, se simplifica la dimensión de Recursos Humanos, ya que los cálculos no pudieron ser realizados y solo fue posible la obtención de los coeficientes de Path con las demás dimensiones (Figura 15.)

Figura 14.: Composición capacidad de Vinculación y resultados del modelo PLS-SEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.: Resultado final de coeficientes de Path.



Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo (criterio de calidad), se consiguen obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo (ver tabla 11).

Tabla 11.: Resultado R-cuadrado ajustado para la capacidad vinculación (criterio de calidad).

	R cuadrado	R cuadrado ajustada
OF_3_V	0.135	0.073
OF_5_V	0.315	0.266
OF_A_V	0.041	-0.028
OI_3_V	0.136	0.074
OI_5_V	0.229	0.174
OI_A_V	0.043	-0.025
TI_3_V1	0.109	0.045
TI_5_V1	0.313	0.264
TI_A_V1	0.038	-0.030
V3	0.948	0.944
VA	0.910	0.904

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado, para la capacidad de vinculación, en la tabla 12 se presentan cómo se conservan las variables:

Tabla 12.: Número de variables finales para la capacidad de vinculación

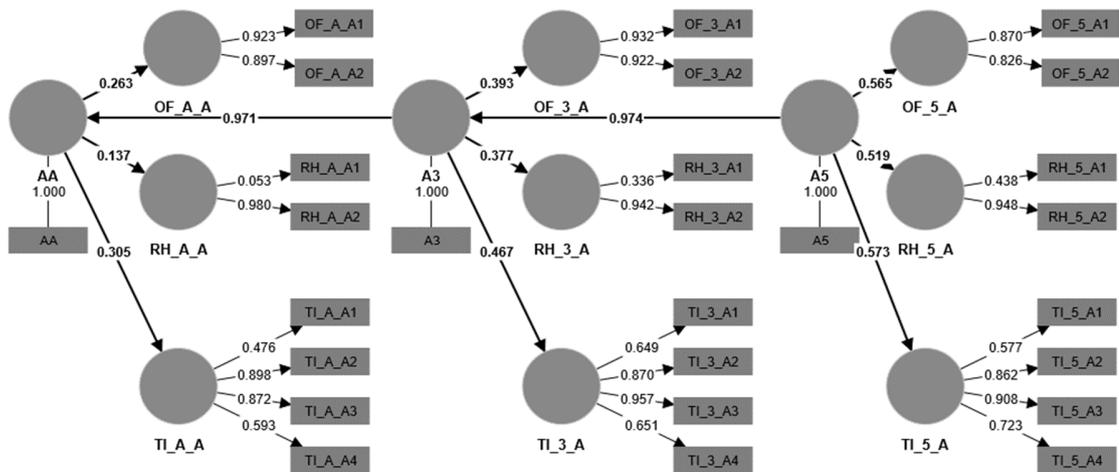
Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Intermediario	Vinculación	3	3	0	1

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

3.5.5 Capacidad de Apropiación.

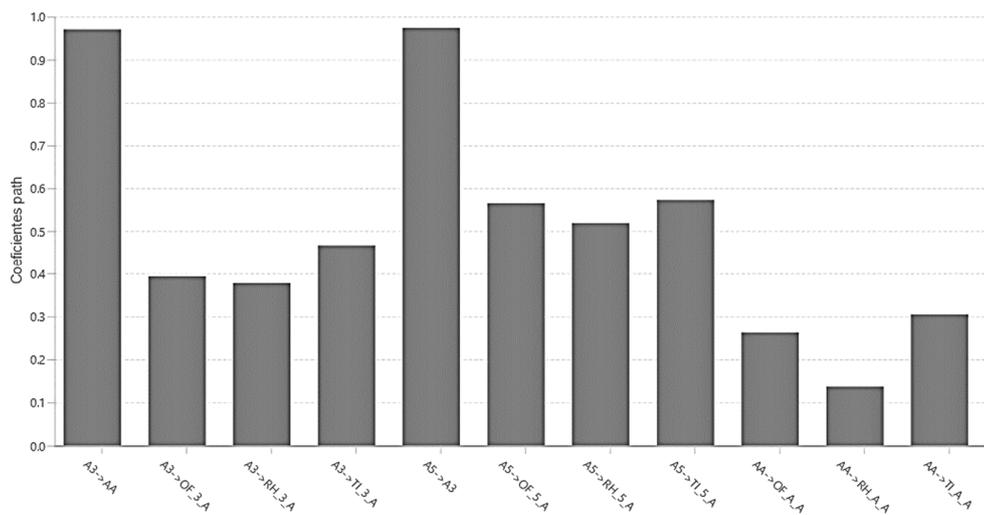
En la validación de los resultados para el constructo, como se muestra en la figura 16, se simplifica la dimensión de Organización formal, ya que los cálculos no pudieron ser realizados y solo fue posible la obtención de los coeficientes de Path con las demás dimensiones (ver figura 17)

Figura 16.: Composición capacidad de Apropiación y resultados del modelo PLS-SEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 17.: Resultado final de coeficientes de Path.



Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo (criterio de calidad), se consiguen obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo (ver tabla 13), excepto para una de las variables de RH, que finalmente fue simplificada (RH_n_A1)

Tabla 13.: Resultado R-cuadrado ajustado para capacidad apropiación (criterio de calidad).

	R cuadrado	R cuadrado ajustada
A3	0.949	0.946
AA	0.943	0.938
OF_3_A	0.154	0.094
OF_5_A	0.320	0.271
OF_A_A	0.069	0.003
RH_3_A	0.142	0.081
RH_5_A	0.269	0.217
RH_A_A	0.019	-0.051
TI_3_A	0.218	0.162
TI_5_A	0.328	0.280
TI_A_A	0.093	0.028

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado, para la capacidad de apropiación, se conservan las variables así:

Tabla 14.: Número de variables finales para la capacidad de apropiación

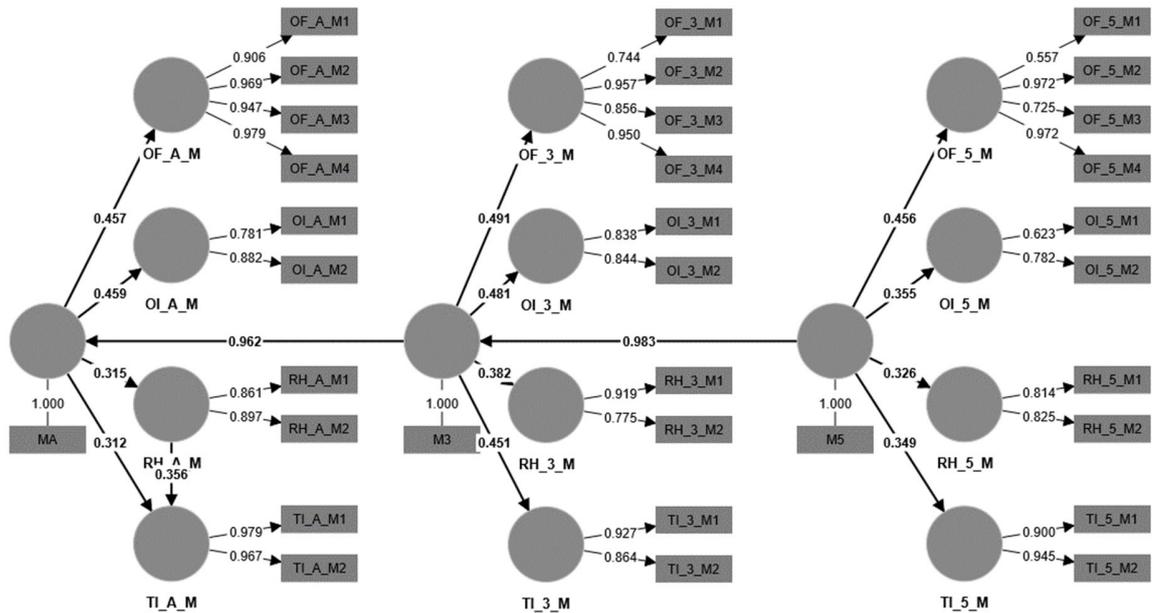
Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Explotador	Apropiación	2	0	1	4

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

3.5.6 Capacidad de Mercado.

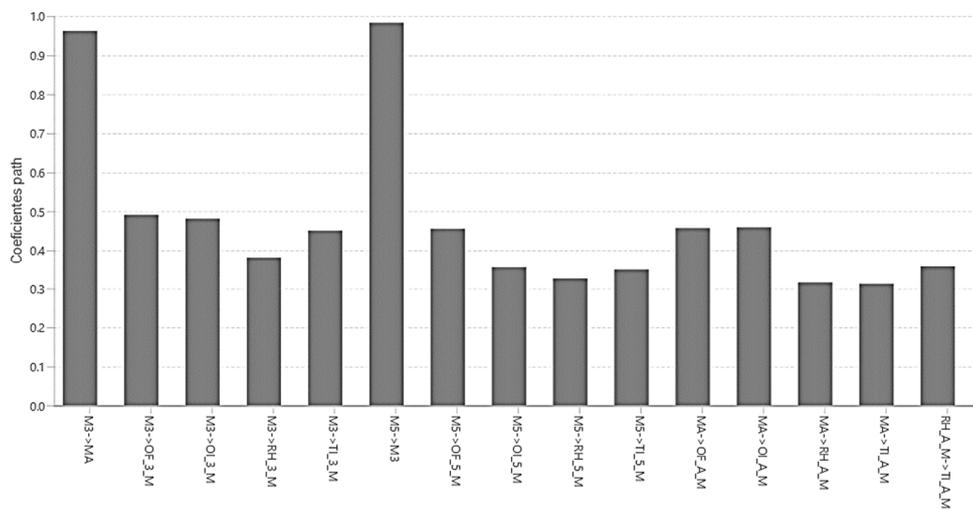
En el ejercicio preliminar de validación de los resultados para el constructo, no se presentan simplificaciones en las dimensiones planteadas (ver figura 18), ya que todos los cálculos pudieron ser realizados y permitieron la obtención de los coeficientes de Path como se muestra en la figura 19.

Figura 18.: Composición capacidad de Mercado y resultados del modelo PLS-SEM.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 19.: Resultado final de coeficientes de Path.



Fuente: Elaboración propia.

En el cálculo para la fiabilidad y validez del constructo (criterio de calidad), se consiguen obtener para todas de las variables los valores que satisfagan el modelo (ver tabla 15)

Tabla 15.: Resultado R-cuadrado ajustado para capacidad de mercado (criterio de calidad).

	R cuadrado	R cuadrado ajustada
M3	0.967	0.965
MA	0.926	0.921
OF_3_M	0.241	0.187
OF_5_M	0.208	0.151
OF_A_M	0.209	0.152
OI_3_M	0.232	0.177
OI_5_M	0.126	0.064
OI_A_M	0.211	0.154
RH_3_M	0.146	0.085
RH_5_M	0.106	0.042
RH_A_M	0.099	0.035
TI_3_M	0.203	0.147
TI_5_M	0.122	0.059
TI_A_M	0.295	0.186

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16.: Número de variables finales para la capacidad de mercado.

Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología
Explotador	Mercado	4	2	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

Una vez finalizado el modelo PLS-SEM y simplificado el número de variables según el análisis de constructos y aplicación de los criterios de calidad, se reduce el sistema en 13 variables

Tabla 17.: Número de variables según las capacidades luego de aplicar PLS-SEM.

Agente	Capacidad	Dimensiones			
		Organización Formal	Organización Informal	Recursos Humanos	Tecnología

Explorador	Investigación	6	2	1 (-1)	3
	Desarrollo	5	0 (-2)	0 (-2)	3
Intermediario	Difusión	4	2	0 (-3)	2
	Vinculación	3	3	0 (-2)	1
Explotador	Apropiación	2	0 (-2)	1 (-1)	4
	Mercado	4	2	2	2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

3.6 Presentación del nivel de madurez de las capacidades

Para la presentación de los resultados a las empresas participantes, se presenta el grado de madurez de las capacidades determinado a partir de los valores obtenidos de cada capacidad, según el tipo de actor, con base en la escala definida por Lall (1992), así: Básicas (0.0 a 2,99); Intermedias (3.0 a 5,99) y Avanzadas (6.0 a 9.0).

Para calcular el grado de madurez de las capacidades usamos la siguiente formulación:

$$M_c = 3 \left(\frac{\sum_{i=1}^k x}{k} - 1 \right)$$

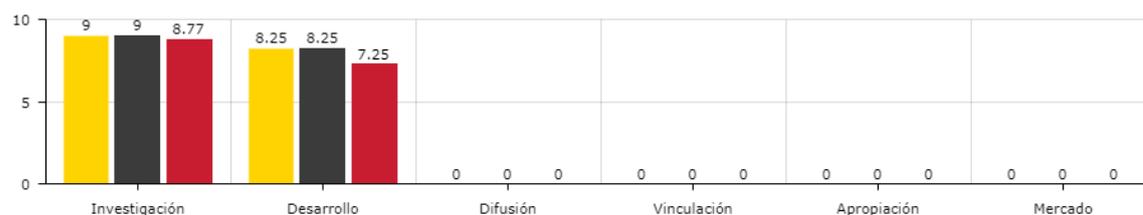
Donde,

- x es el valor de cada variable asociada a la misma capacidad.
- k es el número de variables asociadas a la capacidad.

En las figuras 20, 21 y 22 se presentan ejemplos de los resultados de capacidades, de acuerdo con la línea de tiempo:

■ Actual
 ■ Hace 3 años
 ■ Hace 5 años

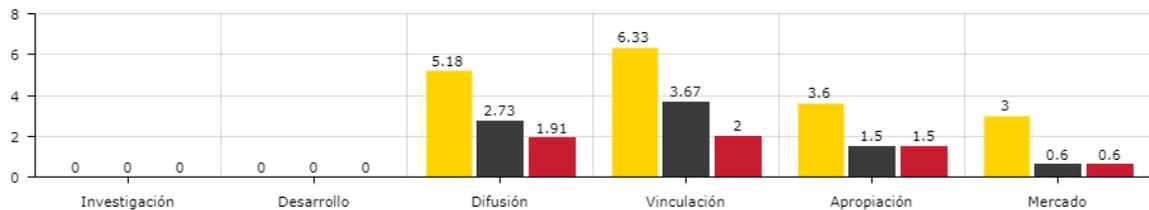
Figura 20.: Resultados para Empresario 11 (Tipo de agente: Explorador)



Fuente: Elaboración propia.

En las capacidades de investigación y desarrollo se ha mantenido en nivel avanzado a lo largo de la línea de tiempo.

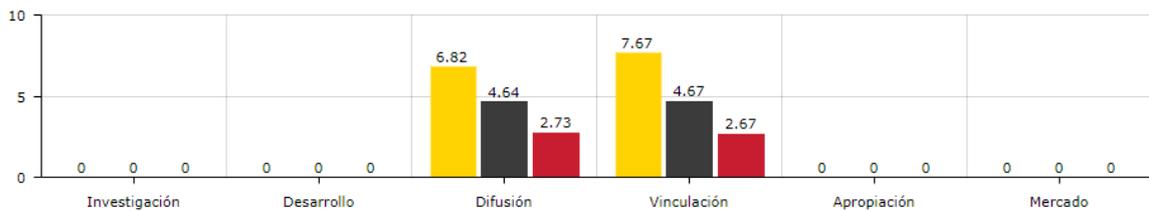
Figura 21.: Resultados para Empresario 11 (Tipo de agente: Intermediario y explotador)



Fuente: Elaboración propia.

En las capacidades de difusión, apropiación y mercado; pasa de nivel básico (hace 5 años) a nivel intermedio (hace 3 años) y se mantiene en la actualidad. En la capacidad de vinculación, por su parte, pasa de nivel básico (hace 5 años) a avanzado (actual), pasando por el nivel intermedio (hace 3 años).

Figura 22.: Resultados para Empresario 15 (Tipo de agente: Intermediario)



Fuente: Elaboración propia.

Tanto en la capacidad de difusión como en la de vinculación, se pasa de nivel básico (hace 5 años) a avanzado (actual), pasando por el nivel intermedio (hace 3 años).

Capítulo 4

4.1 Conclusiones

El objetivo de esta investigación, fue elaborar un sistema de medición y evaluación de las CTI aplicado al sistema regional de innovación de la industria aeroespacial en Antioquia, validando su consistencia y fiabilidad a través del coeficiente de alfa de Cronbach y de un modelo de Ecuaciones Estructurales de Mínimos Cuadrados Parciales - PLS SEM; para tal fin, se diseñó un conjunto de variables a partir del análisis de los marcos teóricos y empíricos de los modelos existentes para la medición y evaluación de las CTI en sistemas de innovación y se desarrolló una aplicación para obtener los datos de los empresarios participantes en la investigación.

Los resultados obtenidos metodológicamente, llevan a la conclusión que el sistema de medición y evaluación de las CTI desarrollado permite la identificación de los niveles de las CTI para: investigación, desarrollo, difusión, vinculación, apropiación para la producción y mercadeo; lo que facilitar la toma de decisiones rápidas orientadas al fortalecimiento de las capacidades del Clúster Aeroespacial de Antioquia, así como generar conocimiento de los agentes que hacen parte de él.

De la misma manera, esta investigación proporciona un punto de partida para proponer estrategias para apalancar el desarrollo, a partir de las CTI, de las empresas de la industria y para la validación en casos de estudio en otros SRIA de Colombia, como casos comparativos en el comportamiento de las CTI; además, como base para futuras propuestas de medición y evaluación de las CTI que permitan simular políticas y estrategias que ayuden con el desempeño innovador de estos sistemas.

Los resultados de la investigación también permiten concluir que poder observar los niveles de las capacidades en diferentes periodos de tiempo, ayudan a entender mejor su evolución, sus patrones y los tipos de especialización de las compañías dentro del sistema; lo cual es necesario para responder eficientemente a un entorno cada vez más complejo.

Por último, se concluye que asociar el modelo a un instrumento o aplicación que permita la recolección de los datos, facilita una mejor comprensión de los SRIs y las firmas que los componen.

4.2 Recomendaciones

Para estudios futuros en los que se tome como punto de partida este sistema de medición, se sugiere realizar una nueva vigilancia tecnológica con el fin de identificar posibles actualizaciones al sistema de variables en general y, particularmente, las relacionadas con las capacidades de apropiación: para el uso o implementación de tecnologías 4RI y vinculación: en la adopción de nuevas metodologías para la colaboración empresarial.

De la misma manera, en el caso que se cuente con un mayor volumen de datos o se vaya a realizar un estudio de caso aplicado en otros SRIA, se propone considerar incluir nuevamente algunas de las variables simplificadas en el marco metodológico de esta propuesta. En el capítulo de resultados se presentan los criterios de evaluación para tener en cuenta al adicionar o simplificar nuevas variables.

Otros estudios que se podrían derivar de la presente investigación pueden resultar del análisis de los resultados, en mediciones que se puede generar anualmente para evaluar cambios en el comportamiento de las capacidades, que ayuden a tomar decisiones en el sector y evaluar impactos de nuevas políticas públicas que se hayan implementado para el fortalecimiento del clúster.

~~Otros estudios que se podrían derivar de la presente investigación pueden resultar del análisis del cambio de las variables, a lo largo de la línea de tiempo, en comparación a la implementación de nuevas políticas públicas para el fortalecimiento del sector asociadas a las CTI. A partir de los resultados proporcionados por este sistema y buscando desarrollar las CTIs, UPB y CAESCOL, podrían facilitar un proceso de transformación desde estos aspectos: Colaboración, con el gobierno para la generación de políticas públicas y alianzas internacionales que permitan mayor competitividad y participación en el mercado global; y con empresas de la región, para complementar las capacidades y buscar sinergias que permitan posibiliten la participación en proyectos o negocios de mayor impacto o alcance. Especialización, para disminuir la diversificación de productos en otros sectores y promover un enfoque en el desarrollo de capacidades para el clúster aeroespacial. Y, finalmente, en la búsqueda de financiación e inversión que permita acelerar el crecimiento del sector.~~

Anexos

Tabla A1.: Listado de variables y nomenclatura correspondiente para la elaboración de constructos

CAPACIDAD (Dimensiones y variables)	NOMENCLATURA ASIGNADA SEGÚN LINEA DE TIEMPO		
	ACTUAL	HACE 3 AÑOS	HACE 5 AÑOS
INVESTIGACIÓN	IA	I3	I5
Organización Formal	OF_A_I	OF_3_I	OF_5_I
¿El actor presenta un proceso para la gestión de la investigación?	OF_A_I1	OF_3_I1	OF_5_I1
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie el área de investigación?	OF_A_I2	OF_3_I2	OF_5_I2
¿Cuenta con mecanismos de búsqueda de financiación para el desarrollo de la investigación?	OF_A_I3	OF_3_I3	OF_5_I3
¿Qué porcentaje de las ventas invierte el actor en investigación?	OF_A_I4	OF_3_I4	OF_5_I4
¿Qué mecanismos conoce y utiliza el actor para proteger los resultados de sus investigaciones?	OF_A_I5	OF_3_I5	OF_5_I5
¿Ha participado en proyectos de investigación en los que haya tenido que adquirir pólizas de seguro?	OF_A_I6	OF_3_I6	OF_5_I6
Organización Informal	OI_A_I	OI_3_I	OI_5_I
¿Se tiene una cultura creativa que incentive las nuevas ideas para la investigación?	OI_A_I1	OI_3_I1	OI_5_I1

¿Se posee una disposición a relacionarse con otros actores para la formulación de proyectos de investigación?	OI_A_I2	OI_3_I2	OI_5_I2
Recurso Humano	RH_A_I	RH_3_I	RH_5_I
Experiencia del área de investigación en el sector	RH_A_I1	RH_3_I1	RH_5_I1
Nivel de formación de los empleados	RH_A_I2	RH_3_I2	RH_5_I2
Tecnológico	TI_A_I	TI_3_I	TI_5_I
¿Realiza vigilancia tecnológica?	TI_A_I1	TI_3_I1	TI_5_I1
¿Cuenta con equipos tecnológicos (maquinaria, software etc.,) para la investigación?	TI_A_I2	TI_3_I2	TI_5_I2
¿Usa tecnologías 4RI en proyectos de investigación?	TI_A_I3	TI_3_I3	TI_5_I3
DESARROLLO	DA	D3	D5
Organización Formal	OF_A_D	OF_3_D	OF_5_D
¿Cuenta con un modelo o metodología para planear y desarrollar nuevos productos y/o servicios?	OF_A_D1	OF_3_D1	OF_5_D1
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie el área de desarrollo experimental?	OF_A_D2	OF_3_D2	OF_5_D2
¿La Organización invierte en el desarrollo experimental?	OF_A_D3	OF_3_D3	OF_5_D3
¿Presenta un modelo para gestionar los proyectos de desarrollo experimental antes de salir al mercado?	OF_A_D4	OF_3_D4	OF_5_D4

¿Ha participado en proyectos de desarrollo en los que haya tenido que adquirir pólizas de seguro?	OF_A_D5	OF_3_D5	OF_5_D5
Organización Informal	OI_A_D	OI_3_D	OI_5_D
¿Están empoderados los directores o jefes de producción para el control y el desarrollo de nuevos y mejorados productos?	OI_A_D1	OI_3_D1	OI_5_D1
¿Se posee una disposición a relacionarse con otros actores para la realización del desarrollo experimental?	OI_A_D2	OI_3_D2	OI_5_D2
Recurso Humano	RH_A_D	RH_3_D	RH_5_D
¿El equipo encargado del desarrollo es multidisciplinario?	RH_A_D1	RH_3_D1	RH_5_D1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de desarrollo?	RH_A_D2	RH_3_D2	RH_5_D2
Tecnológico	TI_A_D	TI_3_D	TI_5_D
¿La organización cuenta con herramientas y técnicas para gestionar el desarrollo de los nuevos productos/servicios?	TI_A_D1	TI_3_D1	TI_5_D1
¿Cuántos desarrollos de productos o procesos se han generado y/o implementado al año?	TI_A_D2	TI_3_D2	TI_5_D2
¿Usa tecnologías 4RI en proyectos de desarrollo de nuevos productos/servicios?	TI_A_D3	TI_3_D3	TI_5_D3
DIFUSIÓN	DiA	Di3	Di5
Organización Formal	OF_A_Di	OF_3_Di	OF_5_Di
¿Identifica e integra la demanda para difundir su conocimiento?	OF_A_Di1	OF_3_Di1	OF_5_Di1

¿Identifica e integra la oferta para difundir su conocimiento?	OF_A_Di2	OF_3_Di2	OF_5_Di2
¿Utiliza metodologías para transferir su conocimiento?	OF_A_Di3	OF_3_Di3	OF_5_Di3
¿Existe una estructura organizacional donde se evidencie los roles de cada miembro para la difusión?	OF_A_Di4	OF_3_Di4	OF_5_Di4
Organización Informal	OI_A_Di	OI_3_Di	OI_5_Di
¿El actor realiza derrames de conocimiento?	OI_A_Di1	OI_3_Di1	OI_5_Di1
En relación con la difusión del conocimiento y tecnología, considera	OI_A_Di2	OI_3_Di2	OI_5_Di2
Recurso Humano	RH_A_Di	RH_3_Di	RH_5_Di
¿Cuál es la formación académica de las personas encargadas de hacer difusión?	RH_A_Di1	RH_3_Di1	RH_5_Di1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de difusión?	RH_A_Di2	RH_3_Di2	RH_5_Di2
¿Cuánta experiencia tiene haciendo difusión en el sector?	RH_A_Di3	RH_3_Di3	RH_5_Di3
Tecnológico	TI_A_Di	TI_3_Di	TI_5_Di
¿Cuenta la organización con instrumentos que le permiten realizar análisis comparativo y competitivo del sector?	TI_A_Di1	TI_3_Di1	TI_5_Di1
¿Adquiere capital (conocimiento y tecnología) externo?	TI_A_Di2	TI_3_Di2	TI_5_Di2
VINCULACIÓN	VA	V3	V5
Organización Formal	OF_A_V	OF_3_V	OF_5_V
¿Qué métodos utiliza para que se origine la colaboración?	OF_A_V1	OF_3_V1	OF_5_V1

¿Se posee normas que permitan la coordinación, cooperación y reciprocidad?	OF_A_V2	OF_3_V2	OF_5_V2
¿Qué tipo de contrato de colaboración utiliza para vincularse a otros actores y/o organizaciones del sistema?	OF_A_V3	OF_3_V3	OF_5_V3
Organización Informal	OI_A_V	OI_3_V	OI_5_V
Para el desarrollo de nuevos productos y/o servicios (DNP), el actor se apoya y mantiene constante comunicación	OI_A_V1	OI_3_V1	OI_5_V1
¿Qué espacios de reunión para interactuar con otros actores del sistema propicia?	OI_A_V2	OI_3_V2	OI_5_V2
¿Cuál es el marco institucional en el que interactúa?	OI_A_V3	OI_3_V3	OI_5_V3
Recurso Humano	RH_A_V	RH_3_V	RH_5_V
¿Cuánta experiencia tiene haciendo vinculación en el sector?	RH_A_V1	RH_3_V1	RH_5_V1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de vinculación?	RH_A_V2	RH_3_V2	RH_5_V2
Tecnológico	TI_A_V	TI_3_V	TI_5_V
¿Usa herramientas colaborativas para vincularse a otros actores y/o organizaciones del sistema?	TI_A_V1	TI_3_V1	TI_5_V1
APROPIACIÓN	AA	A3	A5
Organización Formal	OF_A_A	OF_3_A	OF_5_A
¿Tiene algún método para el análisis del seguimiento de la producción de los nuevos productos y servicios?	OF_A_A1	OF_3_A1	OF_5_A1

¿Cuál es el porcentaje de inversión en innovación de proceso?	OF_A_A2	OF_3_A2	OF_5_A2
Organización Informal	OI_A_A	OI_3_A	OI_5_A
¿Existe una cultura para trabajar en equipo en los procesos de producción y desarrollo?	OI_A_A1	OI_3_A1	OI_5_A1
¿La organización participa en el diseño o mejoramiento de procesos de la empresa mediante el relacionamiento con otras organizaciones?	OI_A_A2	OI_3_A2	OI_5_A2
Recurso Humano	RH_A_A	RH_3_A	RH_5_A
El nivel de formación de los empleados en el área de producción	RH_A_A1	RH_3_A1	RH_5_A1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de apropiación de nuevas tecnologías?	RH_A_A2	RH_3_A2	RH_5_A2
Tecnológico	TI_A_A	TI_3_A	TI_5_A
En cuanto a las tecnologías de gestión aplicadas al proceso, el actor u organización ha implementado en el último año	TI_A_A1	TI_3_A1	TI_5_A1
En cuanto a la tecnología adquirida para la producción, en los últimos 10 años	TI_A_A2	TI_3_A2	TI_5_A2
¿Ha adoptado tecnología para la mejora o desarrollo de procesos en los últimos años?	TI_A_A3	TI_3_A3	TI_5_A3
¿Usa tecnologías 4RI en la producción de productos/servicios?	TI_A_A4	TI_3_A4	TI_5_A4
MERCADO	MA	M3	M5
Organización Formal	OF_A_M	OF_3_M	OF_5_M

¿Invierte en el lanzamiento de nuevos productos/servicios?	OF_A_M1	OF_3_M1	OF_5_M1
¿Cuenta con proceso de gestión de mercadeo y ventas?	OF_A_M2	OF_3_M2	OF_5_M2
¿Tiene definido un sistema de marketing mix (precio, producto, plaza y promoción)?	OF_A_M3	OF_3_M3	OF_5_M3
¿Cuál ha sido la participación en las ventas de nuevos productos en la organización?	OF_A_M4	OF_3_M4	OF_5_M4
Organización Informal	OI_A_M	OI_3_M	OI_5_M
¿Se tiene la tolerancia al riesgo de introducir innovaciones radicales?	OI_A_M1	OI_3_M1	OI_5_M1
¿Existe una cultura para trabajar en equipo con los clientes y consumidores de sus productos?	OI_A_M2	OI_3_M2	OI_5_M2
Recurso Humano	RH_A_M	RH_3_M	RH_5_M
¿Cuánta experiencia tiene haciendo mercadeo de nuevos productos?	RH_A_M1	RH_3_M1	RH_5_M1
¿Cuál es la proporción de las personas con funciones de mercadeo de nuevos productos?	RH_A_M2	RH_3_M2	RH_5_M2
Tecnológico	TI_A_M	TI_3_M	TI_5_M
¿Realiza inteligencia competitiva?	TI_A_M1	TI_3_M1	TI_5_M1
¿Realiza prospectiva de mercados?	TI_A_M2	TI_3_M2	TI_5_M2

Fuente: Elaboración propia a partir de las variables seleccionadas

Tabla A2.: Datos obtenidos de los empresarios del clúster para cada variable

	OF_3_A1	OF_3_A2	OF_3_D1	OF_3_D2	OF_3_D3	OF_3_D4	OF_3_D5
Empresario 1			3	2	3	1	2
Empresario 2	2	1	2	2	2	3	1
Empresario 3	1	2					
Empresario 4			3	3	3	3	1
Empresario 5			2	1	1	1	1
Empresario 6	2	3					
Empresario 7	3	4					
Empresario 8			4	4	4	4	1
Empresario 9			4	4	4	4	1
Empresario 10			4	3	4	3	4
Empresario 11	1	1					
Empresario 12			3	3	4	3	1
Empresario 13							
Empresario 14	2	2					
Empresario 15							

Fuente: Muestra de variables: 7 de 195. Elaboración propia a partir de los datos de la herramienta aplicada a los empresarios del sector

Bibliografía

- Acosta-Prado, J., Romero, A., & Tafur, A. (2020). Conditions of knowledge management, innovation capability and firm performance in Colombian NTBFs: A measurement scale. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*.
- Acs, Z., & Varga, A. (2002). Introduction to the Special Issue on Regional Innovation Systems. *International Regional Science Review*, 3-7.
- Adams, R., Bessant, J., & Phelps, R. (2006). Innovation management measurement: A review. *International Journal of Management Reviews*, 21-47.
- Agogué, M., Berthet, E., Fredberg, T., Le Masson, P., Segrestin, B., Stoetzel, M., . . . Yström, A. (2017). Explicating the role of innovation intermediaries in the “unknown”: a contingency approach. *Journal of Strategy and Management*, 19-39. doi:10.1108/JSMA-01-2015-0005
- Annavarjula, M., Nandialath, A. M., & Mohan, R. (2012). Innovation capabilities and international performance of firms: a quantile regression approach. *International Journal of Business Innovation and Research*, 615-635.
- Archibugi, D., & Coco, A. (2005). Measuring technological capabilities at the country level: A survey and a menu for choice. *Research Policy*, 175-194.
- Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. Michigan: G. Braziller.
- BID, Llisterri, J., & Pietrobelli, C. (2011). *Los Sistemas De Innovación En América Latina*. Washington D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Capaldo, G., Iandoli, L., Raffa, M., & Zollo, G. (2003). The Evaluation of Innovation Capabilities in Small Software Firms: A Methodological Approach. *Small Business Economics*, 343-354.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy*, 233-245.

- Chen, Q., Wang, C., & Huang, S. (2020). Effects of organizational innovation and technological innovation capabilities on firm performance: evidence from firms in China's Pearl River Delta. *Asia Pacific Business Review*, 72–96.
- Chung, S. (2002). Building a national innovation system through regional innovation systems. *Technovation*, 485-491.
- Colciencias. (2016). *Documento N 1602: Actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Bogotá: Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Congreso de Colombia. (1992). *Ley 30 de Diciembre 28 de 1992; Por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior*. Bogotá: Congreso de Colombia.
- Consejo Privado de Competitividad. (2013). *Índice departamental de Competitividad 2013*. Bogotá: Consejo privado de competitividad.
- Cooke, P. (2002). *Knowledge Economies: Clusters, Learning and Cooperative Advantage*. London: Routledge.
- Cooke, P., Gomez Uranga, M., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy*, 475-491.
- Costa, J., & Rodrigues, C. (2020). Why innovative firms do not rely on universities as innovation sources? *Global Business and Economics*, 351–374.
- Departamento Nacional de Planeación. (2015). *Conpes 3834: Lineamientos de política para estimular la inversión privada en ciencia, tecnología e innovación a través de deducciones tributarias*. Departamento Nacional De Planeación: Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Índice Departamental de Innovación IDIC: Análisis sistémico y capacidades de innovación*. Bogotá: DNP.
- Ernst, D., Ganiatsos, T., & Mytelka, L. (1998). Technological Capabilities and Export Performance: Lessons from East Asia. *Cambridge University Press*.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1997). Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University-Industry Relations.

- Fagerberg, J., & Srholec, M. (2008). National innovation systems, capabilities and economic development. *Research Policy*, 1417-1435.
- Furman, J., Porter, M., & Stern, S. (2002). The determinants of national innovative capacity. *Research Policy*, 899-933.
- Garay, J. L., Fatat, A., Gómez, S., Quintero, L. F., Restrepo, E., Tovar, J., . . . Yemail, B. (1998). *Colombia: estructura industrial e internacionalización. 1967-1996*. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.
- Gómez, M.a. E., Villalba, M.a. L., & Pérez, D. M. (2020). Análisis comparativo de las capacidades de innovación tecnológica de la industria manufacturera colombiana, 2006-2014. Una revisión a partir de la metodología de clases latentes. *Revista Innovar Journal*, 93-106.
- Hajek, P., Henriques, R., & Hajkova, V. (2014). Visualising components of regional innovation systems using self-organizing maps - Evidence from European regions. *Technological Forecasting and Social Change*, 84, 197-214. doi:10.1016/j.techfore.2013.07.013.
- Hanaysha, J., Al-Shaikh, M., Joghee, S., & Alzoubi, H. (2022). Impact of innovation capabilities on business sustainability in small and medium enterprises. *FIIB Business Review*, 67-78.
- He, J., & Luo, H. (2010). The evaluation for enterprise technological innovation capabilities based on analytic hierarchy process technology. *International Conference on Computer and Automation Engineering* (págs. 61-64). Singapore : ICCAE.
- Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy*, 715-728.
- Iddris, F. (2016). Measurement of innovation capability in supply chain: An exploratory study. *International Journal of Innovation Science*, 331-349.
- Ince, H., Imamoglu, S., & Turkcan, H. (2016). The Effect of Technological Innovation Capabilities and Absorptive Capacity on Firm Innovativeness: A Conceptual Framework. *12th International Strategic Management Conference* (págs. 764 – 770). Antalya, Turkey: Procedia.

- Kreiling, L., Serval, S., Peres, R., & Bounfour, A. (2019). University technology transfer organizations: Roles adopted in response to their regional innovation system stakeholders. *Journal of Business Research*. doi:10.1016/j.jbusres.2019.08.031
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, 20(2), 165-186.
- Lau, A., Yam, R., & Tang, E. (2010). The impact of technological innovation capabilities on innovation performance. *Journal of Science and Technology Policy in China*, 163-186.
- Li, Q., Ye, D., & Sun, M. (2010). An Evaluation Method on Technological Innovation Capability of Software Companies Using AHP and GRA. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering* (págs. 66-69). Kunming: ICIII.
- Li, W. (2009). A Review of Literature on Knowledge Information Service for Regional Innovation System. *2009 International Conference on Management and Service Science* (págs. 1-4). Beijing: IEEE.
- Li, Z. (2010). 2nd International Conference on Networking and Digital Society. *Study on the coordination between technology innovation capability and efficiency: Based on the data of equipment manufacturing industry*, (págs. 590-595). Wenzhou.
- Marroquín, J., & Ríos, H. (2012). Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+ D. *Investigación económica*, 71, 15-33.
- Mortazavi, S. S., Mehrabanfar, E., Banaitis, A., & Banaitiené, N. (2016). Framework for assessing technological innovation capability in research and technology organizations. *Journal of Business Economics and Management*, 825-847.
- Nadler, D., & Tushman, M. (1980). A model for diagnosing organizational behavior. *Organizational Dynamics*, 35—51.
- OCDE & LEED. (2015). *Promoviendo el desarrollo de sistemas locales de innovación: El caso de Medellín*. Medellín: OCDE Publishing.
- OCDE. (2013). *Estudios de la OCDE de las políticas de innovación: Colombia*. Bogotá: OCDE.

- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation. The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities* (4th ed.). Paris/Eurostat, Luxembourg: OECD Publishing. doi:10.1787/9789264304604
- Oliveira, S., & Sbragia, R. (2015). Modelling to assess the impact of technological innovation capacity in the performance of high complexity environments. *International Journal of Business Performance and Supply Chain Modelling*, 12-34.
- Ortega, A., & Serna, M. (2020). Determinants of innovation performance of organizations in a regional innovation system from a developing country. *International Journal of Innovation Science*, 345-362.
- Plakhova, L. V., Zakharkina, N. V., Ilin, I. V., Bardovskii, V. P., & Pokrovskiy, N. V. (2019). Formation and Development of Regional Innovation Systems. En E. G. Popkova, & B. S. Sergi, *The 21st Century from the Positions of Modern Science: Intellectual, Digital and Innovative Aspects* (págs. 510-520). Nizhny Novgorod: Springer. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-32015-7_58
- Quintero, S. (2016). *Aprendizaje en los sistemas regionales de innovación: Un modelo basado en agentes*. Medellín: Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia.
- Quintero, S., & Giraldo, D. (2018). *El aprendizaje en los sistemas regionales de innovación desde la perspectiva de la modelación basada en agentes* (1 ed.). Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.
- Robledo, J., Zambrano, J., & Vélez, J. (2011). Methodological tool for measurement and assessment of technological innovation capabilities. *Portland International Center for Management of Engineering and Technology*. Portland: PICMET.
- Salazar Ospina, F. A. (2015). Propuesta de diseño de un bróker tecnológico de conocimiento, que fortalezca la industria aeroespacial en Antioquia.
- Sarstedt, M., Ringle, C., Smith, D., Reams, R., & Hair Jr, J. (2014). Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM): A useful tool for family business researchers. *Journal of Family Business Strategy*, 105–115.

- Saunila, M., & Ukko, J. (2012). A conceptual framework for the measurement of innovation capability and its effects. *Baltic Journal of Management*, 355-375.
- Serrano García, J., Acevedo Álvarez, C., Castelblanco Gómez, J., & Arbeláez Toro, J. (2017). Measuring organizational capabilities for technological innovation through a fuzzy inference system. *Technology in Society*, 93-109.
- Streiner, D. L. (2010). Starting at the Beginning: An Introduction to Coefficient Alpha and Internal Consistency. *Journal of Personality Assessment*, 99-103.
- Su, Y., Helian, Z., & Wang, X. (2014). A study on the evaluation of technological innovation capability of regional high tech enterprise based on factor analysis. *BioTechnology: An Indian Journal*, 3096-3103.
- Subtil de Oliveira, L., Soares Echeveste, M., Nogueira Cortimiglia, M., & Colini Gonçalves, C. (2017). Analysis of determinants for Open Innovation implementation in Regional Innovation Systems. *Revista de Administração e Inovação*, 14(2), 119-129.
doi:10.1016/j.rai.2017.03.006.
- Taber, K. S. (2017). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 1273–1296.
- Tödting, F., & Tripl, M. (2005). One size fits all? Towards a differentiated regional innovation policy approach. *Research Policy*, 1203-1219. doi:10.1016/j.respol.2005.01.018
- Ulku, H. (2004). R&D, Innovation, and Economic Growth : An Empirical Analysis. *IMF Working Paper*.
- Wang, A.-f., & Li, S.-b. (2009). Analysis of technology innovation diffusion effect in regional innovation system by unascertained measurement. *International Conference on Management Science and Engineering* (págs. 1873-1878). Moscow: ICMSE.
- Wang, W., & Zhang, C. (2018). Evaluation of relative technological innovation capability: Model and case study for China's coal mine. *Resources Policy*, 144-149.
- Weintraub, J., & Rao, J. (2013). How Innovative Is Your Company's Culture? *MIT Sloan Management Review*, 29-37.

- Xu, D., & Hua, T. (2013). Research on the evaluation index system of technological innovation capability in cement industry. *International Conference on Applied Mechanics, Materials and Manufacturing* (págs. 2075-2082). Changsha: ICAMMM.
- Yam, R., Lo, W., Tang, E., & Lau, A. (2010). Technological innovation capabilities and Firm Performance. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 1023-1031.
- Ze-Lei, X., Ru-Guo, F., & Xin-Ya, D. (2018). Measurement and Convergence of China's Regional Innovation Capability. *Science Technology & Society*.