

METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA TRANSFERENCIA:
CASO FACULTAD DE MINAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

GERSON MIGUEL BEDOYA LOZANO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

MEDELLÍN

2021

METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LA TRANSFERENCIA:
CASO FACULTAD DE MINAS, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

GERSON MIGUEL BEDOYA LOZANO

Tesis de Maestría para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica

Asesor

WALTER LUGO RUIZ CASTAÑEDA

Ph.D. en Ingeniería – Industria y Organizaciones

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA

MEDELLÍN

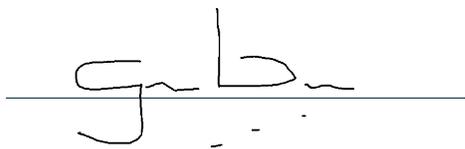
2021

Abril 7 de 2021

Yo, Gerson Miguel Bedoya Lozano

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 ésta o en cualquiera otra universidad". Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'gml', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

Agradecimientos

Al profesor Walter Ruiz y al grupo de investigación en Innovación y Gestión Tecnológica de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, quienes me supieron acoger en sus reuniones y con entusiasmo escucharon mis primeros planteamientos divagantes y me brindaron sus valiosos aportes. Llegué hasta aquí gracias a ustedes.

A la profesora Patricia Jaramillo Álvarez, por su asesoría invaluable con la metodología para el análisis de decisiones.

A mi familia, porque sé que estuvieron siempre haciendo fuerza por mí, sufriendo conmigo la demora.

A la Facultad de Minas, por abrirme las puertas de nuevo y permitirme explorar este tema de investigación. Espero que les sea de utilidad, fue pensado en ustedes.

Contenido

1.	Presentación del proyecto	20
1.1.	Contexto del problema	20
1.2.	Planteamiento del Problema	22
1.3.	Pregunta de investigación	23
1.4.	Objetivos	23
1.4.1.	Objetivo General.....	23
1.4.2.	Objetivos Específicos	23
1.5.	Metodología	24
1.5.1.	Proceso Analítico Jerárquico (AHP).....	25
2.	Marco de Referencia.....	27
2.1.	Antecedentes	27
2.2.	Marco conceptual.....	29
2.2.1.	Transferencia de Tecnología	29
2.2.2.	Análisis de decisión multicriterio.....	31
2.3.	Marco teórico	34
2.3.1.	Política y Cultura Universitaria de Propiedad Intelectual y Transferencia de Tecnología.....	34

2.3.2. Funcionamiento de la OTRI y la transferencia	35
2.3.3. Problemas con la transferencia	39
2.3.4. Características de las tecnologías para ser transferidas.....	40
2.4. Estado del arte	47
2.5. Marco contextual	52
2.6. Conclusión del capítulo	52
3. Determinación de criterios relevantes para la transferencia de tecnología en el contexto universitario.....	54
3.1. Estado de desarrollo de la tecnología	56
3.2. Plan de desarrollo de la tecnología	59
3.3. Novedad y ventajas de la tecnología	60
3.4. Aplicabilidad de la tecnología	61
3.5. Riesgos y debilidades	61
3.6. Compatibilidad con otras tecnologías	64
3.7. Independencia de otras tecnologías.....	64
3.8. Ventaja diferencial.....	65
3.9. Dependencia y colaboración con proveedores	65
3.10. Grado de compromiso del inventor.....	67
3.11. Reconocimiento del inventor	68

3.12.	Equipo de trabajo.....	68
3.13.	Actitud del inventor	69
3.14.	Validación comercial/plan de negocio	70
3.15.	Mercado potencial definido	71
3.16.	Barreras de entrada al mercado	72
3.17.	Tendencia del mercado	74
3.18.	Grado de competencia en el mercado.....	75
3.19.	Valoración potencial de la tecnología	75
3.20.	Relación costo-beneficio	78
3.21.	Necesidad de mercado identificable.....	79
3.22.	Time to market	80
3.23.	Aliado técnico y comercial.....	80
3.24.	Estudio de vigilancia tecnológica.....	81
3.25.	Libertad de operación.....	82
3.26.	Fortaleza de los derechos sobre la PI.....	83
3.27.	Licencias de tecnologías complementarias	84
3.28.	Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible.....	85
3.28.1.	Impactos Económicos Indirectos	87

3.28.2.	Prácticas de adquisición local.....	88
3.28.3.	Anticorrupción	88
3.28.4.	Competencia desleal	89
3.28.5.	Materiales.....	89
3.28.6.	Energía	90
3.28.7.	Agua.....	90
3.28.8.	Biodiversidad.....	90
3.28.9.	Emisiones	91
3.28.10.	Efluentes y Residuos	91
3.28.11.	Empleo.....	92
3.28.12.	Seguridad y Salud en el Trabajo	92
3.28.13.	Diversidad e Igualdad de Oportunidades	93
3.28.14.	Comunidades Locales	93
3.28.15.	Salud y Seguridad.....	93
3.28.16.	Privacidad	94
3.28.17.	Derechos Humanos.....	94
3.28.18.	Impactos sobre comunidades vulnerables.....	94
3.29.	Capacidades para la gestión del desarrollo	97

3.30.	Políticas y normativas institucionales.....	98
3.31.	Prestigio institucional.....	99
3.32.	Capacidades de relacionamiento.....	99
4.	Determinación de importancia relativa de los criterios y selección de alternativa	102
4.1.	Determinación de la importancia relativa de los criterios.....	102
4.2.	Vector de pesos resultante para los criterios y subcriterios.....	108
4.3.	Evaluación de las tecnologías seleccionadas.....	113
4.3.1.	Software para modelación geomecánica.....	113
4.3.2.	Proceso para la obtención de bioaceite crudo.....	115
4.3.3.	Producción de jarabes a partir de residuos de almidón y celulosa.....	118
4.4.	Puntuación para el criterio Institución.....	120
4.5.	Priorización de tecnologías.....	122
4.6.	Análisis de sensibilidad.....	124
4.7.	Análisis y Conclusiones.....	132
5.	Conclusiones y recomendaciones.....	134
6.	Listado de anexos.....	138
7.	Bibliografía.....	139

Listado de tablas

Tabla 1. Descripción del proceso de comercialización según Noh et al., 2018.....	36
Tabla 2 Principales áreas de eficiencia de las oficinas de transferencia de tecnología de las universidades según Secundo et al. (2016)	38
Tabla 3. Determinantes de licenciamiento y comercialización de tecnología Rahal y Rabelo (2006)	42
Tabla 4. Determinantes más importantes para el licenciamiento de tecnología Rahal y Rabelo (2006)	44
Tabla 5. Índices base del modelo de evaluación (Noh et al., 2018).....	44
Tabla 6. Componentes principales resultado del análisis realizado por Noh et al. (2018)	45
Tabla 7 Dimensiones y criterios para evaluar el potencial de explotación de una investigación (Cartalos et al., 2018)	46
Tabla 8. Factores que ayudan a la comercialización de tecnología según Kirchberger y Pohl (2016)	46
Tabla 9. Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio clasificados por Salo et al. (2003)	48
Tabla 10. Solución propuesta por para la construcción de un índice de evaluación para predecir la comercialización de tecnologías para proyectos de inversión Altuntas y Dereli (2012)	49
Tabla 11 Pesos finales hallados a través del método SWARA (Hashemkhani Zolfani et al., 2015).....	50

Tabla 12. Matriz de Evaluación y Priorización de Proyectos Spin-Off(Corporación Tecnova, 2016).....	51
Tabla 13. Criterios seleccionados para el desarrollo de la metodología.....	55
Tabla 14. Estado de desarrollo de la tecnología.....	57
Tabla 15. Plan de desarrollo de la tecnología.....	59
Tabla 16. Novedad y ventajas de la tecnología.....	60
Tabla 17. Aplicabilidad de la tecnología.....	61
Tabla 18. Riesgos y debilidades.....	63
Tabla 19. Compatibilidad con otras tecnologías.....	64
Tabla 20. Independencia de otras tecnologías.....	64
Tabla 21. Ventaja diferencial.....	65
Tabla 22. Dependencia y colaboración con proveedores.....	66
Tabla 23. Grado de compromiso del inventor.....	67
Tabla 24. Reconocimiento del inventor.....	68
Tabla 25. Equipo de trabajo.....	69
Tabla 26. Actitud del inventor.....	70
Tabla 27. Validación comercial/plan de negocio.....	70
Tabla 28. Procedimiento de puntuación para comparar varias tecnologías según el mercado potencial.....	71

Tabla 29. Procedimiento para puntuación para evaluar una única tecnología.	72
Tabla 30. Barreras de entrada al mercado.....	73
Tabla 31. Tendencia del mercado.....	74
Tabla 32. Grado de competencia del mercado.....	75
Tabla 33. Procedimiento de puntuación para comparar varias tecnologías según su valoración potencial.	77
Tabla 34. Procedimiento para puntuación para evaluar una única tecnología según su valoración potencial.	77
Tabla 35. Relación costo-beneficio	78
Tabla 36. Necesidad de mercado identificable.....	79
Tabla 37. Time to market.....	80
Tabla 38. Aliado técnico y comercial.....	80
Tabla 39. Estudio de vigilancia tecnológica.....	81
Tabla 40. Libertad de operación.	83
Tabla 41. Fortaleza de los derechos sobre la propiedad intelectual.....	83
Tabla 42. Licencias complementarias.....	84
Tabla 43. Escala Likert para determinar el impacto potencial de una tecnología sobre los criterios de desarrollo sostenible. Fuente: elaboración propia.	96
Tabla 44. Impactos previstos sobre el desarrollo sostenible.	96

Tabla 45. Capacidades para la gestión del desarrollo.....	97
Tabla 46. Políticas y normativas institucionales	98
Tabla 47. Prestigio Institucional	99
Tabla 48. Capacidades de relacionamiento.	99
Tabla 49. Perfil y participación de los expertos en las comparaciones pareadas.....	106
Tabla 50. Comparaciones pareadas para los criterios por parte de los expertos.....	108
Tabla 51. Razones de consistencia para las comparaciones de los criterios de primer nivel.....	110
Tabla 52. Vector de pesos para los criterios.....	111
Tabla 53. Vector de pesos para los subcriterios utilizando la escala lineal	112
Tabla 54. Calificación tecnología grupo GIGA.....	114
Tabla 55. Calificación tecnología grupo TAYEA.....	117
Tabla 56. Calificación tecnología grupo Bioprocesos y Flujos Reactivos.....	118
Tabla 57. Respuestas de expertos sobre encuesta de las capacidades de la Facultad de Minas para la transferencia.	121
Tabla 58. Resultado de la priorización	123
Tabla 59. Subcriterios con mayor relevancia sobre el resultado final.....	124
Tabla 60. Suma de los puntajes vs Puntaje según AHP	129

Tabla 61. Resultado de simulaciones con sumatoria de puntajes no normalizados igual a 215	129
Tabla 62. Asignación de pesos extremos a los criterios	130

Listado de figuras

Figura 1 Procedimiento general de los Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio (adaptado de (Hongoh et al., 2011))	32
Figura 2. Proceso de la Transferencia de Tecnología (Secundo et al. (2016) adaptado de Rossi (2014)).....	37
Figura 3 Determinación de los pesos de los criterios con base en SWARA (Kersulienne y Turskis (2011) según Hashemkhani Zolfani et al. (2015))	50
Figura 4. Jerarquía de decisión.....	101
Figura 5. Uso de la herramienta AHP-OS para las comparaciones pareadas	107

Listado de gráficos

Gráfico 1. Vector de pesos para los criterios.....	111
Gráfico 2. Variación subcriterios de mercado.....	126
Gráfico 3. Variación subcriterios Institución.	126
Gráfico 4. Variación subcriterios de Inventor.....	126
Gráfico 5. Variación subcriterios de Propiedad Intelectual.....	126
Gráfico 6. Variación en priorización de las alternativas.	127
Gráfico 7. Priorización con valores aleatorios para los subcriterios.	128
Gráfico 8. Priorización con valores aleatorios para los criterios y subcriterios.....	128

Resumen

La tercera misión de las universidades es un concepto establecido en las últimas décadas según el cual las universidades asumen actividades de comercialización de sus invenciones y fomentan el emprendimiento universitario. En la práctica, sin embargo, muchas universidades aún no logran consolidar la transferencia de sus resultados de investigación de manera efectiva. En el caso de la Facultad de Minas esto se refleja en la inexistencia de acuerdos de licenciamiento para ninguna de sus quince patentes concedidas. En este trabajo se presenta una metodología para la priorización entre invenciones originadas en las universidades, con el fin de apoyar la toma de decisiones encaminadas a fortalecer la transferencia, como la designación de recursos para el escalamiento o la incubación. Para esto, se establecieron 6 criterios y 32 subcriterios relevantes a la transferencia de acuerdo con lo hallado en la revisión bibliográfica. Luego, se definieron preguntas específicas para medir el desempeño de las tecnologías en cada criterio, y se estableció una jerarquía de acuerdo con el Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP), recurriendo a expertos para obtener los pesos para cada criterio. Finalmente, se empleó la metodología para priorizar entre tres tecnologías desarrolladas en la Facultad de Minas. Se encontró que no existe un único criterio que sea significativamente más preponderante que otros para determinar la probabilidad de éxito en la transferencia de una invención, por lo que una estrategia universitaria para fortalecer la transferencia debe considerarlos a todos.

Palabras clave: Transferencia de tecnología, Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio, invenciones universitarias.

Introducción

Además de las actividades de formación e investigación, las universidades también tienen la responsabilidad de crear valor a partir del conocimiento generado por sus investigadores. Los activos de conocimiento son ahora mismo el motor de la productividad y del crecimiento económico.

Sin embargo, para obtener beneficios del conocimiento, es necesario llevar los resultados de la investigación a la sociedad mediante la transferencia de tecnología, de la cual se obtiene como resultado regalías para las universidades, oportunidades de empleo para investigadores y estudiantes, y *spillovers* tecnológicos y económicos locales mediante la estimulación de inversiones adicionales en I+D.

Las universidades transfieren conocimiento y tecnología de forma permanente, sin embargo, no siempre obtienen beneficios de esta transferencia por falta de una estructura diseñada para este propósito. Esta estructura es la que se encarga de decidir qué tecnologías promover entre la industria, sin embargo, la comercialización de tecnologías es un proceso muy complejo, que depende de varios factores, no siempre controlables, por lo que en general, la proporción tecnologías licenciadas es muy baja. Las universidades invierten recursos en el desarrollo y protección de aquellas tecnologías que según su parecer podrían tener mayor éxito comercial, pero poco recurren a metodologías que evalúen de forma cuantitativa los factores más relevantes para el desempeño comercial.

En este trabajo se propone una metodología de análisis de decisiones multicriterio (basada en el Proceso Analítico Jerárquico) para determinar, entre un grupo de tecnologías desarrolladas en una universidad, cuáles se deberían priorizar de acuerdo con su probabilidad de éxito en la transferencia.

En el primer capítulo se presenta el problema que motivó este trabajo, la pregunta de investigación, los objetivos y se explica la metodología a emplear. En el segundo capítulo se presentan los antecedentes y se brinda la fundamentación teórica relacionada a la transferencia de tecnología y los métodos de análisis de decisión multicriterio, y se presenta la revisión bibliográfica referente a los criterios determinantes del éxito en la transferencia. En el tercer capítulo se definen los criterios a ser empleados en la metodología y se presenta el cuestionario mediante la cual se medirá el desempeño de las tecnologías en cada criterio. En el cuarto capítulo se expone el desarrollo de la metodología y la determinación de los pesos relativos para los criterios y subcriterios de acuerdo con la retroalimentación de los expertos consultados, y se evalúan y comparan tres tecnologías originadas en la Facultad de Minas. Finalmente, en el capítulo 5 se brindan las conclusiones y recomendaciones.

1. Presentación del proyecto

1.1. Contexto del problema

En la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín se llevaron a cabo 800 proyectos de investigación entre el 2013 y el 2019 en conjunto con 70 entidades financiadoras o colaboradoras por un valor aproximado de \$182 mil millones de pesos. En el marco de estos proyectos se generaron 4670 productos de nuevo conocimiento, en su mayoría artículos, libros, tesis y ponencias, registrando sólo 59 registros de software y 29 solicitudes de patentes.

El porqué de esta baja proporción ha sido tema de análisis y discusión dentro de la Universidad, mencionadas entre las posibles razones la inexistencia de un modelo definido de gestión de la tecnología y la propiedad intelectual, al igual que factores culturales.

Actualmente existen diferentes dependencias internas que intervienen en el proceso de gestión de la tecnología (Vicedecanaturas de Investigación y Extensión, Direcciones de Investigación y Extensión, Unidad de Gestión Tecnológica, Comité de Propiedad Intelectual, Centro de Desarrollo e Innovación), pero estas están desarticuladas y no hay una directriz que promueva la gestión efectiva. A pesar de esto, es posible realizar procesos de desarrollo de una tecnología y transferencias de forma exitosa, pero sin recibir un acompañamiento intensivo y dirigido por parte de este conjunto de dependencias, ya que estas funcionan como una estructura reaccionaria, es decir, que funciona adecuadamente con los casos que surgen, pero pierde de vista aquellos que no alcanzan a llegar al inicio de un proceso formal.

Como consecuencia de esto, la gestión de la propiedad intelectual se hace usualmente al final de los proyectos de investigación, la maduración de las tecnologías se hace de forma independiente, y aunque recientemente se iniciaron procesos de

comercialización, aún hay otras actividades clave que no se realizan, como el monitoreo del entorno.

A todo esto, se le suma el desconocimiento por parte de los investigadores de las prácticas del mercado, que, junto a una cultura de innovación apenas naciente, hace que los interesados en actividades de generación de tecnologías desistan de iniciar procesos de transferencia, al no encontrar en la universidad las capacidades y estructuras necesarias.

Por otro lado, otra posible razón que se menciona para la baja proporción de resultados de desarrollo tecnológico e innovación en los proyectos de investigación y extensión es el desinterés de los investigadores por producir resultados de investigación que trasciendan el alcance de un artículo o una tesis, debido a que los incentivos tanto internos como externos están orientados principalmente a la formación y producción de conocimiento y no tanto a su transferencia.

En medio de este panorama, la Facultad de Minas ha tratado de apoyar a los investigadores cuyos resultados de investigación muestren algo de potencial de innovación. El camino más transitado, es el de tratar de proteger la invención mediante una solicitud de patente, pero no siempre es claro el por qué se elige esta opción, ni si otras alternativas fueron tenidas en cuenta.

Como resultado, la Facultad ha gastado desde 2015 un estimado de \$150 millones en trámites de patentes, obteniendo como resultado 15 patentes concedidas, de las cuales solo una hasta el momento ha logrado ser licenciada, pero sin recibir aún regalías; se cuentan también 19 solicitudes en trámite, la mayoría de las cuales aún no tiene definida una posible salida comercial.

Esto ha hecho que recientemente las directivas de la facultad se hayan cuestionado la pertinencia de optar siempre por proteger la propiedad intelectual mediante

solicitudes de patente y que se haya hecho latente la necesidad de definir criterios que puedan ayudar a decidir qué desarrollos apoyar y cómo hacerlo, por ejemplo, al momento de lanzar convocatorias para el escalamiento de tecnologías.

1.2. Planteamiento del Problema

Para llevar una invención generada en una universidad a comercializarse a un mercado se deben sortear un cierto número de obstáculos (Siegel et al., 2007). Primero, la invención debe llevarse a un estado de desarrollo en el que pueda ser validado en un entorno real, lo cual implica más recursos y la inversión de más tiempo por parte del investigador principal, entre otras cosas. Segundo, las universidades deben contar con estructuras, personal capacitado y esquemas de incentivos diseñados para fomentar la participación docente en el escalamiento y la comercialización del desarrollo, como también definir los vacíos legales y normativas internas relacionadas. Tercero, desde el lado de la invención, se busca que esta sea sofisticada y punta de lanza, pero en ocasiones esto se logra a costa de la versatilidad y autonomía, resultando no ser precisamente adecuada para resolver el problema que el mercado requiere. En cuarto lugar, llevar un desarrollo al mercado implica usualmente proteger la propiedad intelectual, definir porcentajes de regalías entre las entidades participantes e inventores, y redactar acuerdos y cesiones; lo que requiere recursos legales al igual que tiempo. Y, por último, luego de haber resuelto todo lo anterior, nos podemos encontrar con un mercado poco receptivo y que valora la tecnología de forma inferior a la estimación de la universidad, con barreras de entrada significativas, y con competidores que no tardarán mucho en alcanzar el mismo nivel de desarrollo.

Como afirman Kirchberger y Pohl (2016), la comercialización de tecnologías es un proceso muy complejo, y como resultado, la tasa de éxito global de las tecnologías que son licenciadas es muy baja, y el negocio es arriesgado para las empresas. Los factores de los que depende el éxito de la comercialización de las tecnologías han sido

estudiados por la literatura, pero no hay consenso sobre cuáles son los factores más importantes, y existen pocas metodologías para estimar la probabilidad de éxito de una tecnología dada.

Es por esto que universidades y receptores de tecnologías se podrían ver beneficiados con una metodología de evaluación y predicción de las invenciones, para identificar aquellas que tengan un potencial de transferencia superior al promedio, antes de embarcarse en la empresa de la comercialización (Rahal y Rabelo, 2006; Nerkar y Shane, 2007; Cartalos et al., 2018).

1.3. Pregunta de investigación

¿Cómo se puede evaluar una tecnología de acuerdo con su potencial de transferencia y qué factores definen ese potencial?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Proponer una metodología de priorización para estimar el potencial de transferencia de las tecnologías originadas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar los factores que facilitan que una tecnología tenga mayores probabilidades de ser transferida.
- Determinar la importancia relativa de cada factor y establecer una jerarquía de decisión que permita evaluar una tecnología y valorar su desempeño.
- Evaluar la metodología a través de la priorización de tecnologías seleccionadas

originadas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia.

1.5. Metodología

Para determinar los criterios que facilitan que una tecnología tenga mayores probabilidades de ser transferida (objetivo específico 1), se realizará una revisión de literatura a partir de la cual se identificarán estos criterios y se agruparán de acuerdo con sus características y similitudes.

Para determinar la importancia relativa de los criterios (objetivo específico 2) se empleará el Proceso Analítico Jerárquico (AHP) (Saaty, 1977). Este método fue escogido por dos razones específicas: la primera, porque permite asignar pesos a cada uno de los criterios y subcriterios a través de la comparación pareada entre cada uno de ellos, permitiendo también combinar los puntajes de diferentes calificadores expertos en una sola calificación global. La segunda razón, porque puede ser replicado con relativa facilidad.

De acuerdo con Silva, Gomes y Costa Junior (2019, p. 414), *el proceso de decisión usualmente considera una variedad de alternativas, que deben ser cuidadosamente evaluadas para que la “mejor” decisión pueda elegirse*. El objetivo del análisis de decisiones es proveer métodos lógicos para mejorar el proceso de toma de decisiones en condiciones de incertidumbre y riesgo, teniendo múltiples criterios en consideración, y con subjetividad de por medio. Este proceso debe hacerse de forma apropiada y exhaustiva, de manera que el tomador de decisiones pueda estimar el resultado potencial de sus elecciones. Por esta razón, la demanda de métodos de análisis de decisión multicriterio ha crecido rápidamente.

Para la evaluación de la metodología construida (objetivo específico 3), se seleccionarán grupos de investigación de la Facultad de Minas de la Universidad

Nacional de Colombia Sede Medellín que cuenten con tecnologías desarrolladas por ellos mismos, a quienes se les realizará una encuesta que será complementada con información de fuentes secundarias, para recolectar información sobre las características de sus desarrollos tecnológicos de acuerdo con los criterios seleccionados para el objetivo específico 1.

1.5.1. Proceso Analítico Jerárquico (AHP)

El proceso analítico jerárquico es un proceso de selección que consiste de cuatro pasos (Drake, 1998):

1. Decidir los criterios de selección.
2. Puntuar la importancia relativa de estos criterios mediante comparaciones pareadas.
3. Valorar cada alternativa de elección en comparación con las otras alternativas, con base en cada criterio de selección, esto se logra realizando comparaciones pareadas entre las alternativas.
4. Combinar los puntajes derivados de los pasos 2 y 3 para obtener un puntaje total relativo para cada alternativa.

Se denomina Proceso Analítico Jerárquico debido a que en él se desarrolla una jerarquía de decisiones, compuesta por un objetivo, unas alternativas y unos criterios. La jerarquía puede tener tantos niveles como sea necesario para caracterizar enteramente una situación de decisión particular.

Para definir la importancia relativa entre los criterios del paso 2, se usan comparaciones pareadas entre cada uno de los criterios. Tradicionalmente se ha usado una escala de 9 puntos, desde 1 (donde ambas opciones son preferidas por igual) a 9 (donde una opción es extremadamente preferida sobre la otra). Al criterio de menor preferencia dentro de cada par se le asigna el recíproco del puntaje. Estas

comparaciones se llevan a una matriz, que luego es normalizada, y luego se promedia cada fila para obtener un peso promedio de cada criterio (vector de pesos).

Este procedimiento se repite en el paso 3, del que resulta una matriz similar por cada comparación entre alternativas y criterios, y un vector de pesos normalizados para cada criterio.

El paso final en el proceso AHP es combinar el vector de pesos de los criterios comparados entre sí (paso 2) por una matriz conformada por los vectores resultantes de la de la comparación de los pesos con las alternativas (paso 3). Esto se logra de la siguiente forma:

$$a_j = \sum_i (w_i k_{ij})$$

Donde:

a_j es el peso relativo final de cada alternativa j

w_i es el peso promedio normalizado para cada criterio i (paso 2)

K_{ij} es el puntaje promedio normalizado para cada alternativa j con respecto a cada criterio i (paso 3)

Finalmente se obtiene un vector de puntajes ponderados y normalizados, cuyos elementos son cada uno el puntaje resultante para cada alternativa. La alternativa preferida será aquella con el mayor valor.

2. Marco de Referencia

2.1. Antecedentes

A finales de la década de los 90, se empezó a discutir sobre el rol de las universidades en la sociedad y de cómo además de llevar a cabo actividades de enseñanza y de investigación, debían fortalecer su rol como proveedoras de desarrollo social y económico (Cavalheiro et al., 2019). Leydesdorff y Etzkowitz (1998) le dieron el nombre de Triple Hélice a este nuevo enfoque, en el cual las universidades, el Estado y la industria forman una triada en la que las interacciones entre los actores fomentan el desarrollo económico y social mediante la innovación. En este marco, las universidades tienen nuevas responsabilidades para crear valor a partir del conocimiento generado por sus investigadores en términos de desarrollo socioeconómico (Fayolle y Redford, 2014).

A la par, la globalización ha creado una presión inmensa en los países en vía de desarrollo, quienes para mantenerse competitivos necesitan rediseñarse a sí mismos mediante la innovación. Los activos intangibles y de conocimiento se han convertido en un elemento esencial de la producción de productos y servicios y son ahora mismo el motor de la productividad y del crecimiento económico a largo plazo (Secundo et al., 2016).

Sin embargo, para obtener beneficios del conocimiento, es necesario transformar los resultados de la investigación a la sociedad. Esta forma específica de valorización del conocimiento se conoce como transferencia de tecnología, concepto que según Bremer (1999), se emplea al menos desde 1945, en el reporte titulado "*Science – The Endless Frontier*" elaborado por Bush (1945) para el presidente de los EEUU. La transferencia de tecnología es generalmente reconocida como un proceso inmensamente valioso, pues mejora el desarrollo económico local, genera nuevos productos y servicios y

generalmente mejora la calidad de vida a través de varios efectos *spillover* (Secundo et al., 2016).

De acuerdo con Reisman (2005), la transferencia de tecnología tiene un rol significativo en la sociedad, que es descrito por diferentes disciplinas de la siguiente manera: para la economía es el crecimiento económico, para la antropología es el cambio cultural y el avance de la sociedad, en la sociología es el mejoramiento de la vida social, en la administración y la ingeniería es el fortalecimiento de la competitividad institucional y en la medicina es el progreso en el estado del arte que se traduce en longevidad y en calidad de vida.

Para entender esta creación de tecnología y el crecimiento económico asociado, es necesario entender los diferentes mecanismos mediante los cuales las invenciones se transfieren (Di Gregorio y Scott, 2003), específicamente en el contexto de invenciones generadas en la universidad. En general, la transferencia de tecnología de universidad a industria puede ser formal o informal. Los mecanismos informales incluyen el enlazamiento de estudiantes con empresas y los contactos no contractuales con profesionales de la industria, como en conferencias o en publicaciones de investigación conjuntas. Los mecanismos formales de transferencia son usualmente los acuerdos de investigación definidos por contratos, como los contratos de licenciamiento de patentes (Kirchberger y Pohl, 2016).

Las actividades de las oficinas de transferencia de las universidades (OTRIs) tienen por su parte, importantes implicaciones económicas y de políticas, dado que los acuerdos de licenciamiento y las *spin-offs* pueden traerle ingresos adicionales a las universidades, oportunidades de empleo para los investigadores, y para los estudiantes de posgrado, al igual que pueden lograr *spillovers* locales tecnológicos y económicos mediante la estimulación de inversiones adicionales en I+D y la creación de empleos (Siegel, Veugelers, et al., 2007).

El mercado de tecnologías resultado de investigaciones universitarias se ha expandido en décadas recientes (Kim, Rhee, y Kotha, 2019). En Estados Unidos, los ingresos anuales de las universidades por licenciamiento crecieron de 160 millones de dólares en 1991 a 1.4 mil millones de dólares en 2005. Sólo en 2005, se lanzaron 628 *start-ups* creadas en universidades, y desde 1980 se han creado 5,171 nuevas empresas basadas en propiedad intelectual de la universidad. Este patrón hace parte de un fenómeno internacional, con incrementos marcados en el licenciamiento, las patentes y la generación de empresas en Europa, Australia, Canadá entre otros (Siegel et al., 2007).

Otras investigaciones extensas mencionadas por Kim et al. (2019) sobre el licenciamiento de resultados de investigación y sobre su comercialización, han documentado el crecimiento del licenciamiento de tecnologías universitarias y sus implicaciones sobre la investigación en Thursby y Thursby (2007), los resultados académicos de los inventores en (Elfenbein, 2007), la productividad de las licencias y las patentes en Siegel et al. (2007), y la eficiencia del licenciamiento en Thursby y Kemp (2002).

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Transferencia de Tecnología

La transferencia de tecnología es un campo emergente de conocimiento y como es común a las áreas emergentes, sus teorías descriptivas y normativas, y los datos disponibles están fragmentados y desarticulados. Ha sido el interés de estudio de economistas, sociólogos, antropólogos, ingenieros y teóricos de la administración desde hace varias décadas, y por esta misma razón, la definición de transferencia de tecnología varía entre cada disciplina (Reisman, 2005).

Kirchberger y Pohl (2016) brindan tres definiciones de transferencia de tecnología y comercialización encontradas en la literatura:

- Para Bell (1993), la transferencia de tecnología es un proceso que comienza con la invención de una nueva tecnología seguido de una innovación, el cual se describe como el proceso de aplicación comercial y de explotación de dicha tecnología.
- Mitchell y Singh (1996) ven la comercialización como “el proceso de adquirir ideas, magnificarlas con conocimiento complementario, desarrollar y fabricar bienes vendibles y comercializar los bienes en el mercado”.
- La comercialización de tecnología es el diseño, manufactura y mercadeo de productos con la tecnología desarrollada o la transferencia de tecnología mediante el licenciamiento u otras actividades colaborativas (Caerteling, Halman, y Dorée (2008) basado en Kollmer y Dowling (2004)).

Así mismo, Kirchberger y Pohl (2016) definen la comercialización de tecnología como el proceso de transferir una innovación basada en tecnología desde un desarrollador hacia una organización, para utilizar y emplear la tecnología en productos comercializables.

Reisman (2005) en su esfuerzo por elaborar una taxonomía exhaustiva de la transferencia de tecnología, establece las siguientes consideraciones y características:

- La transferencia de tecnología involucra mínimo dos agentes, un proveedor y un receptor, los cuales pueden ser una disciplina científica, una profesión, una compañía o institución, una industria, un sector económico, una región geográfica o una sociedad o país enteros.
- La duración de la transferencia puede darse en una única ocasión (una compra de una tecnología) o en una relación a largo plazo entre las partes (un *joint-venture*).

- Puede haber algún tipo de costo asociado a la transferencia (algunos usan el término comercialización para este caso), pero en muchas ocasiones la transferencia se hace sin transacciones monetarias de por medio.
- Hay siete categorías de modalidades de transferencia de tecnología: externa (de una organización a otra), interna (entre unidades de una misma organización), de acuerdo con su duración, a los requerimientos de pago, a las redes involucradas, a la dirección del flujo de la transferencia, y dependiendo de si la tecnología está protegida o no.
- La transferencia de tecnología se aborda desde diferentes perspectivas de acuerdo con la disciplina: desde una mirada macroeconómica y político-económica, relacionada con el flujo y el contenido de la tecnología, para las ciencias económicas; desde el punto de vista cultural, institucional y geográfico para la antropología; desde una perspectiva institucional y de la naturaleza de la tecnología para la sociología; y en términos de propiedad, control, naturaleza, modalidad y fase, para la ingeniería y la administración.

En este trabajo se estudiará la transferencia de tecnología que se da desde una universidad hacia organizaciones externas, a través de transacciones de cualquier tipo de duración y costo, y desde una mirada ingenieril.

2.2.2. Análisis de decisión multicriterio

En apariencia, la toma de decisiones no debería ser un desafío para el ser humano, dado que ha tenido que tomarlas desde sus orígenes. Sin embargo, la caracterización de algunos problemas es complicada, por lo que la decisión no siempre es obvia o evidente (Bystrzanowska y Tobiszewski, 2018). Si una situación presenta algunas de las siguientes características requerirá un análisis más avanzado (Rebizant (2012) citado en Bystrzanowska y Tobiszewski (2018)):

- El proceso de decisión es complicado

- Las opciones posibles de decisión son muchas
- El proceso de decisión tiene varias etapas
- El problema de decisión es muy importante
- La decisión está conectada con altas pérdidas o altas ganancias

Los Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio han sido diseñados para escoger una alternativa entre varias o para jerarquizar las alternativas de acuerdo con un orden subjetivo. Permiten incluir un amplio espectro de puntos de vista en el proceso de decisión, de manera que se tengan en cuenta las preferencias y criterios de todas las partes involucradas, por ejemplo, la parte financiera, recursos humanos, aspectos ambientales, retrasos, seguridad, calidad, ética, economía y muchos más. El uso de los Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio permite tomar decisiones conscientes, incluso cuando los criterios son contradictorios entre sí (Bystrzanowska y Tobiszewski, 2018).

El procedimiento general para todos los métodos cuantitativos de decisión es descrito por Hongoh et al. (2011) de la siguiente manera:

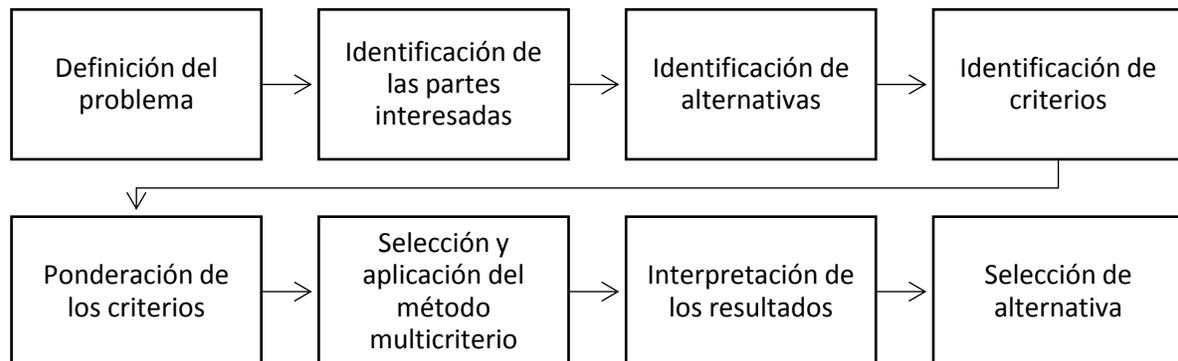


Figura 1 Procedimiento general de los Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio (adaptado de (Hongoh et al., 2011))

Uno de los elementos más importantes en los Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio son los pesos ponderados de los criterios y alternativas. Por medio de

estos se puede adaptar el proceso a las necesidades de los tomadores de decisiones. Sin embargo, la asignación de pesos puede ser subjetiva, por lo que generalmente se recurre a personas en diferentes niveles de decisión, al igual que a grupos de expertos en lugar de un único experto, para lograr una evaluación más objetiva (Rebizant (2012) citado en Bystrzanowska y Tobiszewski (2018)).

Al momento de seleccionar los criterios se deben satisfacer las siguientes condiciones de consistencia (Roy y Bouyssou (1993) citado en Greco, Mousseau, y Słowiński (2008)):

- Exhaustividad: dos alternativas con la misma evaluación en todos los criterios deberían considerarse indiferentes.
- Monotonicidad: al comparar dos alternativas, una mejora de una de ellas en al menos un criterio no debería deteriorar su comparación con la otra alternativa.
- No-redundancia: no incluir criterios cuyos valores característicos se cumplen en otros criterios.

Las bases teóricas de cada método son diferentes, al igual que el tipo de preguntas realizadas y el tipo de resultados obtenidos (Løken, 2007). Algunos métodos no son útiles para cierto tipo de problemas ya que fueron creados para problemas específicos; mientras que otros métodos son más universales (Bystrzanowska y Tobiszewski, 2018).

Actualmente, los Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio están enfrentando tres desafíos metodológicos, de acuerdo con Angilella, Corrente, Greco y Słowiński (2016): manejar una estructura compleja de criterios, lidiar con las interacciones entre criterios y reducir el esfuerzo cognitivo de los tomadores de decisiones en su interacción con los métodos.

2.3. Marco teórico

2.3.1. Política y Cultura Universitaria de Propiedad Intelectual y Transferencia de Tecnología

Ante la pregunta de cómo se deben organizar las universidades para obtener beneficios de los resultados de sus investigaciones, la evidencia sugiere que un alto nivel de actividad en la transferencia de tecnología está correlacionado con una política universitaria adecuada (Siegel, Wright, et al., 2007). J. Kim, Anderson y Daim (2009) afirman que diferentes misiones de las universidades conducen a diferentes estrategias y políticas de licenciamiento de las oficinas de transferencia. Un acercamiento estratégico hacia la comercialización de la propiedad intelectual de las universidades debe considerar los siguientes aspectos, de acuerdo con Siegel et al. (2007):

- Primero, definir cuáles son las metas institucionales, las prioridades y la locación de recursos. Esta definición debe reflejar la configuración de su base científica.
- Segundo, definir prioridades con respecto a los énfasis tecnológicos y los estados de desarrollo de las tecnologías para la generación de oportunidades de licencia. Aquí se debe buscar la armonización con las políticas regionales.
- Tercero, los modos de comercialización que se desean enfatizar, si el licenciamiento, o *start-ups*, investigación patrocinada, consultoría u otros mecanismos de transferencia más enfocados en estimular la economía y el desarrollo regional, tal y como las incubadoras y los parques tecnológicos.

Por su parte, los incentivos y los esquemas de recompensas que operan dentro de las universidades preservan y refuerzan las culturas existentes, las normas organizacionales, las políticas y los procedimientos. Puede que haya una necesidad de modificar los procedimientos para alinear las recompensas con las metas de comercialización, teniendo en cuenta las características, acciones y motivaciones de las partes interesadas (Lockett y Wright, 2005).

De la misma manera, las universidades deben formular también estrategias de propiedad intelectual, para asegurarse de que esté “limpia”, bien definida y protegida antes de atraer el interés comercial (Siegel et al., 2007). En algunas universidades, el número de solicitudes de patentes es más bajo de lo que podría ser, debido a que los investigadores no tienen el conocimiento suficiente sobre la importancia de proteger sus invenciones o sobre cómo hacerlo, incluso cuando sus invenciones puedan tener potencial de mercado (Cavalheiro et al., 2019).

Las relaciones colaborativas sostenidas con la industria también son clave para mejorar los resultados de licenciamiento; las oficinas de transferencia de las universidades deberían promover estas relaciones con la misma importancia con la que buscan oportunidades de licenciamiento para sus invenciones (Wu et al., 2015).

2.3.2. Funcionamiento de la OTRI y la transferencia

Siegel et al. (2007), aseguran que existen tres agentes involucrados en la comercialización de tecnologías universitarias: los científicos, las oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRIs) u administrativos de la Universidad, y gerentes de corporaciones o de capital de riesgo y emprendedores que ayudan a comercializar las tecnologías desarrolladas en la universidad.

Para entender el proceso de comercialización, es útil mirar los incentivos y la cultura de estos tres agentes (Siegel et al., 2007):

Las empresas y emprendedores buscan comercializar la propiedad intelectual de las universidades para obtener ganancias. Cuando la innovación es una fuente clave de ventaja competitiva es crítico mantener el control de la propiedad sobre estas tecnologías. Por tanto, las empresas desean asegurar derechos exclusivos sobre las tecnologías generadas en la universidad. La rapidez es otra área de preocupación, dado que las empresas y los emprendedores buscan tener ventaja siendo los primeros.

La oficina de transferencia y demás administradores de la universidad generalmente se ven a sí mismos como guardianes del portafolio de la propiedad intelectual de la universidad, que potencialmente podrá generar ganancias. Y aunque su meta es comercializar las tecnologías a empresas y emprendedores, también actúan de forma defensiva pues no quieren ser acusados de “regalar” tecnologías lucrativas que fueron financiadas con dineros públicos. Esto tiende a retrasar el proceso de comercialización.

Los científicos, especialmente aquellos que aún no tienen tenencia de su cargo, buscan diseminar rápidamente sus ideas y descubrimientos, mediante publicaciones en revistas selectas, presentaciones en conferencias y participaciones en convocatorias de investigación, obteniendo como resultado el reconocimiento de sus pares, y el crecimiento en su carrera académica a través de citas y el fortalecimiento de sus redes académicas.

La transferencia de la tecnología no necesariamente implica su comercialización, aunque alguna parte de la literatura emplea ambos términos de manera indistinta. De acuerdo con Noh et al. (2018), el proceso de comercialización consiste de varias etapas, resumidas en la Tabla 1. El desempeño puede variar en cada una de las etapas, por lo que la tecnología que es evaluada como exitosa en un punto puede que resulte un fracaso en otro punto. Estas dificultades en la evaluación del éxito en la comercialización se han encontrado por décadas. Fueron mencionadas por Jolly (1997), quien argumentó que el éxito en una etapa no podía garantizar el éxito en las siguientes etapas debido a que la incertidumbre estaba distribuida de igual forma en todas las etapas del proceso.

Tabla 1. Descripción del proceso de comercialización según Noh et al., 2018

Etapa	Descripción	Referencias
Conceptualización de tecnología	Tecnología destinada a ser desarrollada a partir de ideas innovadoras está documentada y su información está distribuida o compartida entre miembros de la organización.	Jolly (1997), Dhewanto y Sohal (2015)

Obtención de resultados basados en el concepto de tecnología	Resultados finales (i.e., procesos, productos o servicios nuevos o mejorados) derivados completamente o desarrollados con base en la tecnología.	Cho y Lee (2013); Dhewanto y Sohal (2015)
Entrada al mercado	Resultados finales de la tecnología entran a un mercado de una forma u otra Productos o servicios nuevos o mejorados aparecen en el mercado Procesos nuevos o mejorados se incorporan a una organización	Chen, Chang, y Hung (2011), Miller (2007)
Creación de valor	Se generan ganancias luego del punto de equilibrio, u ocurren efectos económicos. Las ventas de productos o servicios lanzados basados en la tecnología recuperan toda la inversión. Se generan reducciones significativas de costos debido a los procesos aplicados. Las divisiones de capital a través de filiales se pueden clasificar en creación de beneficios.	S. K. Kim, Lee, Park, y Oh (2011), Dhewanto y Sohal (2015)

Siegel, Waldman, Atwater y Link (2004) representaron el proceso de transferencia de tecnología mediante un modelo lineal, que abarcaba las siguientes etapas: descubrimiento científico, divulgación de la invención, evaluación de la invención para patentamiento, patente, mercadeo de tecnología a empresas, negociación de la licencia, licenciamiento a empresa. Más recientemente, Secundo et al. (2016) adaptó el modelo propuesto Rossi (2014), ilustrado en la Figura 2.

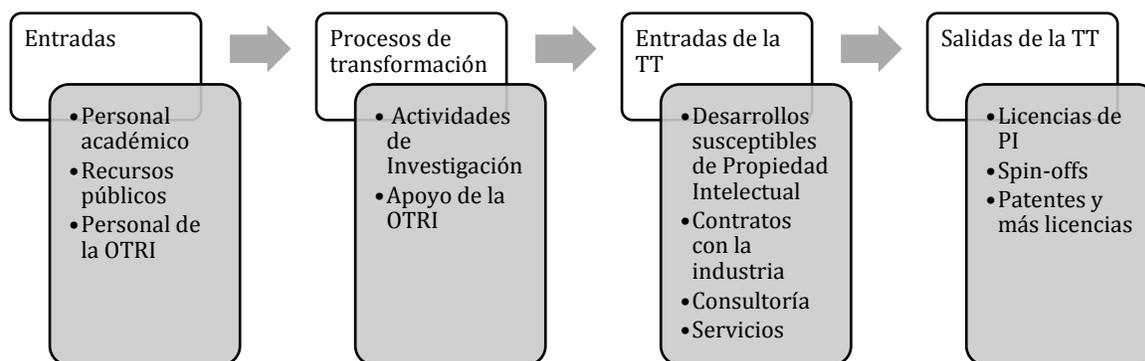


Figura 2. Proceso de la Transferencia de Tecnología (Secundo et al. (2016) adaptado de Rossi (2014))

Al intentar definir un modelo para evaluar las oficinas de transferencia de las universidades sin tener en cuenta el aspecto monetario, Secundo et al. (2016) definieron las siguientes áreas (Tabla 2) y con el fin de priorizar entre ellas, les asignaron porcentajes de importancia relativa:

Tabla 2 Principales áreas de eficiencia de las oficinas de transferencia de tecnología de las universidades según Secundo et al. (2016)

Área de eficiencia	% de importancia relativa
Recursos humanos	100
Estrategia y política de PI	80
<i>Networking</i>	60
Relaciones con la industria	60
Tecnología	40
Diseño y estructura de la organización	20

De acuerdo con Rahal y Rabelo (2006), la literatura acerca de la transferencia de tecnología universitaria y el licenciamiento se ha enfocado principalmente en las patentes (Henderson et al., 1995); Mowery (2011), en el rol de las patentes y el *spillover* de conocimiento (Jaffe, Trajtenberg, y Fogarty (2000); Trajtenberg (1990); Trajtenberg, Henderson, y Jaffe (1997)), la estructura organizacional y el prestigio de la Universidad como determinantes para el licenciamiento (Bercovitz, Feldman, Feller, y Burton (2001); Sine, Shane, y Di Gregorio (2003)), las prácticas y el desempeño de la oficina de transferencia (Rogers, 1983), y el proceso de las transferencia desde la perspectiva de la universidad; sin embargo, ninguno se ha enfocado en la evaluación y predicción de la probabilidad de que las propiedades intelectuales sean licenciadas o comercializadas (a excepción de Thursby y Thursby (2001, 2003)).

Adicionalmente es necesario enfatizar que la comercialización de la tecnología es un proceso muy complicado y su éxito depende de muchos factores. Por tanto, los artículos pueden frecuentemente mencionar un número de factores. Pero no es suficiente

concentrarse en sólo uno de los factores, sino que la combinación de los factores es importante (Kirchberger y Pohl, 2016).

2.3.3. Problemas con la transferencia

Siegel et al. (2007) identificaron tres impedimentos para una transferencia de tecnología efectiva en las universidades:

- El primero son las barreras culturales y de información entre las universidades y las empresas, especialmente con empresas pequeñas.
- Otro impedimento son las recompensas insuficientes para el involucramiento de la facultad en la transferencia. Dado que la principal motivación para los investigadores de las universidades es la publicación y el reconocimiento de la comunidad científica y a que las universidades típicamente no recompensan actividades como la comercialización de las investigaciones o la creación de *spin-offs* (Siegel et al., 2003), el proceso de transferencia de tecnología se ve estancado en más de una universidad. Los procesos de evaluación de desempeño en muchas ocasiones desestimulan el involucramiento de los investigadores en actividades de transferencia. Algunos investigadores incluso consideran que involucrarse en actividades de transferencia de tecnología puede ocasionar detrimentos para su carrera.
- Finalmente, hay problemas con el aprovisionamiento de personal y con las prácticas de compensación dentro de las oficinas de transferencia. La alta rotación del personal de licenciamiento es un detrimento para las relaciones a largo plazo con las empresas, mientras que la inexperiencia de la oficina de transferencia en mercadeo y negocios es un problema común, y en otras hace falta mejorar los incentivos mediante compensaciones.

Debido a esto, es posible que el personal universitario esté transfiriendo sus ideas a las empresas a través de acuerdos de consultoría, quedándose la Universidad sin percibir

regalías, debido a una infraestructura insuficiente para el licenciamiento (Goldfarb y Henrekson, 2003).

Por otro lado, se ha identificado en el entorno un fenómeno conocido como “el valle de la muerte”, mediante el cual se describe la brecha existente los resultados de investigación y el desarrollo de productos y la comercialización (Markham et al., 2010). El valle representa todos aquellos recursos e investigaciones que hacen falta para conectar las montañas de resultados de investigación con las montañas de recursos para la comercialización. Esta brecha es el resultado de la desconexión entre en el mundo académico y el mundo empresarial, los cuales hablan en lenguajes diferentes aun cuando están intentando resolver los mismos problemas.

2.3.4. Características de las tecnologías para ser transferidas

Según Wu et al. (2015), el prospecto de que una invención sea licenciada, depende en parte de cuán aplicable es la invención para usos comerciales, lo cual al final es una función tanto de factores individuales como institucionales. Sin embargo, Siegel et al. (2003) ya habían argumentado que estos dos tipos de factores no alcanzaban a explicar completamente las diferencias en el desempeño de las oficinas de transferencia.

Según la revisión realizada por Wu et al. (2015), los factores institucionales explican las diferencias entre los resultados de licenciamiento entre universidades. Algunos de estos factores institucionales son: las estructuras de recompensas de la universidad que incentivan la comercialización de la investigación (Baldini et al. (2007); Friedman y Silberman (2003); Macho-Stadler et al. (2007); Markman et al. (2004)), las estructuras de soporte a la transferencia (Ambos et al. (2008); Carlsson y Fridh (2002); Friedman y Silberman (2003); Siegel et al. (2003)), las estructuras de organización de la universidad o el tamaño de los laboratorios (Bercovitz et al., 2001), y las normas universitarias hacia la comercialización de la investigación (Argyres y Liebeskind (1998); Owen-Smith y Powell (2001)). A su vez, Pries y Guild (2011) demostraron que

las características tecnológicas de las invenciones de la universidad determinan los modelos de negocios y la subsecuente comercialización de resultados de investigación. Por otra parte, la financiación por parte de la industria promueve el interés en la investigación aplicada, la producción de resultados comercializables y la demanda de protección de la propiedad intelectual (Agrawal y Henderson (2009); Friedman y Silberman (2003); Siegel et al. (2003)).

Las invenciones que reciben evaluaciones positivas se cree usualmente que son viables comercialmente, potencialmente competitivas en el mercado y rentables para la universidad (Bradley, 2013).

Adicionalmente a la aplicabilidad, la probabilidad del licenciamiento también depende de qué tan mercadeable es la invención. Lo mercadeable representa el grado en el cual las invenciones se reconocen por la industria y otras entidades como insumos importantes para el desarrollo de procesos o productos que puedan ser vendidos en un mercado o de lo contrario, proveído a usuarios potenciales. Sin embargo, lo mercadeable no es simplemente una característica tecnológica, es también una función del nivel de compromiso que el inventor académico y las universidades demuestren en el proceso de comercialización (Wu et al., 2015).

El licenciamiento depende de una sostenida transmisión de conocimiento entre la universidad y la industria, sobre las necesidades comerciales y las oportunidades de mercado. Los hallazgos del estudio de Wu et al. (2015) sugieren que las oficinas de transferencia podrían fomentar los resultados de licenciamiento al prestar atención a los tipos de comportamiento de los inventores que contribuyen al licenciamiento, más que en la tecnología o en la invención en sí misma. Enfocarse en la invención lleva a una búsqueda y proceso de promoción costosos. Enfocarse en el comportamiento del inventor que lleva al licenciamiento y el establecimiento de instituciones que promueven estos comportamientos – como la colaboración temprana con la industria en el diseño de investigaciones.

Otra categoría de estudios, de acuerdo con Noh et al. (2018), establece que los proyectos innovadores exitosos son el resultado de tomar ventaja de las oportunidades de negocios donde las características de la oportunidad son consideradas como el determinante del éxito. De esta forma, los factores de éxito desde esta perspectiva están relacionados a la demanda de mercado esperada, el atractivo de los usuarios objetivo, las barreras de entrada, y el nivel de competencia del mercado, los cuales representan las condiciones de mercado como las oportunidades clave.

A continuación, se presentan varios estudios seleccionados, cada uno de los cuales define un conjunto de criterios que determinan la probabilidad de una tecnología de ser transferida exitosamente.

Rahal y Rabelo (2006), en su revisión bibliográfica, identificaron 43 determinantes que son cruciales para un licenciamiento exitoso y para la comercialización de las tecnologías universitarias, relacionados en la Tabla 3.

Tabla 3. Determinantes de licenciamiento y comercialización de tecnología Rahal y Rabelo (2006)

Determinantes institucionales	1. La oficina de transferencia tecnológica 2. Las políticas universitarias de licenciamiento 3. Determinantes de la influencia del prestigio institucional.
Determinantes relacionados al inventor	1. Involucramiento y cooperación como jugador de equipo 2. Inventor reconocido como un líder tecnológico 3. La credibilidad del inventor en su campo 4. El inventor tiene expectativas realistas sobre su tecnología 5. Los incentivos al inventor por parte del licenciataria.
Determinantes relacionados a la tecnología	1. La naturaleza y sofisticación de la tecnología (alta o baja) 2. El campo de aplicación de la tecnología (sus futuros usos) 3. La superioridad y unicidad de la tecnología 4. Los beneficios significativos y las ventajas identificadas y percibidas por el usuario 5. Los beneficios cuantificables y las ventajas tal y como son percibidas por el usuario comparadas con los productos competidores actuales 6. Las ventajas competitivas sostenibles de la tecnología y la superioridad tal y como es percibida por el usuario 7. El time to market 8. El estado de desarrollo de la tecnología 9. Las barreras a la entrada 10. La novedad y la no-obviedad de la tecnología 11. La disponibilidad de un prototipo

	funcional 12. La factibilidad técnica (la solución de los problemas técnicos) 13. El grado de dependencia en otras tecnologías 14. El grado de compatibilidad con otras tecnologías necesarias 15. Los riesgos y debilidades identificables y cuantificables
Determinantes relacionados al mercado y a la comercialización	1. Necesidad de mercado presente e inmediata e identificable 2. La ausencia de un competidor dominante en el campo tecnológico 3. Mercado potencial definido y grande 4. Anticipación de crecimiento del mercado de la tecnología 5. La tendencia de mercado esperada 6. El tiempo para que la tecnología alcance la penetración de mercado esperada 7. La accesibilidad al mercado (ninguna tecnología dominante) 8. El precio competitivo de la tecnología 9. Probabilidad razonable de éxito comercial de la tecnología 10. Primera tecnología en el mercado (ventaja de madrugador) 11. La I+D necesaria para que la tecnología alcance el estado de desarrollo de producto 12. El periodo esperado para que la tecnología pague 13. El retorno positivo esperado de la tecnología en un periodo específico de tiempo 14. El riesgo financiero de la tecnología.
Determinantes relacionados a la propiedad intelectual	1. La revisión bibliográfica está completa y es favorable 2. La búsqueda de patentes está completa y es clara y favorable 3. La confidencialidad de la tecnología no se ha roto (sin divulgaciones orales o escritas) 4. La tecnología no tiene reivindicaciones previas 5. La fortaleza de la propiedad intelectual 6. La exclusividad de la propiedad intelectual

A partir de ahí, Rahal y Rabelo (2006) realizaron una encuesta a 108 miembros de la *Licensing Executive Society*, y los resultados fueron pasados por un modelo logístico de regresión lineal, que dejó como resultado nueve variables significativas, presentadas en la Tabla 4. Es de anotar que, de las doce variables más significativas según la opinión de los encuestados, solo 4 hicieron parte de la lista final.

Tabla 4. Determinantes más importantes para el licenciamiento de tecnología Rahal y Rabelo (2006)

Unicidad y superioridad
Probabilidad de éxito en el mercado
Tiempo de llegada al mercado
Ausencia de un competidor dominante en el campo tecnológico
Involucramiento y cooperación del investigador
Beneficios significativos y cuantificables
Preservación de la confidencialidad
Disponibilidad de un prototipo funcional
Fortaleza de la propiedad intelectual

Noh et al. (2018) realizaron un análisis longitudinal, partiendo de información de evaluaciones previas y posteriores a la comercialización, para luego mediante una regresión lineal, encontrar los diez índices más significativos. En la Tabla 5 se relacionan los índices empleados por el *Korea Institute of Science and Technology Information* (KISTI), que fueron la base para el análisis.

Tabla 5. Índices base del modelo de evaluación (Noh et al., 2018)

Categoría	Sub-categoría	Índice
Características tecnológicas	Innovación	Grado de tecnología de punta
		Diferenciaciones tecnológicas
		Posición en el ciclo de vida de la tecnología
	Competitividad tecnológica	Contribución tecnológica al producto
		Aplicabilidad y extensibilidad de la tecnología
		Facilidad de producción
		Disponibilidad de tecnología alternativa
	Validez estratégica	Compatibilidad estratégica de una tecnología
		Validez del plan de desarrollo de la tecnología
Capacidades organizacionales	Infraestructura de I+D	Tamaño del personal de I+D
		Experiencia de los empleados de I+D
		Derechos sobre la PI
		Registro de certificados públicos (Legitimidad)
	Competitividad de los gerentes	Experiencia de los gerentes en campos similares
		Capacidad de comercialización de los gerentes
		Hoja de vida de los gerentes
Atractividad del mercado		Grado de competencia en el mercado
		Tamaño potencial del mercado

Características de la oportunidad		Crecimiento potencial del mercado
		Estabilidad de la demanda de mercado
		Barreras de entrada al mercado
		Cuota de mercado esperada
	Efecto económico	Retorno esperado sobre la inversión
		Efecto dominó económico esperado
	Factibilidad comercial	Compatibilidad estratégica de la comercialización
		Validez del plan de comercialización

Los resultados de la regresión arrojaron como significativos los índices que se relacionan en la Tabla 6, los cuales son una composición de los índices relacionados anteriormente, con el fin de resolver la multicolinealidad y reducir las dimensiones de los índices.

Tabla 6. Componentes principales resultado del análisis realizado por Noh et al. (2018)

Componentes principales
Utilidad tecnológica
Competitividad en I+D
Espíritu pionero en un mercado nuevo
Potencial de mercado
Competitividad gerencial
Plan de comercialización inviable
Condiciones peligrosas del mercado
Facilidad de producción
Impacto económico positivo esperado
Falta de derechos de propiedad intelectual

En general, los hallazgos de Noh et al. (2018), son contrarios a las expectativas de que las características de las tecnologías pueden predecir el éxito comercial, como se sugiere en muchos estudios (Arts y Veugelers (2015); Fleming (2001)).

Cartalos, Rozakis, y Tsiouki (2018) propusieron las dimensiones y criterios relacionadas en la Tabla 7, para evaluar el potencial de explotación de una investigación, luego de su revisión bibliográfica. Como método para la valoración de los criterios, realizaron encuestas y reuniones con el equipo de investigación y con expertos en negocios y financiación de innovaciones.

Tabla 7 Dimensiones y criterios para evaluar el potencial de explotación de una investigación (Cartalos et al., 2018)

Dimensión de la evaluación	Criterio
Tecnología-innovación	Nivel de madurez de la tecnología
	Valor añadido de la innovación propuesta
	Relevancia para con necesidades sociales y económicas concretas
Oportunidades de mercado	Claridad del objetivo de explotación-productos/servicios y segmento de mercado
	Ventaja competitiva
	Beneficios esperados versus esfuerzo de desarrollo
Equipo de explotación	Claridad del esquema de explotación
	Grado en el que se cubren las competencias clave
	Grado de compromiso del equipo de investigación

Kirchberger y Pohl (2016) realizan una revisión sistemática de literatura sobre comercialización de tecnología, para encontrar factores de éxito y antecedentes a lo largo de varios contextos. Los hallazgos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Factores que ayudan a la comercialización de tecnología según Kirchberger y Pohl (2016)

Factor codificado	Factores hallados en la literatura
Cercanía a la industria	Cercanía geográfica, tipo de compañía, barreras culturales, orientación de la industria, tipo de investigación
Cultura de innovación	Modelos de innovación, roles de campeones, estrategia para la innovación disruptiva
Apoyo de los intermediarios	Políticas de incubación para superar obstáculos, disponibilidad de incubadora, disponibilidad de centro prueba de concepto
Técnicas de manejo o gerencia	Capacidad de crear conceptos de producto, capital humano, estructura de incentivos, roadmaps integrados, manejo del licenciamiento externo, investigación de mercados, diseño organizacional, prioridad para hallar mercados para las tecnologías, estructura de recompensas
Actividades de relacionamiento	Redes académicas, construcción de alianzas, comunicación a distancia, contacto entre el personal y los investigadores, redes intra-empresa
Derechos de propiedad	CEO ownership, equidad en la distribución de derechos de propiedad, disponibilidad de patentes, alcance de las patentes
Características individuales de los investigadores	Capacidad de comercialización, calidad de la facultad, habilidades de mercadeo, motivación, actitud hacia la toma

	de riesgos, nacionalidad, científicos estrella, disponibilidad de tiempo, voluntad para comprometerse en la transferencia, edad del científico, género del científico
Disponibilidad de recursos	Acceso a financiación, acceso a incubadoras, financiación dentro de la universidad, fuentes internas de manufactura humana y tecnológica, disponibilidad de capital de riesgo
Estructura del equipo	Experiencia previa conjunta, complementariedad del equipo, tamaño del equipo, composición del equipo
Valor de aplicación de la tecnología	Satisfacción del cliente, tiempo de desarrollo del producto, evaluación de la tecnología, excavaciones tecnológicas, complejidad de la tecnología, importancia de la tecnología, radicalidad de la tecnología
Idoneidad de la tecnología para comercialización	Edad de la innovación, competición en el segmento de mercado objetivo, estado de desarrollo de la tecnología, tiempo esperado de llegada al mercado, alcance de la innovación, cuota de mercado proyectada, naturaleza pionera
Estrategia de transferencia de tecnología	Impedimentos de etapas tempranas, experimentaciones con la tecnología en cadenas de valor, escogencia de la estrategia, estrategia de innovación, sobre exposición a cuellos de botella, manejo del proyecto de transferencia
Política y estructura universitaria	Autonomía de la oficina de transferencia, grado de apoyo, orientación emprendedora, diseño del proceso, calidad de la investigación, número de investigadores, tamaño de la universidad, ambidextralidad organizacional, tipo de universidad, spin-outs previas.

2.4. Estado del arte

Debido al auge en la década de los 90s de los estudios de prospectiva tecnológica como instrumentos para la construcción de políticas nacionales de ciencia y tecnología, Salo, Gustafsson y Ramanathan (2003), analizaron y compararon varios métodos de Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio para ser usados en prospección de tecnología, dado que hallaron que en la mayoría de los estudios, no se describía el método por el cual se llegaron a establecer las prioridades.

Ellos escogieron cuatro métodos y resumieron sus cualidades relativas a la prospectiva tecnológica como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio clasificados por Salo et al. (2003)

	Método de Análisis de Decisión Multicriterio			
	SMART	AHP	PRIME	DEA
Dominio de la aplicación	Evaluación de alternativas	Evaluación de alternativas	Evaluación de alternativas	Identificación de alternativas eficientes
Preferencia de información	Información completa	Información completa	Posible información incompleta o información de puntajes	Sin preferencia
Proceso de Extracción	Asignación de puntos a atributos en orden de importancia creciente	Comparaciones pareadas entre todos los criterios y alternativas	Preferencias extraídas a través de radios de diferencia de valor entre alternativas	Estimación de alternativas con respecto al uso de entradas y la producción de salidas
Resultados	El valor agregado de una alternativa es la suma de sus puntajes ponderados con respecto a los criterios	El valor agregado de una alternativa es la suma de sus puntajes ponderados con respecto a los criterios	Limita en las comparaciones de apoyo de los valores agregados de las alternativas	Eficiencia basada en el radio entre la suma ponderada de salidas y la suma ponderada de entradas
Procedimiento de solución	Algebraica	Cálculo de vectores propios	Programación lineal	Programación lineal
Ventajas	Simple y transparente	Fácil de entender Software de apoyo disponibles	Habilidad de lidiar con incertidumbre	Acercamiento objetivo a la evaluación de eficiencia
Desventajas	Débil fundamentación teórica	Reversiones de rango Se requiere un grande número de comparaciones pareadas	Las diferencias de valor pueden ser difíciles de conceptualizar y de extraer	Las alternativas deben usar y producir entradas y salidas similares

Más recientemente, Altuntas y Dereli (2012) desarrollaron un sistema de índices de evaluación con el fin de priorizar proyectos de inversión en términos de su potencial de

comercialización. Para esto emplearon varios Métodos de Análisis de Decisión Multicriterio con números difusos, de la siguiente manera: usando el método DEMATEL (*Decision-making trial and evaluation laboratory*), hallaron las interrelaciones entre los factores bajo condiciones difusas. Posteriormente, emplearon el método ANP (*Analytic Network Process*), también con números difusos, para determinar los pesos de los factores. Los valores los factores para cada tecnología fueron predichos por expertos y luego evaluados con una distribución beta para estimar la media de cada factor con respecto a la opinión de los expertos (ver Tabla 10).

Tabla 10. Solución propuesta por para la construcción de un índice de evaluación para predecir la comercialización de tecnologías para proyectos de inversión Altuntas y Dereli (2012)

Ponderación de los factores	1. Identificación de los factores que afectan la comercialización de tecnología
	2. Calcular las interrelaciones entre los factores con el método DEMATEL (difuso)
	3. Calcular los pesos de los factores usando ANP (difuso)
Estimación de los factores	4. Clasificación de la estimación de los expertos entre Optimista, Posible o Pesimista para cada factor con respecto a la tecnología considerada
	5. Calcular el valor de la estimación esperada para cada factor i evaluado, mediante la distribución beta
	6. Calcular el valor esperado promedio de la estimación para cada factor, dividiendo por el número total de expertos
Evaluación final para hallar puntajes	7. Multiplicar el valor calculado promedio de la estimación para cada factor, con su correspondiente peso, para cada uno de los factores. El valor obtenido es el puntaje del factor.
	8. Calcular el índice de evaluación, sumando todos los puntajes de los factores.

Hashemkhani Zolfani, Salimi, Maknoon y Simona (2015), emplearon SWARA (*Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis*) para evaluar criterios de selección de proyectos de I+D, también para prospección de tecnología. El procedimiento de selección se muestra en la figura 3, a continuación:

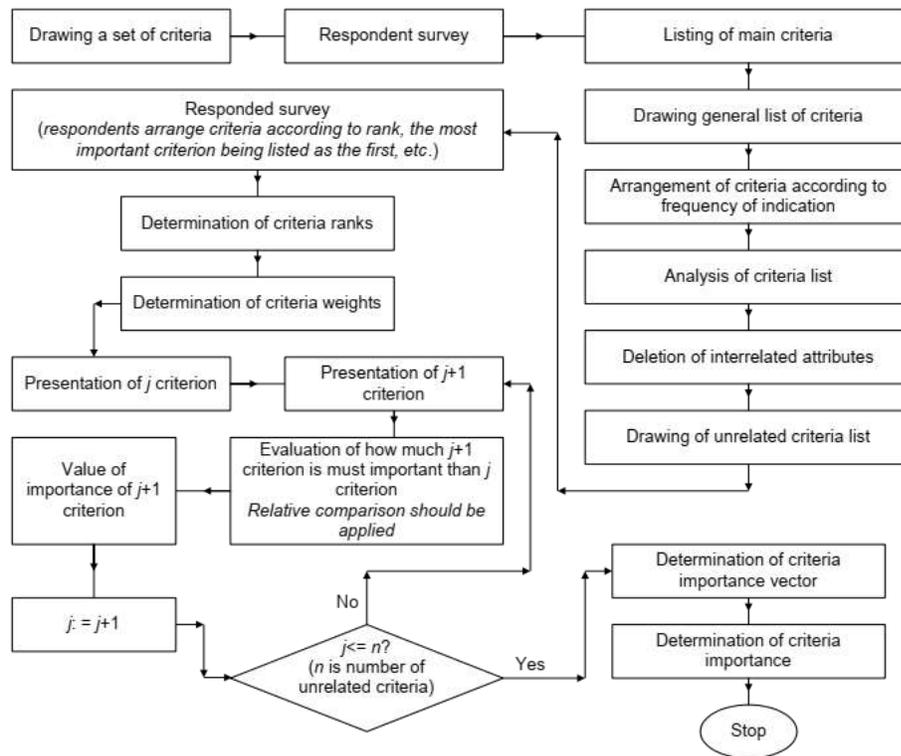


Figura 3 Determinación de los pesos de los criterios con base en SWARA (Kersuliene y Turskis (2011) según Hashemkhani Zolfani et al. (2015))

Como resultado del proceso SWARA se obtuvo la tabla de pesos relativos para los criterios seleccionados, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11 Pesos finales hallados a través del método SWARA (Hashemkhani Zolfani et al., 2015)

Criterios y sub-criterios	Pesos relativos
Mérito tecnológico	0,2658
Competitividad de la tecnología	0,0864
Ambiente social	0,1015
Interacción técnica potencial con tecnología existente	0,0779
Técnico	0,1939
Disponibilidad de recursos técnicos	0,0514
Tiempo anticipado de terminación	0,0617
Atractividad de la ruta tecnológica	0,0373
Probabilidad de éxito técnico	0,0435
Riesgo	0,1674
Riesgo técnico	0,0287

Riesgo comercial	0,0328
Riesgo económico	0,038
Riesgo de desarrollo	0,0246
Riesgo regulatorio	0,0433
Mercado	0,2295
Tamaño potencial del mercado	0,0523
Cuota de mercado esperada	0,0458
Factibilidad financiera	0,0702
Número y fortaleza de los competidores	0,0611
Regulación	0,1435
Políticas gubernamentales	0,0448
Regulación económica	0,0327
Políticas ambientales	0,0378
Capacidad de cumplir con probables regulaciones futuras	0,0282

En el contexto colombiano, la Corporación Tecnova presentó en el 2016 una herramienta informática denominada “Matriz de Evaluación y Priorización de Proyectos Spin-Off” con el propósito de “permitirle a las IES evaluar su estado de preparación institucional y el de sus resultados de investigación de cara a revisar los aspectos necesarios para seleccionar la Spin-Off como mecanismo de transferencia” (Corporación Tecnova, 2016). Para esto se realizaron eventos de discusión y construcción con profesionales de 52 entidades de 16 departamentos del país. En la Tabla 12 se presentan los seis criterios establecidos para la toma de decisión sobre los proyectos a priorizar. La matriz consta de 25 subcriterios y la forma de evaluar es a través de la ponderación del puntaje otorgado por tres jurados expertos, aunque no se ofrece información sobre cómo se llegó al peso de cada criterio.

Tabla 12. Matriz de Evaluación y Priorización de Proyectos Spin-Off(Corporación Tecnova, 2016)

Criterio	Peso
Aspectos jurídicos en materia de habilitación para crear Spin-Off y titularidad de la propiedad intelectual.	10
Pertinencia de la creación de la Spin-Off TIC como mecanismo idóneo de transferencia tecnológica	15
Estado de desarrollo del producto o servicio a ofertar por la spin-off	20
Potencial y validación del mercado	25
Equipo de trabajo dispuesto para la Spin-off	15

2.5. Marco contextual

De acuerdo con Olaya, Berbegal-Mirabent y Duarte (2014), las principales líneas de investigación sobre transferencia de conocimiento al sector industrial por parte de las universidades (oficinas de transferencia de tecnología), son en la actualidad:

- Productividad de las OTRIs (identificación de factores y sus indicadores);
- Análisis específico de *outputs* concretos de transferencia;
- Estudios de eficiencia (con técnicas DEA y SFE entre otras);
- Estructura y funcionamiento interno de las OTRIs;
- Rol de las OTRIs dentro del sistema de innovación y mecanismos de transferencia, redes y canales de interacción con proveedores y/o clientes;
- Identificación de los factores que afectan la transferencia (incentivos, obstáculos y motivaciones del investigador);
- Casos de estudio que relatan o comparan distintas experiencias (países, regiones, y eventual impacto).

El tema de este trabajo es transversal a varias de estas líneas, está relacionado a la productividad de las OTRIs, a los mecanismos de transferencia y a la identificación de los factores que afectan la transferencia.

2.6. Conclusión del capítulo

El conocimiento es el activo más importante en la sociedad actual, y al ser la universidad una de las principales generadoras de nuevo conocimiento, debe recurrir a mecanismos que permitan que la sociedad obtenga beneficios de este conocimiento. Este proceso se conoce como transferencia de tecnología, el cual se lleva a cabo tradicionalmente a

través de acuerdos de licencia de los activos de propiedad intelectual y del establecimiento de empresas spin-off para el caso de las universidades, entre otros mecanismos.

La literatura ha indagado en la comprensión del proceso de transferencia, al igual que en los factores y las circunstancias necesarias para que sea exitoso, entre ellas, las características de la tecnología, los factores institucionales y las circunstancias del mercado. Se seleccionaron los trabajos de Cartalos et al. (2018), Kirchberger y Pohl (2016), Noh et al. (2018) y Rahal y Rabelo (2006) como referentes para la elaboración de una lista de criterios determinantes para la transferencia exitosa de tecnología.

Por otro lado, se presentaron distintos métodos de análisis de decisión multicriterio hallados en la literatura usados para la toma de decisiones relacionadas con prospección de tecnología.

3. Determinación de criterios relevantes para la transferencia de tecnología en el contexto universitario

En la revisión de literatura, se encontraron 189 factores relacionados al éxito en la transferencia y comercialización de tecnología (Cartalos, Rozakis, y Tsiouki, 2018; Kirchberger y Pohl, 2016; Mohannak y Samtani, 2014; Noh et al., 2018; Rahal y Rabelo, 2006). Al agrupar aquellos que eran iguales o muy similares, los factores se redujeron a 36 (por ejemplo, los factores *Alcance de aplicaciones alternativas* (Mohannak y Samtani, 2014), *Campo de aplicación de la tecnología (sus futuros usos)* (Rahal y Rabelo, 2006), y *Aplicabilidad y extensibilidad de la tecnología* (Noh et al., 2018) se agruparon en uno solo: Aplicaciones de la tecnología.

Posteriormente se evaluaron los factores de acuerdo con el objetivo de la metodología a proponer, es decir:

- Que permitieran priorizar entre tecnologías originadas en el contexto de una universidad.
- Que los investigadores y personal administrativo de las universidades pudieran encontrar información fácilmente.
- Que fueran relevantes para los dos mecanismos de transferencia a evaluar por la metodología (licencia y spin-off).

De esta forma los factores se redujeron a 31, y se añadió un criterio a discreción del autor (aliado técnico-comercial) para un total de 32 criterios, descartando los siguientes factores:

- Cuota esperada de mercado
- Potencial de atracción de fondos de capital de riesgo
- Retorno esperado sobre la invención
- Tiempo esperado de retorno

- Precio competitivo

Estos factores se descartaron principalmente porque para poder emplearlos se requiere de información muy específica y especializada, que corresponde a estados más avanzados de la adopción de la invención como producto o servicio; en el momento en el que se tomaría la decisión sobre la priorización es improbable que los grupos de investigación y universidades cuenten con la información necesaria para emplear estos factores. Los receptores de la tecnología estarían en mejor capacidad de estimar el precio, el retorno esperado sobre la inversión, y los demás factores descartados.

Al agruparse por temática, los 32 criterios seleccionados se convierten en subcriterios de 6 criterios principales, los cuales se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Criterios seleccionados para el desarrollo de la metodología

Criterios	Subcriterios
1. Tecnología	1. Estado de desarrollo de la tecnología
	2. Plan de desarrollo de la tecnología
	3. Novedad y ventajas de la tecnología
	4. Aplicaciones de la tecnología
	5. Riesgos y debilidades
	6. Compatibilidad con otras tecnologías
	7. Independencia de otras tecnologías
	8. Ventaja diferencial
	9. Dependencia y colaboración con proveedores
2. Inventor	10. Grado de compromiso del inventor
	11. Reconocimiento del inventor
	12. Equipo de trabajo
	13. Actitud del inventor
3. Mercado	14. Validación comercial/Plan de negocio
	15. Mercado potencial definido
	16. Barreras de entrada al mercado
	17. Tendencia del mercado
	18. Grado de competencia en el mercado
	19. Valoración potencial de la tecnología

	20. Relación costo-beneficio
	21. Necesidad de mercado identificable
	22. <i>Time to market</i>
	23. Aliado técnico y comercial
4. Propiedad Intelectual	24. Estudio de vigilancia tecnológica
	25. Libertad de operación
	26. Fortaleza de los derechos sobre la PI
	27. Licencias de tecnologías complementarias
5. Desarrollo socioeconómico y ambiental	28. Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible
6. Institución	29. Capacidades para la gestión del desarrollo
	30. Políticas y normativas institucionales
	31. Prestigio institucional
	32. Capacidades de relacionamiento

A continuación, se describen cada uno de los subcriterios seleccionados, se definen las preguntas que servirán para evaluar las tecnologías según cada subcriterio y se define el puntaje máximo que podrá obtener una tecnología por cada subcriterio. Las preguntas están formuladas de tal manera que el objetivo de una tecnología sea siempre obtener el mayor puntaje posible en cada criterio.

3.1. Estado de desarrollo de la tecnología

Definición: Ubicación de la tecnología en la escala de alistamiento tecnológico (Kirchberger y Pohl, 2016; Rahal y Rabelo, 2006).

Para establecer el estado de desarrollo, nivel de alistamiento o nivel de madurez de una tecnología, se emplea comúnmente la escala desarrollada por la NASA en 1989 (Jim Banke, 2010). La tecnología dada se compara con la descripción de cada nivel y se ubica en el nivel más acorde al progreso que haya alcanzado hasta ese momento.

La escala consta de 9 niveles de alistamiento tecnológico o *technology readiness levels (TRLs)*, descritos en la Tabla 14.

Tabla 14. Estado de desarrollo de la tecnología

TRL	Descripción	Puntos
TRL 1	<i>Principios básicos observados y reportados.</i>	1
TRL 2	<i>Concepto y/o aplicación tecnológica formulada:</i> Se propone una idea para la aplicación práctica de la investigación presente, sin tener estudios o prueba que soporten la idea.	2
TRL 3	<i>Función crítica analítica y experimental y/o prueba de concepto característica:</i> Empieza la investigación activa y el desarrollo, incluyendo estudios analíticos de laboratorio para validar la idea inicial, dando como resultado una “prueba de concepto”.	3
TRL 4	<i>Validación de componente y/o disposición de los mismos en entorno de laboratorio:</i> Se construyen ejemplos básicos de la tecnología para realizar pruebas que permitan orientar el desarrollo a seguir.	4
TRL 5	<i>Validación de componente y/o disposición de los mismos en un entorno relevante:</i> Se realizan versiones más realistas de la tecnología propuesta y se prueban en entornos de la vida real o cercanos a la vida real, con integraciones iniciales con otros sistemas operacionales.	5
TRL 6	<i>Modelo de sistema o subsistema o demostración de prototipo en un entorno relevante:</i> La versión casi final de la tecnología, usualmente con cambios adicionales de diseño, probada en condiciones de la vida real.	6
TRL 7	<i>Demostración de sistema o prototipo en un entorno real:</i> Un prototipo final de la tecnología lo más cercano posible a la versión operacional, probado en un entorno real.	7
TRL 8	<i>Sistema completo y certificado a través de pruebas y demostraciones:</i> La tecnología es probada exhaustivamente y no se requieren más desarrollos relevantes. Funciona tal y como se espera sin problemas significativos de diseño.	8

TRL 9	<i>Sistema probado con éxito en entorno real:</i> La versión operacional final de la tecnología es demostrada completamente a través de operaciones normales. Solo se necesita arreglar problemas menores. Cualquier nueva mejora a la tecnología en este punto, sea planeada o no, se trata como un TRL 1.	9
-------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

Para el caso del software, la escala puede adaptarse de la siguiente manera (Ibáñez de Aldecoa Quintana, 2014):

- TRL 1: Nivel más bajo de la disponibilidad de la tecnología software. Se está investigando un nuevo dominio software por parte de la comunidad científica a nivel de investigación básica. Este nivel comprende el desarrollo de los usos básicos, así como las propiedades básicas de la arquitectura software, las formulaciones matemáticas y los algoritmos generales.
- TRL 2: Se comienza a investigar las aplicaciones prácticas del nuevo software, aunque las posibles aplicaciones son todavía especulativas.
- TRL 3: Se comienza una actividad intensa de I+D y se comienza a demostrar la viabilidad del nuevo software a través de estudios analíticos y de laboratorio.
- TRL 4: Se comienzan a integrar los diferentes componentes de software básico para demostrar que pueden funcionar conjuntamente.
- TRL 5: En este nivel la nueva tecnología software se encuentra preparada para integrarse en sistemas existentes y los algoritmos pueden ejecutarse en procesadores con características similares a las de un entorno operativo.
- TRL 6: En este nivel se pasaría de las implementaciones a nivel de prototipo de laboratorio a implementaciones completas en entornos reales.

- TRL 7: En este nivel la tecnología software está preparada para su demostración y prueba con sistemas HW/SW operativos.
- TRL 8: En este nivel todas las funcionalidades del nuevo software se encuentran simuladas y probadas en escenarios reales.
- TRL 9: En este nivel la nueva tecnología software se encuentra totalmente disponible y se puede utilizar en cualquier entorno real.

Puntaje máximo posible: 9

Puntaje mínimo posible: 1

3.2. Plan de desarrollo de la tecnología

Definición: Existencia de un plan para la mejora de la tecnología que oriente el proceso de escalamiento, considerando: financiación, equipos, personal técnico y comercial, alianzas, redes (Noh et al., 2018) y conocimiento. La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 15.

Tabla 15. Plan de desarrollo de la tecnología.

Plan de desarrollo de la tecnología			
Nivel de certeza sobre los recursos necesarios para el escalamiento de la tecnología (financieros, equipos, personal, etc).	Alto	Medio	Bajo
	3	2	1
Nivel de la disponibilidad de recursos necesarios para continuar el desarrollo de la tecnología.	%		
	0-100		
Nivel de disponibilidad del conocimiento, alianzas o redes de conocimiento requeridos para el desarrollo de la tecnología.	Alto	Medio	Bajo
	3	2	1

Puntaje máximo posible: 16

Puntaje mínimo posible: 2

3.3. Novedad y ventajas de la tecnología

Definición: Novedad, funcionalidad y alcance geográfico de la tecnología.

Se agrupan en este criterio tres dimensiones de una tecnología. Su originalidad o su grado de novedad, es decir, si consiste en una propuesta sin paralelos, o consiste de una mejora radical que busca mejorar y eventualmente reemplazar las tecnologías existentes, o consiste de una tecnología que ofrece una mejora incremental a una tecnología existente (Cartalos et al., 2018). Por otro lado, la tecnología puede ser novedosa, pero a su vez ser solo una sustituta de una tecnología ya existente. Por último, la tecnología puede no ser novedosa a nivel mundial, pero puede que en el país no se haya adoptado, por lo que sería novedosa según el alcance geográfico (nacional, internacional). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 16.

Tabla 16. Novedad y ventajas de la tecnología

Novedad y ventajas de la tecnología					
Originalidad o grado de novedad	Incremental		Radical		Novedosa
	1		2		3
¿Existen tecnologías sustitutas?	Sí			No	
	0			3	
¿Cuál de las siguientes ventajas posee sobre las tecnologías sustitutas?	Costo	Desempeño	Sostenibilidad	Ninguna/N.A.	
	2	2	2	0	
El alcance geográfico del nivel de novedad de esta tecnología es:	Nacional		Latinoamérica		Mundial
	1		2		3

Puntaje máximo posible: 15 puntos

Puntaje mínimo posible: 2 puntos

3.4. Aplicabilidad de la tecnología

Definición: La capacidad de la tecnología de ser progresivamente expandida a usos similares en otro tipo de productos o servicios (Cho y Lee, 2013). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 17.

Tabla 17. Aplicabilidad de la tecnología

Aplicabilidad de la tecnología			
Aplicaciones conocidas para la tecnología	Ninguna	Al menos una	Más de una
	0 puntos	3 puntos	6 puntos

Puntaje máximo posible: 6 puntos

Puntaje mínimo posible: 0 puntos

3.5. Riesgos y debilidades

Definición: La posibilidad de que las acciones llevadas a cabo dentro de una transferencia no vayan acordes a lo planeado o terminen mal, resultando en costos o consecuencias adversas para una o más de las partes.

Fulop y Couchman (2006) definen el riesgo en las relaciones universidad-industria como “la posibilidad de que las acciones llevadas a cabo dentro de una asociación puedan terminar mal, o contrarias al plan, resultando en costos u otras consecuencias adversas para una o más de las partes.”

Los riesgos en la I+D no solo están asociados con el descubrimiento, sino con la transformación de ese descubrimiento en un producto o servicio mercadeable. Para

mitigar este riesgo, se busca crear un *market-pull* para la invención, es decir, hacerla atractiva para el mercado y para los inversionistas, por ejemplo, añadiéndole complementos, y a la vez haciendo la invención tecnológicamente viable y eficiente en términos de costos (Lee y Gaertner, 1994). Esta fase se conoce como pre comercialización. Sin embargo, hay situaciones que son impredecibles, contra las cuales poco puede hacer una pre-comercialización: la estructura de los mercados y sus cambios, el comportamiento de los mercados de riesgo, los cambios en las políticas de los gobiernos (Lee y Gaertner, 1994).

Fulop y Couchman, (2006) resume los riesgos de tres tipos: financieros, relacionados a la asociación e institucionales. Los riesgos financieros se refieren básicamente a la posibilidad de incurrir en costos significativos no estipulados inicialmente. Las actividades de I+D generalmente tienen altos costos fijos, y a medida que se va escalando en el desarrollo se van incrementando los costos, con la esperanza de que estos sean recuperados en un futuro próximo, de forma que el proyecto sea sostenible o redituable. Entre los costos fijos están el personal científico, equipos e infraestructura. Y dado que la actividad principal de las universidades no es incurrir en actividades comerciales, puede que no tengan las herramientas y habilidades necesarias para determinar si una inversión vale la pena.

Los riesgos financieros también dependen del canal de transferencia. Las spin-offs son atractivas porque le permiten a las universidades un mayor control sobre el desarrollo de la tecnología, sin embargo, conllevan un nivel más alto de riesgo a comparación de una licencia, donde el riesgo se traslada o se comparte (Feldman, Feller, Bercovitz, y Burton, 2002).

Los riesgos relacionados a la asociación entre organizaciones se dividen según Das y Teng (1999) en riesgos relacionales y riesgos de desempeño. Los riesgos relacionales se refieren a la probabilidad de que una de las partes no se comprometa completamente con la alianza (no proveyendo los recursos o la información acordados, manejando

agendas escondidas, entregando productos o servicios insatisfactorios) o a que actúe de forma oportunista, buscando su propio interés por encima de todo lo demás, entorpeciendo así el propósito de la alianza (rompiendo acuerdos de confidencialidad, compitiendo directamente con el conocimiento compartido, apropiándose de un porcentaje desproporcionado de los beneficios). Por su parte, los riesgos de desempeño se refieren a la probabilidad de que la alianza falle incluso cuando ambas partes se comprometan completamente a ella, ya sea por causas externas (contingencias políticas, ambientales, regulatorias, etc.), por las capacidades internas de las partes, o por las dinámicas propias de la relación, por ejemplo, cuando la alianza está formada por organizaciones de diferentes sectores, puede haber choques culturales como los que señalan Liebeskind y Oliver (1998) para el caso de las colaboraciones entre la industria y la academia, donde estas organizaciones presionan frecuentemente a los científicos a cumplir estrictamente los cronogramas para lograr llevar a tiempo el desarrollo al mercado, mientras que los científicos encuentran motivación en investigar los problemas que van surgiendo en el camino.

La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 18, los riesgos de mercado y normativos se incluyen en otros criterios posteriores.

Tabla 18. Riesgos y debilidades

Riesgos y debilidades			
Riesgo	Alta	Media	Baja
Probabilidad de incurrir en costos no estipulados inicialmente	1	2	3
Incertidumbre sobre los costos fijos	1	2	3

Puntaje máximo posible: 6 puntos

Puntaje mínimo posible: 2 puntos

3.6. Compatibilidad con otras tecnologías

Definición: Grado en que la tecnología es compatible con otras tecnologías, parámetros tecnológicos, sistemas operativos o protocolos relevantes (Mohannak y Samtani, 2014; Noh et al., 2018; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 19.

Tabla 19. Compatibilidad con otras tecnologías

Compatibilidad con otras tecnologías			
	Baja	Media	Alta
Grado de compatibilidad de la tecnología con otras tecnologías, protocolos, sistemas operativos o plataformas existentes	1	2	3

Puntaje máximo posible: 3 puntos

Puntaje mínimo posible: 1 punto

3.7. Independencia de otras tecnologías

Definición: Grado en que la tecnología depende de otras tecnologías, plataformas, sistemas operativos o marcos tecnológicos, para su funcionamiento, adaptación y difusión (Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 20.

Tabla 20. Independencia de otras tecnologías

Independencia de otras tecnologías	
	Grado en que la tecnología depende de otras tecnologías, plataformas, sistemas operativos o marcos tecnológicos, para su funcionamiento, adaptación y difusión.
Totalmente dependiente	1

Altamente dependiente	2
Medianamente dependiente	3
Altamente independiente	4
Totalmente independiente	5

Puntaje máximo posible: 5 puntos

Puntaje mínimo posible: 1 punto

3.8. Ventaja diferencial

Definición: Tiempo que le tomaría a los competidores alcanzar el nivel de desarrollo de la tecnología, una vez puesta en el mercado (Sánchez, Maldonado, y Velasco, 2012).

La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 21.

Tabla 21. Ventaja diferencial

Ventaja diferencial	
Menos de 2 meses	2 puntos
6 meses	6 puntos
12 meses	12 puntos
18 meses	18 puntos
3 años	36 puntos
4 años	48 puntos
5 años	60 puntos

Puntaje máximo posible: 60 puntos

Puntaje mínimo posible: 2 puntos

3.9. Dependencia y colaboración con proveedores

Definición: Nivel de dependencia de recursos, tecnología o materia prima por parte de proveedores, al igual que el grado de colaboración y el tipo de relación con los proveedores (Petersen, Handfield, y Ragatz, 2003).

El nivel de dependencia de los proveedores indica la medida en la que se requiere de recursos de terceros para desarrollar parte o la totalidad de la tecnología, especialmente en el contexto de producción a gran escala en niveles más avanzados de desarrollo. La capacidad de negociación frente a los proveedores hace referencia al poder que tiene una de las partes sobre la otra en la negociación. Dependiendo de factores como el tamaño, la posición en la industria, la experiencia o las condiciones del mercado, el proveedor podrá imponer condiciones innegociables o estar abierto a adaptarse a las realidades del cliente.

La capacidad de abastecimiento hace referencia a la fiabilidad del proveedor para entregar siempre las cantidades requeridas con la periodicidad necesaria, a precios estables. Si el proveedor entiende las necesidades de su cliente y tiene experiencia en el desarrollo de nuevas tecnologías, será más fácil para los investigadores concretar los requerimientos específicos de la tecnología para ser escalada, y a su vez, si el proveedor está dispuesto a colaborar en el intercambio de información para el desarrollo del producto será más probable que el desarrollo se lleve a cabo con éxito (Petersen et al., 2003).

La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 22.

Tabla 22. Dependencia y colaboración con proveedores

Dependencia y colaboración con proveedores				
¿La tecnología requiere de recursos, materias primas o tecnologías provenientes de terceros?	Sí		No	
	0		15	
	N.A.	Bajo	Medio	Alto

Nivel de independencia de tecnologías, materias primas u otros recursos por parte de los proveedores	0	1	2	3
Poder de negociación frente a los proveedores	0	1	2	3
Capacidad de abastecimiento de los proveedores	0	1	2	3
Experiencia del proveedor en el campo técnico de la tecnología	0	1	2	3
Disposición del proveedor a colaborar en el intercambio de información para el desarrollo del producto	0	1	2	3

Puntaje máximo posible: 15

Puntaje mínimo posible: 5

3.10. Grado de compromiso del inventor

Definición: Interés del investigador principal de acompañar el proceso de desarrollo y transferencia (Kirchberger y Pohl, 2016). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 23.

Tabla 23. Grado de compromiso del inventor

Grado de compromiso del inventor	
Nada interesado	1 punto
Levemente interesado	2 puntos
Asesoría y resolución de inquietudes	3 puntos
Elaboración de un plan de acción y directrices generales	4 puntos
Dedicación pequeña de tiempo, principalmente dedicado a la coordinación de un equipo de trabajo.	5 puntos
Dedicación significativa de tiempo, principalmente dedicado a la coordinación de su equipo de trabajo.	6 puntos
El investigador principal está dispuesto a asumir el rol de líder del proceso de desarrollo	7 puntos

Puntaje máximo posible: 7

Puntaje mínimo posible: 1

3.11. Reconocimiento del inventor

Definición: La credibilidad del inventor en su campo de conocimiento, su experiencia desarrollando y transfiriendo tecnologías, y su experiencia en colaboraciones con el sector industrial u organizaciones externas (Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 24.

Tabla 24. Reconocimiento del inventor.

Reconocimiento del inventor				
	Ninguno(a)	Pocos(as)	Algunos(as)	Muchos(as)
El investigador principal ha desarrollado investigaciones en conjunto con el sector industrial	0	1	2	3
El investigador principal ha llevado a cabo proyectos de desarrollo tecnológico	0	1	2	3
El investigador principal ha transferido tecnologías al sector industrial	0	1	2	3

Puntaje máximo posible: 9

Puntaje mínimo posible: 0

3.12. Equipo de trabajo

Definición: Las capacidades e intereses del equipo de trabajo que acompañará el desarrollo y puesta a punto para la transferencia de la tecnología (Kirchberger y Pohl, 2016). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 25.

Tabla 25. Equipo de trabajo.

Equipo de trabajo	Bajo	Medio	Alto
Nivel de experiencia de los miembros del equipo de trabajo en transferencia y desarrollo de tecnología	1	2	3
Nivel de conocimiento de los miembros del equipo de trabajo sobre mercadeo, negocios o emprendimiento o con experiencia en el sector industrial	1	2	3
Nivel de conocimientos técnicos dentro del equipo de trabajo para acompañar el proceso de desarrollo	1	2	3
Diferencia entre los niveles de experiencia de los miembros del equipo de trabajo	1	2	3
Nivel de interés en el emprendimiento en los miembros del equipo de trabajo	1	2	3

Puntaje máximo posible: 15

Puntaje mínimo posible: 5

3.13. Actitud del inventor

Definición: Atributos personales y motivaciones del investigador principal hacia la transferencia de su tecnología.

Por la naturaleza de las operaciones de transferencia de tecnología, es preferible que el investigador principal no sea adverso al riesgo, y que al mismo tiempo contemple dentro de las posibilidades la realidad del fracaso, entendiendo en primer lugar que los procesos de transferencia son complejos. Por otro lado, los investigadores que trabajan en redes y en equipo, logran obtener mejores resultados en mayor medida que los que no. Para el caso de una transferencia de tecnología, comúnmente se requiere llevar el trabajo de años fuera del contexto investigativo, para que sea evaluado por personas con experiencia en otros ámbitos, lo cual no resulta muy atractivo para algunos investigadores (Kirchberger y Pohl, 2016; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 26.

Tabla 26. Actitud del inventor

Actitud del inventor			
	Bajo	Medio	Alto
Nivel de aversión al riesgo	3	2	1
Expectativas realistas sobre su tecnología	1	2	3
Nivel de disposición para colaborar con un equipo multidisciplinario	1	2	3

Puntaje máximo posible: 9

Puntaje mínimo posible: 3

3.14. Validación comercial/plan de negocio

Definición: Validación por parte del mercado de que la tecnología ofertada es del interés de alguna organización externa, usualmente a través de investigaciones por encargo o venta de servicios de extensión. Adicionalmente, si se cuenta con un plan de negocio con clientes potenciales definidos, canales de distribución, estrategia de entrada y enfoque de mercado (Cartalos et al., 2018; Kim y Oh, 2010). Aunque para las licencias esta preocupación corresponde a la organización licenciante, puede ser un factor diferenciador si tiene la oportunidad de elegir entre más un ofertante. La forma de evaluar este factor se describe en la tabla Tabla 27.

Tabla 27. Validación comercial/plan de negocio

Validación comercial/plan de negocio		
	Sí	No
¿Se ha realizado validaciones comerciales bajo formas de investigación por encargo o venta de servicios de extensión?	4	0
¿Se ha definido el segmento de mercado y los clientes potenciales?	1	0
¿Se ha definido el canal o los canales de distribución?	1	0
¿Se ha definido la estrategia de entrada?	1	0

¿Se ha definido cuál será el enfoque de mercado con respecto al precio y la forma de promoción?	1	0
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---

Puntaje máximo posible: 8

Puntaje mínimo posible: 0

3.15. Mercado potencial definido

Definición: Tamaño total del mercado objetivo expresado en valor monetario.

Este criterio se calificará a manera comparativa entre las diferentes tecnologías a comparar. La tecnología con el mayor tamaño de mercado obtendrá la mayor calificación y la tecnología con el menor tamaño de mercado la menor; las otras tecnologías recibirán un puntaje proporcional de acuerdo con su ubicación en la escala (ver Tabla 28). Si el ejercicio se realiza para una única tecnología, se asignarán puntos simplemente por conocer el tamaño del mercado, como se muestra en la Tabla 29. Los estudios de mercado suelen expresar el tamaño de un mercado en diferentes unidades de medida (por ejemplo, toneladas, personas, dinero), lo cual dificultaría la comparación de diferentes tecnologías con respecto a este criterio. De ser posible se deberá convertir los tamaños de mercado a unidades monetarias, para poder realizar la comparación.

Tabla 28. Procedimiento de puntuación para comparar varias tecnologías según el mercado potencial.

Mercado potencial definido	
Tecnología con mayor tamaño de mercado	10 puntos
...	...
Otras tecnologías	Puntaje proporcional
...	...
Tecnología con menor tamaño de mercado	0 puntos

Tabla 29. Procedimiento para puntuación para evaluar una única tecnología.

Mercado potencial definido		
¿Se conoce el tamaño de mercado potencial para la aplicación principal de la tecnología?	Sí	No
	5 puntos	0 puntos

Puntaje máximo posible: 15

Puntaje mínimo posible: 0

3.16. Barreras de entrada al mercado

Definición: Los impedimentos y costos asociados a entrar a competir en un mercado.

Las barreras de entrada pueden retardar, disminuir o prevenir completamente que nuevos competidores sean atraídos a un mercado (OECD, 2007). De acuerdo con Perez y Soete, (1988), las barreras de entrada de una tecnología en un mercado usualmente son:

- Costos fijos de inversión: Definidos por el carácter mismo de la invención, son los costos a los que se debe incurrir al inicio por una única vez, al menos en el corto plazo, para iniciar las operaciones. Por ejemplo, planta y equipo. Pueden ser muy altos o muy bajos. En el caso de las spin-offs, se busca que los costos fijos sean asumidos por la universidad de forma temporal, durante los primeros años de operación, ya que usualmente la universidad dispone de los equipos y espacios necesarios.
- Costo de cierre de la brecha de conocimiento: representado en el personal y el tiempo que le tomará a este adquirir el conocimiento científico y técnico para asimilar la innovación. En algunos casos se requerirá de consultores adicionales, para suplementar los vacíos de conocimiento que padezcan los investigadores de la universidad y el personal de la empresa.

- Costo de adquisición de experiencia: Luego de dominar el conocimiento técnico y científico relativo a la tecnología, la empresa adoptante o la spin-off, debe desarrollar capacidades adicionales y adquirir experiencia (know-how organizacional) para adaptar el resto de sus operaciones (producción, mercadeo, distribución, etc.) y llevar el nuevo desarrollo exitosamente al mercado.
- Costo de superación de externalidades: aún con el resto de costos cubiertos, la capacidad de una empresa de adaptar exitosamente una nueva tecnología y llevarla a un mercado estará en parte determinada por las características del entorno en el que opera o planea operar. Aquí son determinantes la disponibilidad de mano de obra con las capacidades y experiencias necesarias, la educación de la que dispongan los consumidores, y los servicios y productos complementarios disponibles en el mercado local. Por otro lado, entre las externalidades también se cuentan las regulaciones gubernamentales, los estándares, impuestos, aranceles, subsidios, y otras políticas o leyes relevantes; las prácticas de comercio o sindicales; la estructura y políticas del sistema financiero; los valores de la población local y su disposición para aceptar los cambios e incluso el lenguaje puede influir dependiendo del tipo de innovación.

La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 30.

Tabla 30. Barreras de entrada al mercado

Barreras de entrada al mercado			
Nivel de inversión en costos fijos requerido para desarrollo y puesta a punto tecnológica (no operacional)	\$0 millones		\$100 millones
	10		0
Paridad de conocimiento entre licenciario y licenciador (no aplica para spin-off)	Baja	Media	Alta
	3	2	1
Nivel estimado de experiencia y de capacidades para puesta en marcha operacional	Baja	Media	Alta
	1	2	3
Características del entorno	Desfavorables	Neutras	Favorables

	1	2	3
¿Existe alguna regulación o norma que impida la entrada de la tecnología al mercado?	Sí		No
	-19		0

Puntaje máximo posible: 19

Puntaje mínimo posible: 0

3.17. Tendencia del mercado

Definición: Porcentaje de crecimiento del mercado en los últimos años. Introducción de nuevos productos y tecnologías, introducción de nuevos competidores locales e internacionales y cambios normativos (Noh et al., 2018; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 31.

Tabla 31. Tendencia del mercado.

Tendencia del mercado			
Porcentaje de crecimiento en los últimos 3 años	%		
Introducción de nuevos productos en los últimos 3 años	Decreciente	Estable	Creciente
	1	2	3
Introducción de nuevas tecnologías en los últimos 3 años	Decreciente	Estable	Creciente
	1	2	3
Nuevos competidores locales en los últimos 3 años	Decreciente	Estable	Creciente
	1	2	3
Nuevos competidores internacionales en los últimos 3 años	Decreciente	Estable	Creciente
	1	2	3
¿Se esperan cambios significativos en la regulación en los próximos 3 años?	Improbable	Poco probable	Muy probable
	1	2	3

Puntaje máximo posible: 28

Puntaje mínimo posible: 6

3.18. Grado de competencia en el mercado

Definición: Número de competidores en el mercado, los cuales pueden tener tecnologías similares o incluso puede existir una tecnología dominante. También es relevante la frecuencia de nuevos lanzamientos dentro de este mercado. Los productos que entran primero a un mercado y que experimentan poca competencia son más exitosos (Zirger y Maidique, 1990). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 32.

Tabla 32. Grado de competencia del mercado.

Grado de competencia en el mercado			
Número de competidores en el mercado (escala)	1		20
	10		0
Composición principal de la mayoría de empresas	Pymes (menos de 20 trabajadores)	Empresas medianas (Hasta 250 trabajadores)	Grandes empresas (Más de 250 trabajadores)
	3	2	1
Cuotas máximas de mercado de los líderes del mercado	Inferior al 5%		Superior al 50%
	10		0
Tecnologías existentes en el mercado	Múltiples tecnologías	Pocas tecnologías	Una tecnología dominante
	2	3	1
Frecuencia de lanzamientos de nuevos productos	Varios lanzamientos al año	Cada año o hasta 3 años	Superior a 3 años
	1	2	3

Puntaje máximo posible: 29

Puntaje mínimo posible: 3

3.19. Valoración potencial de la tecnología

Definición: Cuantía monetaria en la que se estima el valor comercial de la tecnología.

Se trata del valor que se puede obtener por la comercialización de una tecnología, es decir, el valor de una licencia. Este valor puede variar de acuerdo con la exclusividad, la duración, y otras condiciones de la licencia.

Para el caso de una spin-off, aunque el núcleo del negocio sea la tecnología, la valoración se hace sobre el negocio, para lo cual se debe tener en cuenta otros factores, internos (inversiones realizadas, los costos de operación, la posición y evolución de la spin-off en el mercado, los competidores, la capacidad productiva, el ciclo de vida de la tecnología, la viabilidad financiera, las proyectos de ingresos, entre otros) y externos (dinámicas de mercado, aspectos normativos y regulatorios, entre otros) (Colciencias et al., 2016).

Para valorar tecnologías y negocios de base tecnológica existen múltiples métodos, algunos orientados al costo, otros a los ingresos potenciales y otros al mercado. En el libro titulado “Hacia una Hoja de Ruta Spin-off: Un Camino para la creación de Spin-off universitarias en Colombia” publicado por Colciencias, Ruta N y Tecnnova, se describen algunos métodos de valoración para empresas (Colciencias et al., 2016):

- Valor de reposición: la suma del valor de compra de activos que son necesarios para la operación del negocio.
- Valor de liquidación: el valor del patrimonio ajustado menos los gastos generados por el cierre.
- Valor de mercado: se basa en el precio de las acciones (aplica si la empresa cotiza en la Bolsa).
- Valor según múltiplos de caja: se determina con un múltiplo para comparar los indicadores de la empresa con los de otras similares del sector.
- El Descuento de Flujos de Caja Libres (FCL): se basa en la teoría de que una empresa vale por el FCL que pueda producir con sus activos en un futuro; el valor de los activos en sí mismo no es importante, lo relevante es el valor que dichos

activos generan medidos por el FCL, para lo cual se proyecta el FCL y se descuenta a una tasa de deducción, que es el rendimiento mínimo que esperan los accionistas invirtiendo en esa empresa.

- Valor según negociaciones comparables: se buscan negociaciones similares o del mismo sector en bases de datos como *Knowledge Express*, y con base en eso se determina un valor de referencia. También se suelen revisar los cuadros de firmas de consultoría que evalúan varias negociaciones del mismo sector y determinan rangos de regalías para cada uno de ellos.
- La regla del 25%: el licenciante debe recibir el 25% y el licenciatarario el 75% de las utilidades antes de impuestos de la tecnología licenciada. La segunda regla convierte el 25% de utilidades antes de impuestos en aproximadamente un 5% de regalías sobre ingresos.
- Valor en libros: corresponde al valor del patrimonio de la compañía (o para el caso de un licenciamiento, el valor invertido en el desarrollo de la tecnología menos la depreciación de activos).

Para el caso de estimar el valor de una licencia, se podrían emplear los últimos 3 métodos. Sin embargo, por la complejidad de los métodos y dada la usual escasez de información en las etapas de pre-comercialización, se optará por dejar este criterio como opcional, para tenerlo en cuenta sólo si se cuenta con la información. Se haría de la forma que se muestra en la Tabla 33 o en la Tabla 34.

Tabla 33. Procedimiento de puntuación para comparar varias tecnologías según su valoración potencial.

Valoración potencial de la tecnología	
Tecnología con la mejor valoración potencial	10 puntos
...	...
Otras tecnologías	Puntaje proporcional
...	...
Tecnología con la peor valoración potencial	0 puntos

Tabla 34. Procedimiento para puntuación para evaluar una única tecnología según su valoración potencial.

Valoración potencial de la tecnología		
¿Se conoce la valoración potencial de la tecnología?	Sí	No
	5 puntos	0 puntos

Puntaje máximo posible: 10

Puntaje mínimo posible: 0

3.20. Relación costo-beneficio

Definición: La relación entre el esfuerzo de desarrollo de la tecnología y los potenciales beneficios (Cartalos et al., 2018).

En este criterio se tendrán en cuenta sólo los beneficios económicos, ya que los otros tipos de beneficios están contemplados en los otros criterios. Estos beneficios económicos se obtienen del punto anterior (valoración potencial), por lo que, en caso de no tener la información, también sería opcional. La forma de evaluar este factor se obtiene al realizar la siguiente operación y comparar el resultado con la Tabla 35.

$$\frac{\text{Valoración potencial de la tecnología}}{\text{Suma de los costos asociados al desarrollo de la tecnología}} = \begin{cases} < 1 \\ \geq 1 \end{cases}$$

Tabla 35. Relación costo-beneficio

Si el resultado es menor a 1	0 puntos
Si el resultado está entre 1 y 1.5	3 puntos
Si el resultado está entre 1.5 y 2	5 puntos
Si el resultado está entre 2 y 5	7 puntos
Si el resultado es mayor a 5	9 puntos

Puntaje máximo posible: 9

Puntaje mínimo posible: 0

3.21. Necesidad de mercado identificable

Definición: Identificación de problema o necesidad en el mercado que sería solucionado con la tecnología.

De acuerdo con los modelos lineales de innovación tecnológica, una tecnología puede ser el resultado de investigaciones que nacen de la necesidad de ampliar la frontera del conocimiento humano sin tener en consideración si responde a una necesidad de mercado o no (empuje tecnológico o *technology push*), o puede ser la respuesta a la demanda de soluciones por parte del mercado o la sociedad que motivó a los investigadores a llenar ese vacío (jalonamiento de la demanda o *market pull*) (Robledo, 2019). Aunque en la literatura se han formulado nuevos modelos más complejos, esta caracterización entre jalonamiento y empuje sigue siendo útil para diferenciar una tecnología que apunta a resolver un problema concreto del mercado o de la sociedad, de una tecnología que aún no tiene una aplicación clara. De acuerdo con (Rahal y Rabelo, 2006) esta necesidad de mercado debe ser identificable, presente y apremiante. La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 36.

Tabla 36. Necesidad de mercado identificable.

Necesidad de mercado identificable, presente y apremiante		
Se ha identificado una necesidad actual y apremiante en el mercado o en la sociedad que la tecnología podría contribuir a solucionar	Totalmente de acuerdo	9 puntos
	Algo de acuerdo	6 puntos
	Poco de acuerdo	3 puntos
	Nada de acuerdo	0 puntos

Puntaje máximo posible: 9 puntos

Puntaje mínimo posible: 0 puntos

3.22. Time to market

Definición: Pertinencia al momento de la llegada de la tecnología al mercado integrada en un producto o servicio y (Kirchberger y Pohl, 2016; Mohannak y Samtani, 2014; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 37.

Tabla 37. Time to market.

Time to market	
Muy pronto	2 puntos
A tiempo	3 puntos
Muy tarde	1 punto

Puntaje máximo posible: 3 puntos

Puntaje mínimo posible: 1 puntos

3.23. Aliado técnico y comercial

Definición: La existencia de una organización del sector industrial que haya manifestado interés por ser la receptora de la tecnología y de contribuir a su desarrollo, o de ser socia de la *spin-off*. La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 38.

Tabla 38. Aliado técnico y comercial.

Aliado técnico y comercial						
¿El aliado es co-desarrollador de la tecnología?	Sí			No/N.A.		
	5			0		
Grado de interés por parte del aliado	N.A	Primeros acercamientos	Intercambio de información	Validaciones	Plan de trabajo	Prototipos
	0	1	2	3	4	5

Grado en que el aliado cuenta con la capacidad de desarrollar la tecnología	N.A.	Bajo	Medio	Alto
	0	1	3	5
Grado en la que el aliado cuenta con la capacidad de llevar la tecnología al mercado	N.A.	Bajo	Medio	Alto
	0	1	3	5
Familiarización del aliado con la academia	N.A.	Bajo	Medio	Alto
	0	1	2	3
Confianza de que el aliado no quiera explotar la relación de forma oportunista o que incumpla con sus compromisos	N.A.	Bajo	Medio	Alto
	0	1	2	3
Paridad de conocimiento con el aliado	N.A.	Bajo	Medio	Alto
	0	1	2	3

Puntaje máximo posible: 29 puntos

Puntaje mínimo posible: 0 puntos

3.24. Estudio de vigilancia tecnológica

Definición: El estudio de vigilancia tecnológica sobre publicaciones y patentes relacionadas con la tecnología, no encontró amenazas o debilidades con respecto a la protección de la propiedad intelectual sobre la tecnología y su posterior comercialización (Mohannak y Samtani, 2014; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 39.

Tabla 39. Estudio de vigilancia tecnológica.

Estudio de Vigilancia Tecnológica		
	Grado en que los elementos diferenciadores de la tecnología a proteger se encuentran detallados en la literatura científica u otro tipo de publicaciones.	Grado en que los elementos diferenciadores de la tecnología a proteger se encuentran detallados se encuentra detallada en patentes.

Ningún tipo de coincidencias	4 puntos	4 puntos
Pocas coincidencias no comprometedoras	3 puntos	3 puntos
Algunas coincidencias que podrían ser comprometedoras	2 puntos	2 puntos
Muchas coincidencias muy comprometedoras	1 puntos	1 puntos
La misma tecnología con su mayoría de atributos	0 puntos	0 puntos

Puntaje máximo posible: 8 puntos

Puntaje mínimo posible: 0 puntos

3.25. Libertad de operación

Definición: Es la certeza de que al comercializar un producto no se están infringiendo los derechos de terceras partes (Mohannak y Samtani, 2014).

La diferencia de este punto con el anterior, es que el estudio de vigilancia es útil para tomar decisiones frente a la protección de los derechos de propiedad intelectual, mientras que con un estudio de libertad de operación es útil para tomar decisiones sobre la comercialización. Para poner un ejemplo, es posible que una tecnología no pueda ser patentada porque ya existe una patente con las mismas reivindicaciones, pero también es posible que dicha patente esté abandonada; en este caso, no es posible proteger, pero sí comercializar. El estudio de libertad de operación indaga sobre los resultados del estudio de vigilancia, para establecer si los derechos sobre la PI por parte de terceros se encuentran vigentes y bajo qué condiciones es posible comercializar. La forma de evaluar este factor se describe en la

Tabla 40.

Tabla 40. Libertad de operación.

Libertad de operación		
Se ha realizado un estudio de libertad de operación	Sí	No
	3 puntos	0 puntos
El resultado del estudio es favorable	Sí	No
	3 puntos	0 puntos

Puntaje máximo posible: 6 puntos

Puntaje mínimo posible: 0 puntos

3.26. Fortaleza de los derechos sobre la PI

Definición: Al proteger la propiedad intelectual se busca establecer un caso fuerte, descartando que la tecnología esté en conflicto con otras, que resista posibles reclamaciones de externos, y que no se haya incurrido en prácticas que debiliten la fuerza de la reivindicación sobre el derecho que se quiere obtener. Para esto, se debe conocer al mayor detalle la relación de personas que aportaron intelectualmente al desarrollo de la tecnología, deben haber existido acuerdos de propiedad intelectual o documentos equivalentes con las entidades que estuvieron involucradas, y se debe haber evitado divulgar el conocimiento clave sobre la tecnología en publicaciones o eventos científicos o de cualquier otro tipo (Kirchberger y Pohl, 2016; Noh et al., 2018; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 41.

Tabla 41. Fortaleza de los derechos sobre la propiedad intelectual.

Fortaleza de los derechos sobre la propiedad intelectual			
	Alto	Medio	Bajo

Grado en que los inventores están de acuerdo con llevar a cabo el proceso de transferencia, y las cesiones correspondientes.	3 puntos	2 puntos	1 punto	
Grado en que se conoce al detalle el aporte de cada uno de los inventores.	Alto	Medio	Bajo	
	3 puntos	2 puntos	1 punto	
Grado en que se tiene claridad sobre la titularidad de los derechos de propiedad intelectual, cuando la tecnología fue desarrollada con otras entidades (acuerdos de PI por escrito antes o después de finalizados los convenios, o documentos similares).	Totalmente claro	Algo claro	Nada claro	N.A.
	3 puntos	1 punto	0 puntos	0 puntos
Favorabilidad de los acuerdos de PI o de los documentos firmados entre las partes involucradas, para facilitar el proceso de protección y transferencia.	Favorable	Poco favorable	Inhabilitante	N..A
	3 puntos	1 puntos	0 puntos	0 puntos
Grado en que se ha divulgado el conocimiento generado alrededor del desarrollo de la tecnología.	Absoluta reserva	Divulgaciones no comprometedoras	Divulgaciones comprometedoras	Divulgación total
	4 puntos	3 puntos	1 punto	-16 puntos

Puntaje máximo: 16 puntos

Puntaje mínimo: 0 puntos

3.27. Licencias de tecnologías complementarias

Definición: La tecnología puede requerir de otras tecnologías ya existentes en el mercado, por lo que es posible que se requiera tener licencias de esas tecnologías para comercializar (Mohannak y Samtani, 2014). La forma de evaluar este factor se describe en la Tabla 42.

Tabla 42. Licencias complementarias.

Licencias de tecnologías complementarias			
Se requieren licencias de tecnologías complementarias	Sí		No
	0 puntos		3 puntos
Se dispone de estas licencias o se podrá disponer de ellas con facilidad	Sí	No	N.A.
	3 puntos	0 puntos	3 puntos

Puntaje máximo: 6 puntos

Puntaje mínimo: 0 puntos

3.28. Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible

Definición: Potencial de la tecnología para contribuir a los objetivos globales de sostenibilidad.

En 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo describió el desarrollo sostenible como aquel “que satisface las necesidades del presente sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. El desarrollo sostenible abarca tres dimensiones: económica, ambiental y social (Organización de las Naciones Unidas, 1987).

A través de sus actividades y relaciones, todas las organizaciones contribuyen de forma positiva y negativa al objetivo del desarrollo sostenible. Por esta razón surgió la *Global Reporting Initiative*, GRI (Iniciativa de Reportes Globales), una organización independiente que ha publicado una serie de estándares (Estándares GRI) para la elaboración de informes de sostenibilidad, mediante los cuales las organizaciones pueden presentar información sobre sus impactos en la economía, el medio ambiente y la sociedad. De acuerdo con la GRI, sus estándares son los mayormente adoptados en todo el mundo (Global Reporting Initiative, 2016).

Debido a la exhaustividad de la GRI, se seleccionaron y adaptaron 17 de sus estándares para evaluar los impactos sobre la sostenibilidad que puede tener una tecnología, y se complementó cada criterio indicando los Objetivos de Desarrollo Sostenible con los cuales están relacionados. A continuación, se brinda la lista de los ODS para referencia:

- Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas las formas y en todo el mundo.
- Objetivo 2. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
- Objetivo 3. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos en todas las edades.
- Objetivo 4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanentes para todos.
- Objetivo 5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
- Objetivo 6. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- Objetivo 7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Objetivo 8. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- Objetivo 9. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo 10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
- Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenible.

- Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Objetivo 14. Conservar y utilizar sosteniblemente los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- Objetivo 15. Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
- Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, facilitar el acceso a la justicia para todos y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas a todos los niveles.
- Objetivo 17. Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible

Por último, para los criterios 18 y 19 se tuvo en cuenta la Declaración de Derechos Humanos, y la definición de Comunidades Vulnerables de la Universidad Nacional de Colombia, como criterios adicionales para evaluar el impacto socioeconómico de una tecnología.

3.28.1. Impactos Económicos Indirectos

Las tecnologías pueden tener impactos en las comunidades y las economías locales, positivos y negativos, a causa de cambios en la productividad de organizaciones, sectores o la economía en general, por ejemplo, a través de la adopción de tecnologías de la información (Global Reporting Initiative, 2016).

Tienen un impacto económico: la mejora o el deterioro de las condiciones sociales o ambientales, la disponibilidad de productos y servicios para las personas con ingresos bajos (por ejemplo, precios preferentes para los fármacos, lo que contribuye a que la población esté más sana y pueda participar de forma más activa en la economía, o las

estructuras de precios que exceden la capacidad económica de las personas con ingresos bajos), la mejora de las habilidades y los conocimientos en una comunidad profesional o una ubicación geográfica, y la creación o eliminación de empleos relacionados a la adopción de una tecnología (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 1, 2, 3, 8, 10.

3.28.2. Prácticas de adquisición local

Apoyando a los proveedores locales, se puede atraer indirectamente inversiones adicionales a la economía local, o contribuir a la inclusión económica de pequeños y medianos proveedores, proveedores cuyos propietarios son mujeres o proveedores cuyos propietarios o trabajadores provienen de grupos vulnerables, marginales o infrarrepresentados. Este abastecimiento local puede ayudar a garantizar el suministro, fomentar una economía local estable y mantener las relaciones en la comunidad. Las tecnologías pueden contribuir o entorpecer las prácticas de adquisición locales afectando: la estabilidad o duración de las relaciones con los proveedores, los plazos, las rutinas para hacer pedidos y pagos, los precios de compra, el cambio o la cancelación de pedidos (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 16.

3.28.3. Anticorrupción

Por corrupción se entienden las prácticas de soborno, los pagos por facilitación, el fraude, la extorsión, la colusión y el blanqueo de capitales. También se incluyen el ofrecimiento o recepción de regalos, préstamos, honorarios, recompensas u otras ventajas para inducir a hacer algo deshonesto, ilegal o que represente un abuso de la confianza. También puede incluir prácticas como la malversación, el tráfico de influencias, el abuso de poder, el enriquecimiento ilícito, el encubrimiento y la

obstrucción a la justicia (Global Reporting Initiative, 2016). Las tecnologías pueden facilitar u obstruir las prácticas de corrupción.

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 8 y 16.

3.28.4. Competencia desleal

Con competencia desleal, se hace referencia a las acciones de una organización o sus empleados que puedan dar lugar a la colusión con posibles competidores, con el propósito de limitar los efectos de la competencia en el mercado. Cabe destacar como ejemplos de competencia desleal la fijación de precios, la coordinación de ofertas, la creación de restricciones de mercado o de producción, la imposición de cuotas geográficas o la asignación de clientes, proveedores, áreas geográficas o líneas de producto. Las prácticas monopólicas y contra la libre competencia son las acciones de una organización que pueden dar lugar a la colusión, a fin de erigir obstáculos a la entrada al sector, o a que se impida de cualquier otro modo la competencia. Esto puede incluir las prácticas comerciales desleales, el abuso de la posición en el mercado, los cárteles, las fusiones anticompetitivas y la fijación de precios (Global Reporting Initiative, 2016), ante lo cual las tecnologías pueden servir como herramienta de control o por lo contrario, de facilitación.

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 8 y 16.

3.28.5. Materiales

El tipo y la cantidad de materiales que utilizan organizaciones y las sociedades puede indicar su dependencia de los recursos naturales y los impactos que genera en su disponibilidad. Las tecnologías pueden contribuir a la conservación de recursos facilitando la recuperación y reutilización de materiales, productos y envases, al igual que disminuyendo la necesidad de materiales (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15.

3.28.6. Energía

Las tecnologías pueden contribuir a usar la energía de forma más eficiente, desde las actividades de generación de energía, pasando por la producción de productos y servicios, el uso que hagan los consumidores de los productos y servicios, y en el tratamiento de fin de vida útil que se dé a estos productos (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 7, 11, 12, 13, 14, 15.

3.28.7. Agua

Las tecnologías pueden contribuir a volver más eficientes y a reducir los impactos relacionados a la extracción, consumo y vertimiento de agua, comprendiendo las cuencas hidrográficas, los cuerpos de agua superficiales y subterráneos y el agua marina. Las tecnologías también pueden facilitar la adopción de medidas eficientes, tales como el reciclaje, el tratamiento, la reutilización del agua y el rediseño de procesos (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 1, 2, 3, 6, 9, 11, 12, 13, 14, 15.

3.28.8. Biodiversidad

La actividad humana tiene impactos en los sistemas naturales vivos e inertes, incluidos la tierra, el aire, el agua y los ecosistemas. Las tecnologías pueden contribuir a la prevención, la gestión y la reparación del daño sufrido por los hábitats naturales como consecuencia de esta actividad, como también a la profundización de los daños. La Global Reporting Initiative (2016) describe algunas formas específicas de afectaciones a la biodiversidad: la contaminación (introducción de sustancias que no se producen de forma natural en un hábitat de fuentes tanto localizadas como no localizadas); la

introducción de especies invasivas, plagas y patógenos; la reducción de especies; la transformación del hábitat; o los cambios en los procesos ecológicos fuera del rango natural de variación (como la salinidad o los cambios en nivel freático).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 2, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15.

3.28.9. Emisiones

Por emisiones se entiende la liberación de sustancias a la atmósfera. De las numerosas emisiones significativas al aire, se destacan los gases de efecto invernadero (GEI), las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO), los óxidos de nitrógeno (NOX) y los óxidos de azufre (SOX).

Las emisiones de GEI son uno de los factores parcialmente responsables del cambio climático y se rigen por la Convención Marco sobre el Cambio Climático de la Organización de Naciones Unidas (ONU) y por el Protocolo de Kioto, y comprende los siguientes gases: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarburos (HFCs), Perfluorocarburos (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SF₆), Trifluoruro de nitrógeno (NF₃). Otras partículas de interés son: NOX, SOX, Contaminantes orgánicos persistentes (COP), Compuestos orgánicos volátiles (COV), Contaminantes del aire peligrosos (HAP) y Partículas (PM) (Global Reporting Initiative, 2016).

Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 3, 6, 11, 12, 13, 14, 15.

3.28.10. Efluentes y Residuos

Este punto agrupa los vertidos de agua; la generación, el tratamiento y la eliminación de residuos; y los derrames de productos químicos, aceites, combustibles y otras sustancias. Los vertidos de efluentes no gestionados con una elevada carga de nutrientes o productos químicos (principalmente nitrógeno, fósforo o potasio) pueden

afectar a los hábitats acuáticos y a la calidad del suministro de agua disponible. La generación, el tratamiento y la eliminación de residuos (incluido el transporte de forma indebida) también pueden provocar daños en la salud humana y el medio ambiente. Esto es especialmente preocupante si los residuos se transportan a países que carezcan de infraestructuras y reglamentos para su gestión. Los derrames de sustancias químicas, aceites y combustibles, entre otras sustancias, pueden afectar a la tierra, al agua, al aire, a la biodiversidad y a la salud humana. Estos efluentes pueden verterse en aguas subsuperficiales, aguas superficiales, alcantarillas que desembocan en ríos, océanos, lagos, humedales, instalaciones de tratamiento y aguas subterráneas. Las tecnologías pueden contribuir a una correcta disposición de los efluentes y residuos, facilitando la reutilización, el reciclaje, el compostaje, la recuperación (incluida la recuperación energética), la incineración (quema de masa), la inyección en pozos profundos, el vertedero y el almacenamiento (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 3, 6, 9, 12, 14, 15.

3.28.11. Empleo

Las tecnologías pueden afectar el enfoque de una organización con respecto a la contratación, el reclutamiento y la retención de trabajadores. También pueden habilitar a grupos de personas normalmente excluidos de ciertos trabajos y fomentar la empleabilidad de personas mayores (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11.

3.28.12. Seguridad y Salud en el Trabajo

Las condiciones laborales saludables y seguras suponen tanto la prevención de los daños físicos y mentales como el fomento de la salud de los trabajadores. Los peligros laborales comprenden los riesgos de lesión por accidente, las dolencias y enfermedades

laborales provocadas o intensificadas por las condiciones o prácticas laborales (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 3, 9.

3.28.13. Diversidad e Igualdad de Oportunidades

La diversidad y la igualdad pueden generar beneficios significativos para la sociedad y para las personas. Por ejemplo, las organizaciones pueden tener acceso a un conjunto más amplio y más diverso de posibles trabajadores. Una mayor igualdad fomenta la estabilidad social y apoya más el desarrollo económico (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 16.

3.28.14. Comunidades Locales

Las comunidades locales se definen como personas o grupos de personas que viven o trabajan en una misma área. Las tecnologías pueden afectar las dinámicas de las comunidades locales. De acuerdo con la GRI, las comunidades locales son fundamentales dentro del desarrollo sostenible (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 1, 2, 3, 8, 11, 12, 13 y 16.

3.28.15. Salud y Seguridad

Las tecnologías no deben suponer un riesgo para la salud física y mental de las personas, ni para su seguridad. Los productos y servicios deben cumplir satisfactoriamente con las funciones para las que están diseñados. A su vez, las tecnologías pueden contribuir a resolver los problemas de salud de las personas o a mejorar la salud pública (Global Reporting Initiative, 2016).

- Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados: 3 y 11.

3.28.16. Privacidad

Al tratar de cumplir su función, las tecnologías pueden violar la privacidad de las personas. Se espera que las organizaciones limiten la recopilación de datos personales, recojan los datos por medios legales y sean transparentes con respecto a cómo reúnen, usan y aseguran los datos. También se espera que las organizaciones no revelen ni usen los datos personales de los clientes para ningún fin que no se haya acordado y que comuniquen directamente a los clientes cualquier cambio en las políticas o medidas de protección de datos. Las tecnologías pueden contribuir a este fin (Global Reporting Initiative, 2016).

3.28.17. Derechos Humanos

Las tecnologías pueden generar un impacto directo o indirecto en los derechos humanos. La Declaración universal de derechos humanos (ONU, 1948) consiste de 30 derechos humanos resumidos de la siguiente manera: Libertad e igualdad, no discriminación, a la vida, no esclavitud, no tortura, a la personalidad jurídica, igualdad ante la ley, acceso a defensa legal, no detención injusta, a un juicio, presunción de inocencia, a la intimidad, libertad de movimiento, asilo, nacionalidad, matrimonio y familia, a la propiedad, libertad de pensamiento, libertad de expresión, libertad de reunión, a la democracia, a la seguridad social, al trabajo, al descanso, al bienestar, a la educación, derechos de autor y a un mundo en orden.

3.28.18. Impactos sobre comunidades vulnerables

El procedimiento interno para la gestión de la modalidad de Extensión Solidaria (U-PR-06.005.003) de la Universidad Nacional de Colombia (2015) define la innovación social como un mecanismo a través del cual la comunidad académica, la sociedad y el sector público y privado se unen para crear y co-crear e implementar soluciones novedosas, sostenibles, eficientes y escalables a los problemas sociales de Colombia, con el fin de

disminuir la inequidad presente en la Nación. De acuerdo con el procedimiento, las comunidades vulnerables son aquellas que está en alguna de las siguientes condiciones:

- Carencia de acceso a servicios que suplan las necesidades básicas de la población (vivienda digna, servicios públicos básicos, acceso y permanencia en la escuela, dependencia económica, espacio doméstico).
- Asentamientos en zonas de difícil acceso o en alto riesgo.
- Asentamientos en zonas deterioradas ambientalmente (por fenómenos naturales o acción humana).
- Problemas de seguridad y soberanía alimentaria, altos niveles de malnutrición o desnutrición, especialmente en mujeres, ancianos y niños.
- Población víctima del conflicto armado o de desplazamiento forzoso.
- Falta de acceso a servicios de cuidado integrales para la infancia, adolescencia, mujeres gestantes y adultos mayores.
- Población en situación de discapacidad física o cognitiva.
- Familias con ingresos equivalentes a un salario mínimo legal mensual vigente.
- Comunidades étnicas cuyos derechos fundamentales o cuyo conocimiento ancestral se encuentra amenazado.
- Víctimas de discriminación racial, sexual, religiosa, política, por razones de género, origen nacional o familiar, lengua u opinión filosófica.
- Carencia de servicios básicos en salud.
- Comunidades cuyas dinámicas de organización propias se encuentran amenazadas.
- Población desplazada o reasentada a causa de la violencia o por los modelos de desarrollo urbano.

Finalmente, para evaluar las tecnologías según estos criterios, se definió la escala definida en la Tabla 43, mediante la cual se espera ubicar una determinada tecnología de acuerdo con su potencial impacto, negativo o positivo, sobre cada criterio de desarrollo sostenible, y se agruparon todos los criterios en la Tabla 44.

Tabla 43. Escala Likert para determinar el impacto potencial de una tecnología sobre los criterios de desarrollo sostenible.

Fuente: elaboración propia.

-4: Muy detrimental (mayor impacto negativo)
-3: Detrimental
-2: Algo detrimental
-1: Poco detrimental
0: Irrelevante
1: Poco beneficioso
2: Algo beneficioso
3: Beneficioso
4: Muy beneficioso (mayor impacto positivo)

Tabla 44. Impactos previstos sobre el desarrollo sostenible.

Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible									
	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Impactos económicos indirectos									
Prácticas de adquisición local									
Anticorrupción									
Competencia desleal									
Materiales									
Energía									
Agua y efluentes									
Biodiversidad									
Emisiones									
Efluentes y residuos									
Empleo									
Seguridad y salud en el trabajo									
Diversidad e Igualdad de Oportunidades									
Comunidades Locales									
Salud y seguridad									
Privacidad									
Impactos sobre comunidades vulnerables									
Derechos humanos									

Puntaje máximo posible: 72

Puntaje mínimo posible: -72

3.29. Capacidades para la gestión del desarrollo

Definición: Capacidades internas de la institución para apoyar el proceso de desarrollo y la transferencia de la tecnología (Cartalos et al., 2018; Kang, Gwon, Kim, y Cho, 2013; Kirchberger y Pohl, 2016; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este criterio se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45. Capacidades para la gestión del desarrollo

Capacidades para la gestión del desarrollo				
	Grado en que se dispone de la capacidad			
	Bajo	Limitado	Considerable	Alto
Capacidad de I+D	1	2	3	4
Cultura de innovación en la organización	1	2	3	4
Diseño organizacional facilitador	1	2	3	4
Autonomía y capacidad de la oficina de transferencia (o estructura equivalente)	1	2	3	4
Esquema de transferencia detallado y favorable	1	2	3	4
Capital humano especializado en transferencia	1	2	3	4
Estructura de recompensas a personal científico	1	2	3	4
Estructura de recompensas a personal administrativo facilitador	1	2	3	4
Investigación de mercados	1	2	3	4
Vigilancia tecnológica	1	2	3	4
Elaboración de pruebas de concepto	1	2	3	4
Incubación	1	2	3	4
Acceso a capital de riesgo	1	2	3	4
Financiación con recursos internos	1	2	3	4
Mercadeo y comercialización	1	2	3	4
Capacidad legal	1	2	3	4
Capacidad de aprendizaje	1	2	3	4

Puntaje máximo posible: 68

Puntaje mínimo posible: 17

3.30. Políticas y normativas institucionales

Definición: Estatutos, normas y regulaciones de la institución relacionados a la propiedad intelectual y a la transferencia de tecnología, que pueden promoverla o inhibirla, al igual que las políticas y objetivos estratégicos de los órganos directivos, ya sea que estén explícitos o tácitos (Kirchberger y Pohl, 2016; Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este criterio se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46. Políticas y normativas institucionales

Políticas y normativas institucionales				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
Las políticas de la universidad favorecen la transferencia de tecnología	1	2	3	4
Las normas y regulaciones de la universidad favorecen la transferencia de tecnología	1	2	3	4
Los incentivos al inventor por parte de la universidad estimulan la transferencia de tecnología	1	2	3	4

Puntaje máximo posible: 16

Puntaje mínimo posible: 3

3.31. Prestigio institucional

Definición: Renombre y reconocimiento de la institución entre el sector industrial, que se traduce en credibilidad al momento de promover tecnologías (Rahal y Rabelo, 2006). La forma de evaluar este criterio se muestra en la Tabla 47.

Tabla 47. Prestigio Institucional

Prestigio institucional				
	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
El prestigio de la institución influye positivamente sobre el éxito en las transferencias	1	2	3	4

Puntaje máximo posible: 4

Puntaje mínimo posible: 1

3.32. Capacidades de relacionamiento

Definición: Capacidades de la institución para relacionarse con el entorno, para generar desarrollos, transferir los resultados y complementar las capacidades de las que se carezcan (Kirchberger y Pohl, 2016). La forma de evaluar este criterio se muestra en la Tabla 48.

Tabla 48. Capacidades de relacionamiento.

Capacidades de relacionamiento				
	Grado en que se cuenta con la capacidad			
	Bajo	Limitado	Considerable	Alto
Redes académicas y científicas	1	2	3	4
Capacidad para gestionar y establecer vínculos con la industria	1	2	3	4

Relación y cooperación efectiva con agentes intermediarios del entorno (Ruta N, Innpulsa, Tecnova, Parque E, etc.)	1	2	3	4
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	---	---	---

Puntaje máximo posible: 12

Puntaje mínimo posible: 3

Con la definición de los criterios y subcriterios la jerarquía se puede organizar como se aprecia en la Figura 4.

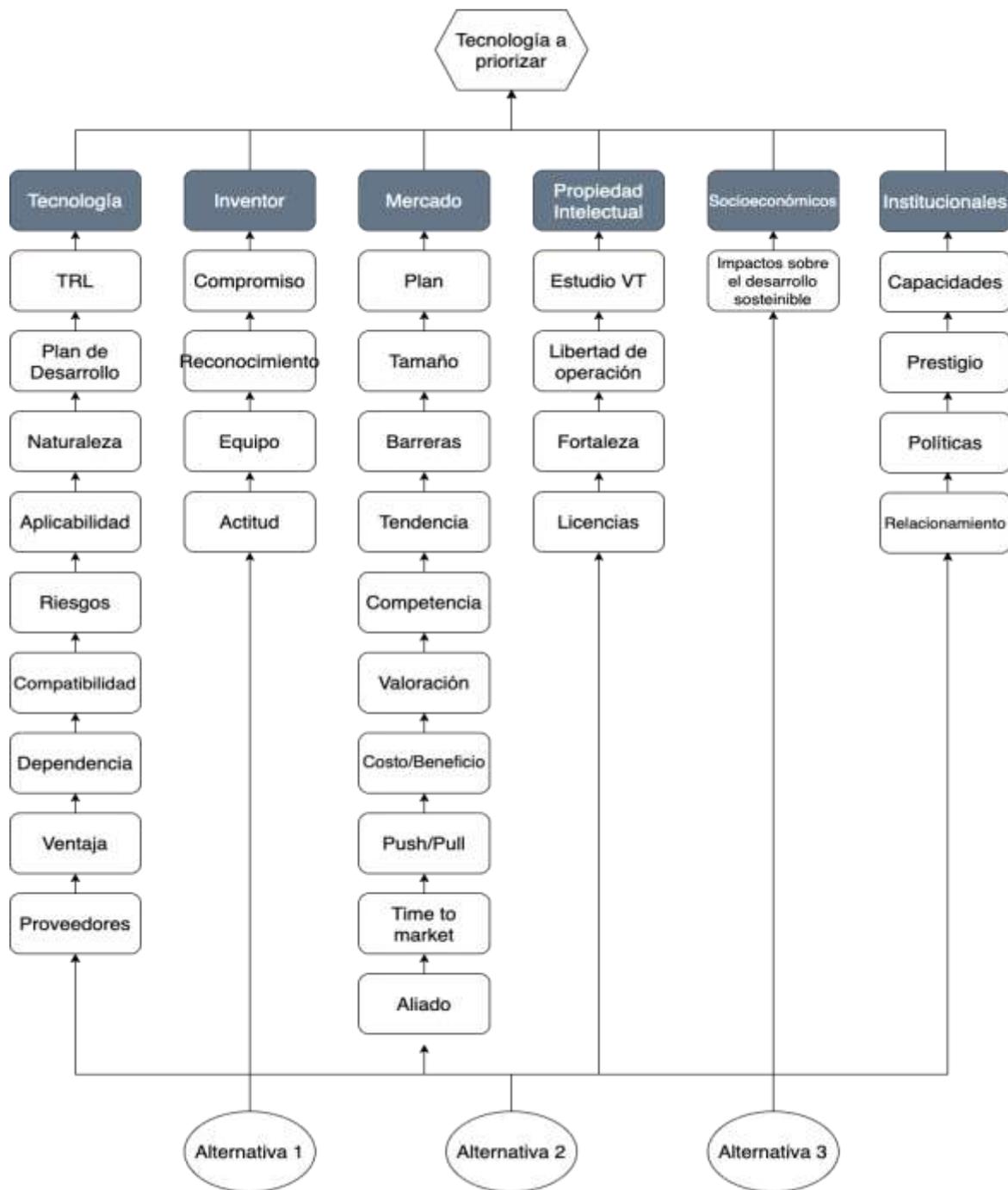


Figura 4. Jerarquía de decisión

4. Determinación de importancia relativa de los criterios y selección de alternativa

4.1. Determinación de la importancia relativa de los criterios

Para poder priorizar entre las tecnologías seleccionadas, se requiere en primer lugar establecer la importancia relativa entre los criterios y subcriterios, y en segundo lugar calificar cada tecnología de acuerdo con su desempeño en cada criterio. Lo primero será descrito en este capítulo y lo segundo en el próximo capítulo.

Según el Proceso Jerárquico Analítico (R. W. Saaty, 1987), para definir la importancia relativa entre los criterios, se usan comparaciones pareadas entre cada uno de ellos, para lo cual se empleó una escala de 9 puntos, donde en el punto 1 significa que ambas opciones son preferidas por igual y el punto 9 significa que una opción es extremadamente preferida sobre la otra, caso en el cual a la opción no preferida se le da un puntaje de 1/9. Estas comparaciones se llevan a una matriz, que luego es normalizada, y luego se promedia cada fila para obtener un peso promedio de cada criterio (vector de pesos).

Para la normalización, el puntaje recibido por cada tecnología en cada criterio se lleva a una escala entre 1 y 10, de la forma en la que se muestra a continuación:

$$x = (z - y) * \frac{p - a}{b - a} + y$$

Donde, x es el puntaje normalizado

z es el límite superior del rango normalizado, en este caso 10

y es el límite inferior del rango normalizado, en este caso 0

p es el puntaje recibido por la tecnología para el criterio específico

a es el valor máximo que puede recibir una tecnología en un criterio específico

b es el valor mínimo que puede recibir una tecnología en un criterio específico

De acuerdo con (R. W. Saaty, 1987), la decisión la puede tomar un único decisor o un grupo de decisores, sin importar su número; la cantidad de decisores dependerá de la naturaleza de la decisión. Para este estudio, se obtuvieron las comparaciones pareadas recurriendo al menos a dos expertos en cada una de las áreas que abordan los 6 criterios. El criterio fundamental para escoger a los expertos fue que hayan hecho parte de varios procesos de transferencia desde su área de conocimiento.

Para los criterios “tecnología” e “investigador” se buscaron investigadores que hayan desarrollado tecnologías y con experiencia en su transferencia. Para el criterio de “mercado” se buscaron expertos en la comercialización de tecnologías originadas en la universidad. Para el criterio de “propiedad intelectual” se buscaron abogados con conocimiento y experiencia en este tema. Para el criterio “institución” se buscaron miembros de la comunidad universitaria de la Universidad Nacional con experiencia en los procesos institucionales relacionados a la transferencia. Sin embargo, los expertos contribuyeron en más de un criterio, de acuerdo a sus conocimientos en diferentes etapas del proceso.

Los expertos seleccionados, y los subcriterios que compararon fueron:

- Juan Fernando Ramírez, docente investigador de la Facultad de Minas, Vicedecano de Investigación y Extensión 2018-2020, líder del Grupo de Investigación en Biomecánica e Ingeniería de Rehabilitación, autor de 1 patente en solicitud.

Comparó: Investigador, Tecnologías e Institución.

- Santiago Arango Aramburo, docente investigador de la Facultad de Minas, Vicedecano de Investigación y Extensión 2014 – 2018, Director del Centro de Desarrollo e Innovación de la Facultad de Minas (2018 – 2020), líder del grupo de investigación Ciencias de la Decisión,
Comparó: Inventor e Institución.
- Farid Cortés Correa, docente investigador de la Facultad de Minas, Vicedecano de Investigación y Extensión 2020 – 2021, líder del grupo de investigación Fenómenos de Superficie - Michael Polanyi, autor de 3 patentes concedidas.
Comparó: Tecnología e Investigador.
- Lida Tamayo, directora de la Unidad de Gestión Tecnológica de la Sede Medellín 2013 – 2021.
Comparó: Mercado, Propiedad Intelectual, Institución.
- John Londoño, experiencia de 15 años en docencia e investigación en gestión tecnológica y de la innovación. Coordinador de la Maestría en Gestión de la Innovación en el ITM durante dos años y del Laboratorio de Gestión de la Innovación durante un año, el cual presta funciones de vigilancia y transferencia tecnológica.
Comparó: Mercado y Propiedad Intelectual.
- Beatriz Peláez, abogada experta en propiedad intelectual, 14 años de experiencia en firmas de abogados y en entidades como Ruta N, UPB y Arpitanna.
Comparó: Mercado y Propiedad Intelectual.
- Laureen Patrouilleau, profesional de emprendimiento en UN Emprende Sede Medellín.

Comparó: Mercado e Institución.

- Isabel Piedrahita, abogada experta en propiedad intelectual, 14 años de experiencia en entidades como UPB, ITM y en firmas de abogados.

Comparó: Tecnología y Propiedad Intelectual.

- Camilo Pizarro, coordinador de desarrollo de negocios de base tecnológica en Biointropic (2014-2020), jefe de desarrollo de nuevos negocios en Berhlan (actualidad).

Comparó: Tecnología, Inventor.

- Chirag Shah, abogado experto en propiedad intelectual, fundador y director de de la firma Patent Vantage, profesor en la Universidad de Illinois.

Comparó: Tecnología y Propiedad Intelectual.

Adicionalmente, todos los expertos, a excepción de Juan Fernando Ramírez, contribuyeron a la comparación entre los criterios. En la Tabla 49, se presenta una tabla comparativa de los perfiles de los expertos y su contribución a las comparaciones pareadas.

Tabla 49. Perfil y participación de los expertos en las comparaciones pareadas.

Experto	Perfil	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Institución	Criterios
Juan Ramírez	Docente investigador	x	x			x	
Santiago Arango	Docente investigador		x			x	x
John Londoño	Investigador/ Administrativo			x	x		x
Lida Tamayo	Personal administrativo			x	x	x	x
Laureen Patrouille au	Personal administrativo			x	x		x
Beatriz Peláez	Abogada PI			x		x	x
Isabel Piedrahita	Abogada PI	x			x		x
Camilo Pizarro	Aceleración Negocios Base Tecnológica	x	x				x
Chirag Shah	Abogado PI /Emprendedor Base Tecnológica	x			x		x

Las comparaciones pareadas se realizaron utilizando la herramienta AHP Online System (AHP-OS) desarrollada por Goepel (2018). En la Figura 5 se ilustra esta herramienta y la forma como se compararon los criterios. Los subcriterios se compararon de la misma manera.

A - wrt Priorizacion Tecnologias - or B?	Equal	How much more?
1 <input checked="" type="radio"/> Tecnología <input type="radio"/> Inventor	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2 <input checked="" type="radio"/> Tecnología <input type="radio"/> Mercado	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3 <input checked="" type="radio"/> Tecnología <input type="radio"/> PI	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4 <input checked="" type="radio"/> Tecnología <input type="radio"/> Sociales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5 <input checked="" type="radio"/> Tecnología <input type="radio"/> Institucionales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6 <input checked="" type="radio"/> Inventor <input type="radio"/> Mercado	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
7 <input checked="" type="radio"/> Inventor <input type="radio"/> PI	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
8 <input checked="" type="radio"/> Inventor <input type="radio"/> Sociales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
9 <input checked="" type="radio"/> Inventor <input type="radio"/> Institucionales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
10 <input checked="" type="radio"/> Mercado <input type="radio"/> PI	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
11 <input checked="" type="radio"/> Mercado <input type="radio"/> Sociales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
12 <input checked="" type="radio"/> Mercado <input type="radio"/> Institucionales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
13 <input checked="" type="radio"/> PI <input type="radio"/> Sociales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
14 <input checked="" type="radio"/> PI <input type="radio"/> Institucionales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
15 <input checked="" type="radio"/> Sociales <input type="radio"/> Institucionales	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

CR = 0% Please start pairwise comparison

Figura 5. Uso de la herramienta AHP-OS para las comparaciones pareadas de los criterios

Una de las ventajas de esta herramienta es que permite calcular el radio de inconsistencia de las comparaciones pareadas, y señala las comparaciones más inconsistentes para que el experto pueda revisar sus respuestas antes de enviarlas. Otras características de la herramienta son:

- Permite realizar comparaciones parciales, lo cual fue útil en este caso ya que permitió que algunos expertos realizaran solo las comparaciones relacionadas a su área de conocimiento.
- Aplicación de diferentes escalas de comparaciones a posteriori.
- Decisión grupal usando la agregación de la media geométrica ponderada de las comparaciones individuales.

- Cálculo del consenso grupal basado en la entropía de Shannon.
- Estimación de la incertidumbre de los pesos usando la simulación de Monte Carlo.
- Análisis de sensibilidad.

4.2. Vector de pesos resultante para los criterios y subcriterios

A continuación, se presenta el resultado de las comparaciones pareadas (conocidas como matrices de pago) para los criterios por parte de cada experto (Tabla 50). En el Anexo 1 se presentan las comparaciones pareadas para los subcriterios.

Tabla 50. Comparaciones pareadas para los criterios por parte de los expertos

Chirag Shah	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	0,20	1	2	6	5
Inventor	5	1	7	7	5	9
Mercado	1	0,143	1	1	1	2
PI	0,50	0,143	1	1	2	8
Desarrollo	0,167	0,2	1	0,5	1	4
Institucionales	0,2	0,111	0,5	0,125	0,25	1
Camilo Pizarro	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	6	0,25	0,5	0,33	6
Inventor	0,167	1	0,125	0,5	0,33	2
Mercado	4	8	1	1	0,5	7
PI	2	2	1	1	0,5	5
Desarrollo	3	3	2	2	1	5
Institucionales	0,167	0,5	0,143	0,2	0,2	1
Isabel Piedrahita	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	1	0,167	0,125	7	0,167
Inventor	1	1	0,125	0,143	1	0,11
Mercado	6	8	1	2	8	0,5
PI	8	7	0,5	1	6	1
Desarrollo	0,143	1	0,125	0,167	1	0,125

Institucionales	6	9	2	1	8	1
Laureen Patrouilleau	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	0,33	0,25	7	0,125	9
Inventor	3	1	0,25	2	0,125	5
Mercado	4	4	1	8	0,25	8
PI	0,143	0,5	0,125	1	0,11	1
Desarrollo	8	8	4	9	1	9
Institucionales	0,11	0,2	0,125	1	0,11	1
Beatriz Pelaéz	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	1	0,33	1	0,167	0,25
Inventor	1	1	0,5	0,33	0,25	0,33
Mercado	3	2	1	2	0,33	2
PI	1	3	0,5	1	0,25	3
Desarrollo	6	4	3	4	1	4
Institucionales	4	3	0,5	0,33	0,25	1
Santiago Arango	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	0,2	1	0,143	0,2	0,143
Inventor	5	1	3	1	1	1
Mercado	1	0,33	1	0,125	0,143	0,2
PI	7	1	8	1	1	1
Desarrollo	5	1	7	1	1	1
Institucionales	7	1	5	1	1	1
John Londoño	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	0,143	4	0,2	7	2
Inventor	7	1	3	0,2	5	0,25
Mercado	0,25	0,33	1	0,2	5	0,2
PI	5	5	5	1	5	6
Desarrollo	0,143	0,2	0,2	0,2	1	0,25
Institucionales	0,5	4	5	0,167	4	1
Lida Tamayo	Tecnología	Inventor	Mercado	PI	Desarrollo	Institucionales
Tecnología	1	1	0,125	0,125	1	0,143
Inventor	1	1	1	1	8	1
Mercado	8	1	1	0,125	8	1
PI	8	1	8	1	8	8
Desarrollo	1	0,125	0,125	0,125	1	0,125

Institucionales	7	1	1	0,125	8	1
------------------------	---	---	---	-------	---	---

Saaty (T. L. Saaty, 1977) introdujo el concepto de la razón de consistencia (*Consistency Ratio*, CR), para determinar el grado de consistencia de las comparaciones dadas en una matriz, ya que el factor humano siempre trae inconsistencias al realizar más de un juicio de valor. Según esto, su razón de consistencia (CR), estaba definido por:

$$CR = \frac{\lambda - n}{(n - 1)RI_n}$$

Donde λ es el valor de los eigenvalores, n es el número de criterios en la matriz y RI es el índice de consistencia propuesto por (T. L. Saaty, 1977).

En su herramienta, Goepel (Goepel, 2018) utiliza un razón de consistencia diferente, propuesto por Alonso y Lamata (2006).

$$CR = \frac{\lambda - n}{2.7699 * n - 4.3513 - n}$$

Los siguientes son los valores de las razones de consistencia CR para cada una de las comparaciones pareadas de los expertos (Tabla 51).

Tabla 51. Razones de consistencia para las comparaciones de los criterios de primer nivel.

Razones de consistencia (CR)	
Beatriz Peláez	9,12%
Camilo Pizarro	9,65%
Chirag Shah	9,82%
Isabel Piedrahita	9,54%
John Londoño	9,03%*
Laureen Patrouilleau	9,64%*
Lida Tamayo	9,68%*
Santiago Arango	1,46%

De acuerdo con Saaty (T. L. Saaty, 1977), la CR debe ser lo más inferior posible al 10%. Por esta razón, para las comparaciones pareadas comparaciones señaladas con (*) se adoptaron las sugerencias del AHP *Online System* para mejorar la CR.

A partir de las comparaciones pareadas resultantes, se calculó el vector de pesos para los criterios como se muestra en la Tabla 52 y en el Gráfico 1.

Tabla 52. Vector de pesos para los criterios

Vector de pesos	
Mercado	24,4%
Desarrollo socioeconómico y ambiental	19,2%
Propiedad Intelectual	17,9%
Inventor	14,5%
Institución	13,0%
Tecnología	11,0%

Vector de pesos para los criterios

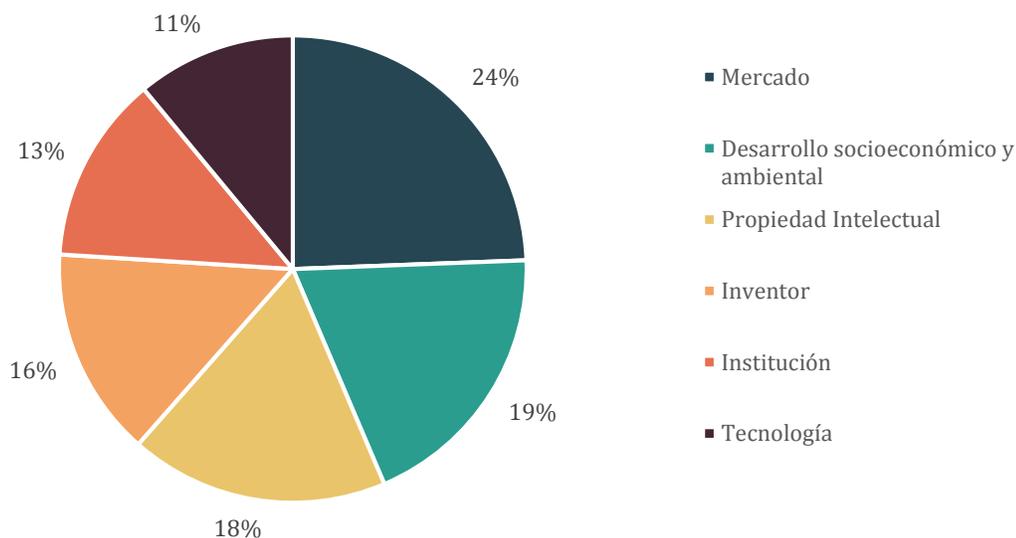


Gráfico 1. Vector de pesos para los criterios.

De la misma manera, se obtuvo el vector de pesos para los 32 subcriterios dentro de cada uno de los 6 criterios, los cuales se relacionan en la Tabla 53.

Tabla 53. Vector de pesos para los subcriterios utilizando la escala lineal

Criterios	Subcriterios	Peso
Tecnología (11%)	Estado de desarrollo de la tecnología	7,93%
	Plan de desarrollo de la tecnología	7,05%
	Novedad y ventajas de la tecnología	7,66%
	Aplicabilidad de la tecnología	19,79%
	Riesgos y debilidades	11,13%
	Compatibilidad con otras tecnologías	11,72%
	Independencia de otras tecnologías	6,59%
	Ventaja diferencial	8,44%
	Proveedores	19,69%
Inventor (14,5%)	Grado de compromiso del inventor	40,50%
	Reconocimiento del inventor	7,11%
	Idoneidad del equipo de trabajo	27,48%
	Actitud del inventor	24,91%
Mercado (24,4%)	Validación comercial/Plan de negocio	6,37%
	Mercado potencial definido	4,68%
	Barreras de entrada al mercado	16,41%
	Tendencia del mercado	3,66%
	Grado de competencia en el mercado	5,41%
	Valoración potencial de la tecnología	6,60%
	Relación costo-beneficio	11,93%
	Necesidad de mercado identificable	25,21%
	<i>Time to market</i>	7,23%
	Aliado técnico y comercial	12,50%
Propiedad Intelectual (17,9%)	Estudio de vigilancia tecnológica favorable	20,00%
	Libertad de operación	29,38%
	Fortaleza de los derechos sobre la PI	37,94%
	Licencias de tecnologías complementarias	12,67%

Impactos sobre el desarrollo sostenible (19,2%)	Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible	100,00%
Institucionales (13%)	Capacidades para la gestión del desarrollo	42,08%
	Políticas y normativas institucionales	26,84%
	Prestigio	5,93%
	Capacidades de relacionamiento	25,16%

4.3. Evaluación de las tecnologías seleccionadas

Se seleccionaron 3 tecnologías con potencial de transferencia originadas en la Facultad de Minas para evaluarlas según los criterios y preguntas definidas en la sección anterior.

4.3.1. Software para modelación geomecánica

El grupo de investigación Geomecánica Aplicada (GIGA) dirigido por Guillermo Alzate, ha desarrollado un paquete de software orientado al diagnóstico, evaluación y predicción de procesos relacionados a la perforación, producción y recuperación de hidrocarburos. A través de simulación, el paquete de software tiene como objetivo aumentar la productividad, optimizar los procesos, reducir los costos operativos, y disminuir los riesgos ambientales. Las soluciones que ofrece cada software del paquete están orientadas a los siguientes servicios:

- Estabilidad de pozos: reducción de costos de perforación a partir de la reducción de tiempo de perforación (*Non-Productive Time*), reducción de riesgos operacionales y ambientales durante la perforación incluyendo eventos geomecánicos; fácil comprensión y visualización de la operación.

- Geomecánica integrada a la productividad de hidrocarburos: Evaluación de los procesos de producción y recobro incluyendo el efecto de la geomecánica orientada al aumento del factor de recobro; entendimiento de la dinámica de yacimientos incluyendo geomecánica; aseguramiento de los procesos en términos ambientales y operacionales.
- Predicción y prevención de la producción de arena: cuantificación de la producción de arena por zonas; estrategias de producción del pozo para mitigar el arenamiento; estrategias de completamiento del pozo en función del riesgo y potencial de arenamiento.
- Diagnóstico y diseño del fracturamiento hidráulico: Evaluación de escenarios de fracturamiento hidráulico en términos de productividad (barriles por escenario); animación 2D y 3D de la fractura; valoración del impacto de la fractura en la productividad; diseño óptimo del fracturamiento en términos de cantidad de insumos (materiales inyectados) vs. productividad; reducción de riesgos operacionales y ambientales.

Al evaluar el paquete de software de acuerdo con los criterios seleccionados se obtuvo la calificación como se muestra en la Tabla 54. La información para esta evaluación se obtuvo de los documentos que fueron producto del proyecto “*Geomechanical Consulting Group*” para el apoyo a la formación de una spin-off con el acompañamiento de Tecnova. La calificación para cada una de las preguntas de cada subcriterio, al igual que la normalización, se muestra en el Anexo 2.

Tabla 54. Calificación tecnología grupo GIGA

Criterio	Subcriterios	Puntaje normalizado
Tecnología	Estado de desarrollo de la tecnología	8,75
	Plan de desarrollo de la tecnología	9,67
	Novedad y ventajas de la tecnología	6,67
	Aplicabilidad de la tecnología	10

	Riesgos y debilidades	5
	Compatibilidad con otras tecnologías	5
	Independencia de otras tecnologías	7,5
	Ventaja diferencial	6
	Proveedores	10
Inventor	Grado de compromiso del inventor	6,67
	Reconocimiento del inventor	8,89
	Idoneidad del equipo de trabajo	4
	Actitud del inventor	10
Mercado	Validación comercial/Plan de negocio	10
	Mercado potencial definido	0*
	Barreras de entrada al mercado	7,9
	Tendencia del mercado	6,38
	Grado de competencia en el mercado	6,9
	Valoración potencial de la tecnología	10*
	Relación costo-beneficio	8,2
	Necesidad de mercado identificable	10
	<i>Time to market</i>	10
	Aliado técnico y comercial	5,43
Propiedad Intelectual	Estudio de vigilancia tecnológica favorable	10
	Libertad de operación	10
	Fortaleza de los derechos sobre la PI	10
	Licencias de tecnologías complementarias	10
Impactos sobre el desarrollo sostenible	Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible	6,04
Puntaje ponderado (ver punto 4.5)		7,40

4.3.2. Proceso para la obtención de bioaceite crudo

El grupo Termodinámica Aplicada y Energías Alternativas (TAYEA) dirigido por Farid Chejne diseñó un proceso para la obtención de bioaceite crudo, a partir de biomasa,

preferiblemente residuos de caña de azúcar. El proceso comprende una etapa de pirolización rápida en lecho fluidizado y una de enfriamiento por contacto directo con nitrógeno líquido, a través del cual se logra una eficiencia de extracción de al menos un 60%, con un bioaceite con contenido de humedad inferior a 10%. La motivación detrás de la generación de la tecnología es que la producción de biocombustibles de primera generación ha sido cuestionada por su uso del suelo y competencia con la producción de alimentos, amenazando la seguridad alimentaria. Sin embargo, el uso de residuos para producir biocombustibles está aún por debajo de los procesos petroquímicos en términos costo-efectivos.

El bio-aceite crudo es útil en la producción de subproductos con aplicaciones en el sector químico, en la fabricación de polímeros, en la obtención de gases de síntesis y para la generación de energía.

Se mencionan como los principales diferenciales de la tecnología respecto a las soluciones actuales las siguientes:

- Proceso de enfriamiento por contacto directo con nitrógeno líquido que permite obtener un bio-aceite con baja humedad.
- Humedad del bio-aceite obtenido debajo del 10%. Con posibilidad de llegar a 2%
- Eficiencia de la extracción del bio-aceite superior al 60%.
- Proceso ajustable para diferentes biomásas.
- Proceso demostrado a escala semi-industrial.

Al evaluar este desarrollo de acuerdo con los criterios seleccionados se obtuvo la calificación que se muestra en la Tabla 55. La información para esta evaluación se obtuvo de una entrevista con uno de los miembros del grupo de investigación, Carlos Gómez PhD., al igual que de una investigación de mercados que fue contratada por la universidad para evaluar la pertinencia de realizar una solicitud de patente para esta

tecnología. La calificación para cada una de las preguntas de cada subcriterio, al igual que la normalización, se muestra en el Anexo 3.

Tabla 55. Calificación tecnología grupo TAYEA

Criterio	Subcriterios	Puntaje normalizado
Tecnología	Estado de desarrollo de la tecnología	6,25
	Plan de desarrollo de la tecnología	9
	Novedad y ventajas de la tecnología	7,5
	Aplicabilidad de la tecnología	10
	Riesgos y debilidades	2,5
	Compatibilidad con otras tecnologías	0
	Independencia de otras tecnologías	10
	Ventaja diferencial	2
	Proveedores	9
Inventor	Grado de compromiso del inventor	8,33
	Reconocimiento del inventor	10
	Idoneidad del equipo de trabajo	10
	Actitud del inventor	6,67
Mercado	Validación comercial/Plan de negocio	6,25
	Mercado potencial definido	10
	Barreras de entrada al mercado	1,7
	Tendencia del mercado	8,67
	Grado de competencia en el mercado	5,04
	Valoración potencial de la tecnología	0
	Relación costo-beneficio	0
	Necesidad de mercado identificable	10
	<i>Time to market</i>	10
	Aliado técnico y comercial	8,57
Propiedad Intelectual	Estudio de vigilancia tecnológica favorable	7,5
	Libertad de operación	0
	Fortaleza de los derechos sobre la PI	9,5
	Licencias de tecnologías complementarias	0

Impactos sobre el desarrollo sostenible	Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible	5,69
Puntaje ponderado (ver punto 4.5)		6,25

4.3.3. Producción de jarabes a partir de residuos de almidón y celulosa

Esta tecnología ha sido desarrollada por el Grupo de investigación Bioprocesos y Flujos Reactivos dirigido por Ángela Adriana Ruiz Colorado. Consiste en un proceso optimizado de pretratamiento e hidrólisis enzimática de diferentes materias primas (principalmente desechos agroindustriales, celulósicos y amiláceos) para la producción de jarabes azucarados de glucosa, fructosa y xilosa. La tecnología permite entre un 70 y 90% de recuperación de residuos, además de la reducción de los costos asociados a la compra de jarabes, los cuales son empleados principalmente en la industria de alimentos. Se dispone de una patente concedida para esta tecnología en Colombia.

Al evaluar este desarrollo de acuerdo con los criterios seleccionados se obtuvo la calificación que se muestra en la Tabla 56. La información para esta evaluación se obtuvo de una entrevista con la profesora Ángela Ruiz, al igual que de una investigación de mercados realizada por Ruta N para evaluar el potencial de comercialización de esta tecnología, como parte de la convocatoria 621. La calificación para cada una de las preguntas de cada subcriterio, al igual que la normalización, se muestra en el Anexo 4.

Tabla 56. Calificación tecnología grupo Bioprocesos y Flujos Reactivos

Criterio	Subcriterios	Puntaje normalizado
Tecnología	Estado de desarrollo de la tecnología	7
	Plan de desarrollo de la tecnología	7,67
	Novedad y ventajas de la tecnología	10

	Aplicabilidad de la tecnología	10
	Riesgos y debilidades	10
	Compatibilidad con otras tecnologías	10
	Independencia de otras tecnologías	10
	Ventaja diferencial	3
	Proveedores	10
Inventor	Grado de compromiso del inventor	10
	Reconocimiento del inventor	8,89
	Idoneidad del equipo de trabajo	6
	Actitud del inventor	10
Mercado	Validación comercial/Plan de negocio	10
	Mercado potencial definido	10
	Barreras de entrada al mercado	9,39
	Tendencia del mercado	6,67
	Grado de competencia en el mercado	8
	Valoración potencial de la tecnología	2
	Relación costo-beneficio	10
	Necesidad de mercado identificable	10
	Time to market	10
	Aliado técnico y comercial	6,29
Propiedad Intelectual	Estudio de vigilancia tecnológica favorable	10
	Libertad de operación	10
	Fortaleza de los derechos sobre la PI	10
	Licencias de tecnologías complementarias	5
Impactos sobre el desarrollo sostenible	Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible	5,83
Puntaje ponderado (ver punto 4.5)		7,87

4.4. Puntuación para el criterio Institución

Para el caso en el que se comparen tecnologías provenientes de diferentes instituciones, las capacidades internas, las políticas y normas y el grado de conexión con el entorno podrán ser importante para la decisión entre diferentes tecnologías, ya que, según los expertos evaluadores, este criterio tiene una importancia del 13%. Por ejemplo, al comparar dos tecnologías provenientes de una universidad pública y de una privada, se creería que la universidad privada obtendrá mayor puntaje, debido a la agilidad de sus procesos internos y su mayor cercanía al mercado. En este caso, dado que las tres tecnologías seleccionadas ser originaron en la Facultad de Minas, obtendrán la misma puntuación en el criterio Institución.

Para definir esta puntuación se les enviaron las preguntas definidas en los puntos 3.29, 3.30, 3.31 y 3.32, a diferentes miembros de la comunidad académica de la Facultad de Minas y de la Sede Medellín. Estos fueron:

- Walter Ruiz, docente investigador de la Facultad de Minas, líder del grupo de investigación Innovación y Gestión Tecnológica, director del área curricular de Ingeniería Administrativa e Ingeniería Industrial.
- Juan Fernando Ramírez, docente investigador de la Facultad de Minas, Vicedecano de Investigación y Extensión 2018-2020, líder del Grupo de Investigación en Biomecánica e Ingeniería de Rehabilitación, autor de 1 patente en solicitud.
- John Willian Branch, docente investigador Facultad de Minas, líder del Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial GIDIA, decano Facultad de Minas (2010-2015), Vicerrector Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín (2015-2018).

- Carlos Gómez, candidato a doctor, miembro del grupo de investigación TAYEA, Gestor de Oportunidades en el Centro de Desarrollo e Innovación de la Facultad de Minas (2018-2019), autor de 1 patente concedida.
- Laureen Patrouilleau, profesional de emprendimiento en UN Emprende Sede Medellín.
- Miguel Bedoya, autor, respondiendo como Profesional de Apoyo a la Vicedecanatura de Investigación y Extensión, Facultad de Minas.

Las respuestas consolidadas se muestran en la Tabla 57.

Tabla 57. Respuestas de expertos sobre encuesta de las capacidades de la Facultad de Minas para la transferencia.

Criterio	Pregunta	Consolidado
Capacidades para la gestión del desarrollo (Bajo = 1, Alto = 4)	Capacidad de I+D	3,8
	Cultura de innovación en la organización	2,75
	Diseño organizacional facilitador	2,2
	Autonomía y capacidad de la oficina de transferencia (o estructura equivalente)	1,6
	Esquema de transferencia detallado y favorable	1,6
	Capital humano especializado en transferencia	2,2
	Estructura de recompensas a personal científico	1,6
	Estructura de recompensas a personal administrativo facilitador	1,6
	Investigación de mercados	1,4
	Vigilancia tecnológica	2
	Elaboración de pruebas de concepto	1,6
	Incubación	1,2
	Acceso a capital de riesgo	1,2
	Financiación con recursos internos	1,8
	Mercadeo y comercialización	1,2
	Capacidad legal	1,8
Relacionamiento/Sinergias internas (interfacultad, interdepartamentos)	2,4	
Capacidad de aprendizaje	2,6	

Políticas y normativas institucionales (Totalmente en desacuerdo = 1, Totalmente de acuerdo = 4)	Las políticas de la universidad favorecen la transferencia de tecnología	2,4
	Las normas y regulaciones de la universidad favorecen la transferencia de tecnología	2,6
	Los incentivos al inventor por parte de la universidad estimulan la transferencia de tecnología	2,2
Prestigio (Totalmente en desacuerdo = 1, Totalmente de acuerdo = 4)	El prestigio de la institución influye positivamente sobre el éxito en las transferencias	3,4
Capacidades de relacionamiento (Bajo = 1, Alto = 4)	Redes académicas y científicas	3,6
	Capacidad para gestionar y establecer vínculos con la industria	2,8
	Relación y cooperación efectiva con agentes intermediarios del entorno (Ruta N, Innpulsa, Tecnova, Parque E, etc.)	2,2

4.5. Priorización de tecnologías

Habiendo definido los vectores de los pesos para los criterios y subcriterios, y los puntajes normalizados para las 3 tecnologías seleccionadas, se muestra a continuación el resultado de la decisión sobre la priorización de las tecnologías (Tabla 58).

Tabla 58. Resultado de la priorización

Criterios 1º nivel	Peso	Criterios 2º nivel	Peso	Puntaje normalizado			Puntaje ponderado subcriterios			Puntaje ponderado criterio		
				Geomecánica	Bioaceite	Jarabes	Geomecánica	Bioaceite	Jarabes	Geomecánica	Bioaceite	Jarabes
Tecnología	11%	TRL	7,93%	8,75	6,25	7,00	0,69	0,50	0,56	0,876	0,714	0,946
		Plan	7,05%	9,67	9,00	7,67	0,68	0,63	0,54			
		Naturaleza	7,66%	6,67	7,50	10,00	0,51	0,57	0,77			
		Aplicabilidad	19,79%	10,00	10,00	10,00	1,98	1,98	1,98			
		Riesgos	11,13%	5,00	2,50	10,00	0,56	0,28	1,11			
		Compatibilidad	11,72%	5,00	0	10,00	0,59	0	1,17			
		Independencia	6,59%	7,50	10,00	10,00	0,49	0,66	0,66			
		Ventaja	8,44%	6,00	2,00	3,00	0,51	0,17	0,25			
		Proveedores	19,69%	10,00	8,67	8,00	1,97	1,71	1,57			
Inventor	15%	Compromiso	40,50%	6,67	8,33	10,00	2,70	3,37	4,05	1,006	1,235	1,283
		Reconocimiento	7,11%	8,89	10,00	8,89	0,63	0,71	0,63			
		Equipo	27,48%	4,00	10,00	6,00	1,10	2,75	1,65			
		Actitud	24,91%	10,00	6,67	10,00	2,49	1,66	2,49			
Mercado	24%	Validación	6,37%	10,00	6,25	10,00	0,64	0,40	0,64	1,978	1,478	2,248
		Barreras	4,68%	0	10,00	10,00	0	0,47	0,47			
		Tendencia	16,41%	7,90	1,71	9,39	1,30	0,28	1,54			
		Competencia	3,66%	6,38	8,67	6,67	0,23	0,32	0,24			
		Mercado potencial	5,41%	6,90	5,04	8,00	0,37	0,27	0,43			
		Valoración	6,60%	10,00	0	2,00	0,66	0	0,66			
		Costo/Beneficio	11,93%	8,18	0	10,00	0,98	0	1,19			
		Necesidad	25,21%	10,00	10,00	10,00	2,52	2,52	2,52			
		Time to Market	7,23%	10,00	10,00	10,00	0,72	0,72	0,72			
		Aliado	12,50%	5,43	8,57	6,29	0,68	1,07	0,79			
PI	18%	Estudio VT	20,00%	10,00	7,50	10,00	2,00	1,50	2,00	1,789	1,140	1,676
		Libertad operación	29,38%	10,00	0	10,00	2,94	0	2,94			
		Fortaleza	37,94%	10,00	9,50	10,00	3,79	3,60	3,79			
		Licencias	12,67%	10,00	10	5,00	1,27	1,27	0,63			
Desarrollo	19%	Impactos	100,0%	6,04	5,69	5,83	6,04	5,69	5,83	1,160	1,093	1,120
Institución	13%	Capacidades	42,08%	3,06	3,06	3,06	1,29	1,29	1,29	0,594	0,594	0,594
		Políticas	26,84%	4,67	4,67	4,67	1,25	1,25	1,25			
		Prestigio	5,93%	8,00	8,00	8,00	0,47	0,47	0,47			
		Relacionamiento	25,16%	6,22	6,22	6,22	1,57	1,57	1,57			
Puntaje total										7,40	6,25	7,87

De esta forma, de acuerdo con el puntaje total obtenido, la tecnología que debería priorizarse es la de obtención de jarabes, en segundo lugar, el paquete de software para geomecánica y en tercer lugar el método de obtención de bioaceites.

4.6. Análisis de sensibilidad

En la Tabla 59 se presentan los subcriterios que más relevancia tienen para la determinación del puntaje final de las alternativas. Se puede observar que los primeros 9 subcriterios representan el 60,4% del resultado final.

Tabla 59. Subcriterios con mayor relevancia sobre el resultado final

Criterio	Contribución al el resultado final	Suma
Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible	19,20%	60,4%
Fortaleza de los derechos sobre la PI	6,79%	
Necesidad de mercado identificable	6,16%	
Grado de compromiso del inventor	5,89%	
Capacidades para la gestión del desarrollo	5,45%	
Libertad de operación	5,26%	
Barreras de entrada al mercado	4,01%	
Idoneidad del equipo de trabajo	4,00%	
Actitud del inventor	3,62%	
Estudio de vigilancia tecnológica favorable	3,58%	39,6%
Políticas y normativas institucionales	3,48%	
Capacidades de relacionamiento	3,26%	
Aliado técnico y comercial	3,05%	
Relación costo-beneficio	2,91%	
Licencias de tecnologías complementarias	2,27%	
Aplicabilidad de la tecnología	2,17%	
Proveedores	2,16%	
<i>Time to market</i>	1,76%	
Valoración potencial de la tecnología	1,61%	

Validación comercial/Plan de negocio	1,55%
Grado de competencia en el mercado	1,32%
Compatibilidad con otras tecnologías	1,29%
Riesgos y debilidades	1,22%
Mercado potencial definido	1,14%
Reconocimiento del inventor	1,03%
Ventaja diferencial	0,93%
Tendencia del mercado	0,89%
Estado de desarrollo de la tecnología	0,87%
Novedad y ventajas de la tecnología	0,84%
Plan de desarrollo de la tecnología	0,77%
Prestigio	0,77%
Independencia de otras tecnologías	0,72%

Por esta razón, se analizó el impacto de los primeros 8 subcriterios más importantes (Sin incluir el subcriterio “Impactos potenciales sobre el desarrollo sostenible” dado que es el único en su categoría), disminuyendo su peso relativo frente a los demás subcriterios de su respectiva categoría, desde un 90% hasta un 0,10% del valor original. Al modificar estos subcriterios seleccionados, los otros subcriterios cada categoría incrementaron su relevancia, como se muestra en los Gráficos Gráfico 2, Gráfico 3, Gráfico 4 y 5. Con (*) se señalan los subcriterios que fueron modificados.

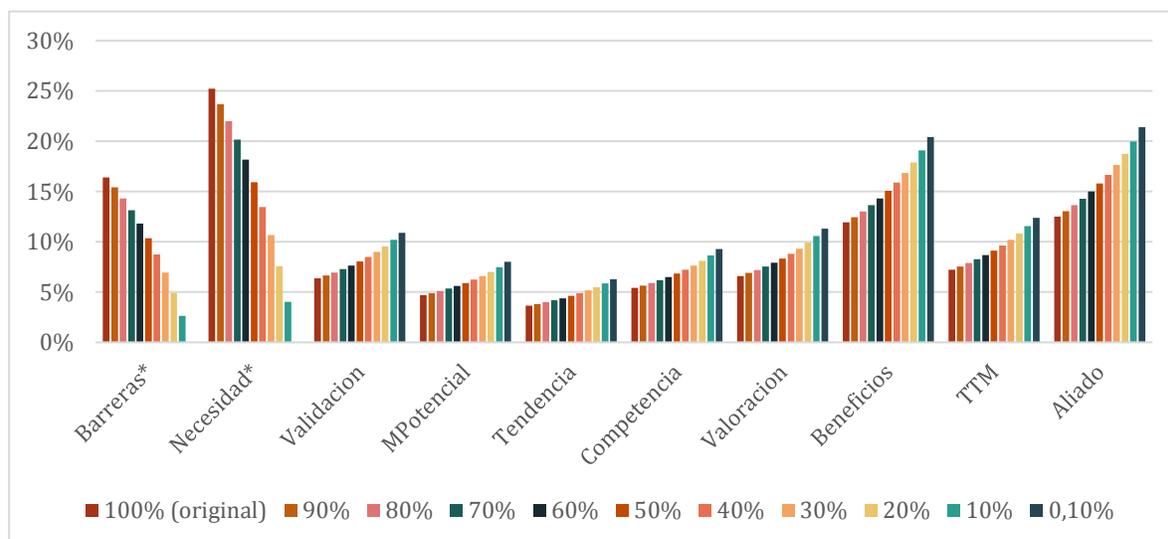


Gráfico 2. Variación subcriterios de mercado.

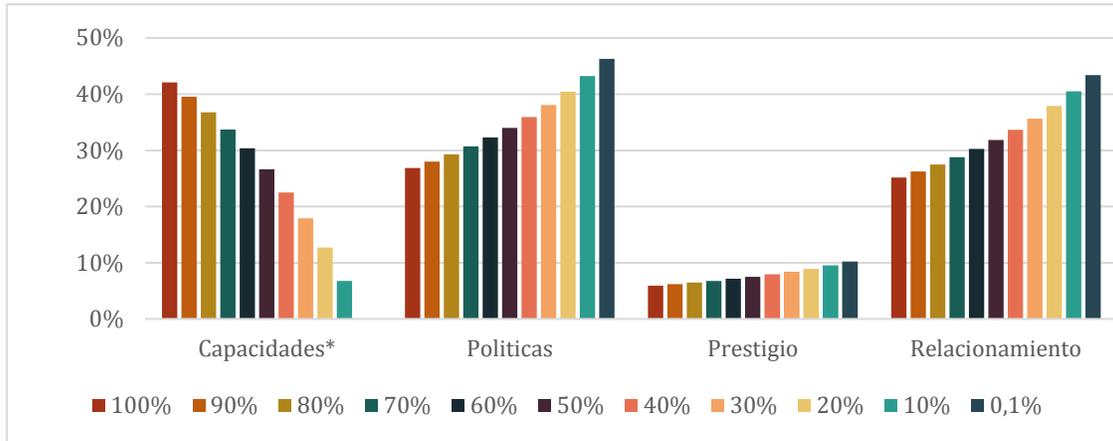


Gráfico 3. Variación subcriterios Institución.

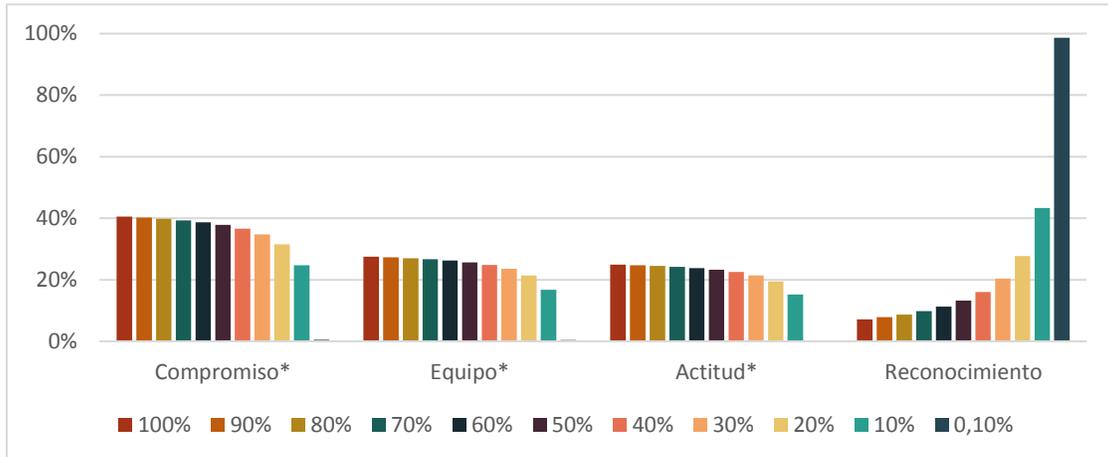


Gráfico 4. Variación subcriterios de Inventor.

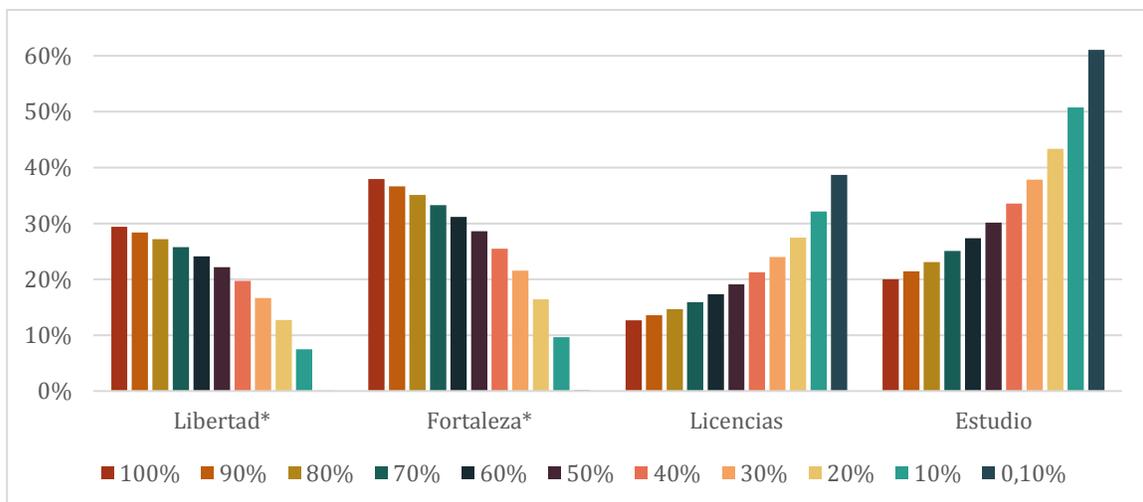


Gráfico 5. Variación subcriterios de Propiedad Intelectual.

El resultado de estas variaciones en los pesos sobre la priorización final de las alternativas se muestra en el Gráfico 6.

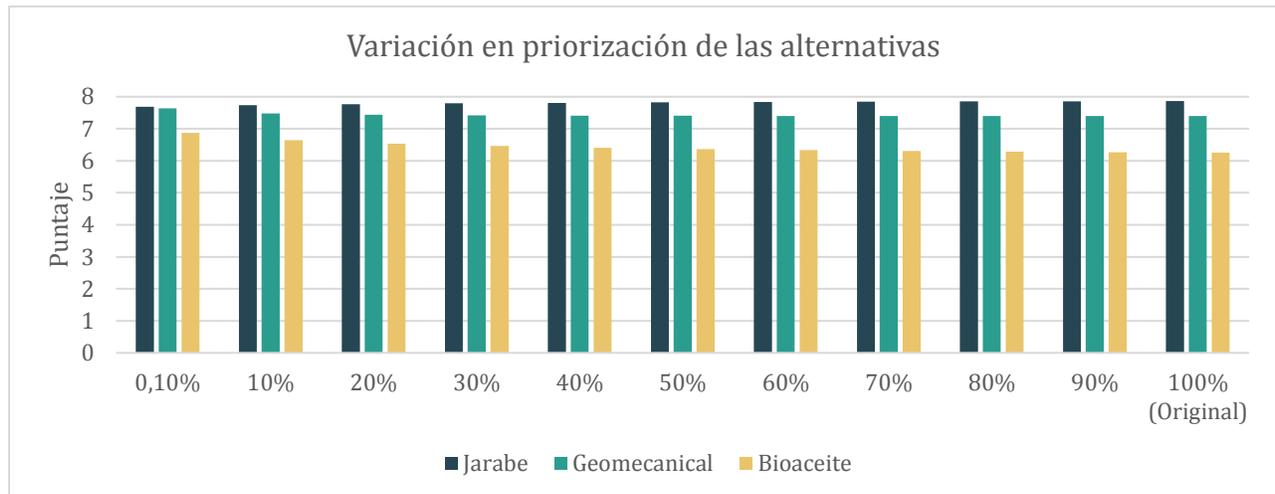


Gráfico 6. Variación en priorización de las alternativas.

Como se observa, en ninguno de los escenarios varió el orden de la priorización, con lo que se puede concluir que incluso cuando se minimiza al máximo la importancia de los criterios más relevantes, en los criterios menos relevantes se conserva el orden de la priorización. Esto muy posiblemente se deba al hecho de que al estar una tecnología más preparada que otra para la transferencia, suele estarlo en todos los ámbitos.

Seguidamente, se asignaron pesos al azar en 50 oportunidades para cada uno de los 32 subcriterios y se obtuvieron los resultados que se muestran en el Gráfico 7. Se observa que se conserva el orden de la priorización para las 3 tecnologías en todos los casos, confirmando la conclusión anterior.

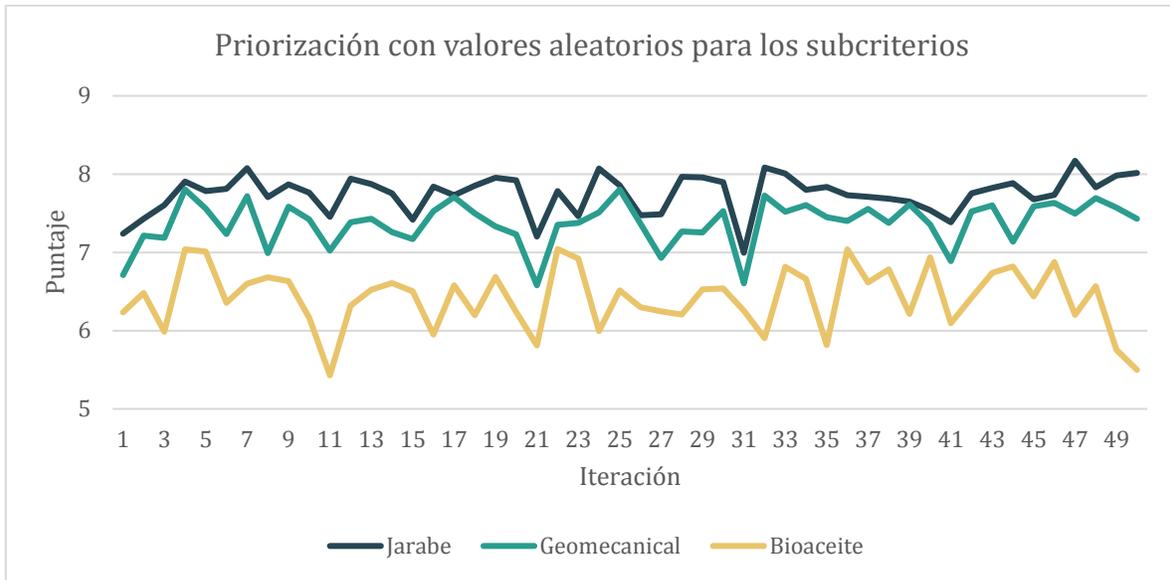


Gráfico 7. Priorización con valores aleatorios para los subcriterios.

Adicionalmente se asignaron pesos al azar también para los 6 criterios obteniendo el resultado del Gráfico 8. Se observa que en la mayoría de los casos se sigue cumpliendo el orden de la priorización, según lo cual, la dominancia de la tecnología Jarabes sobre las demás es evidente.

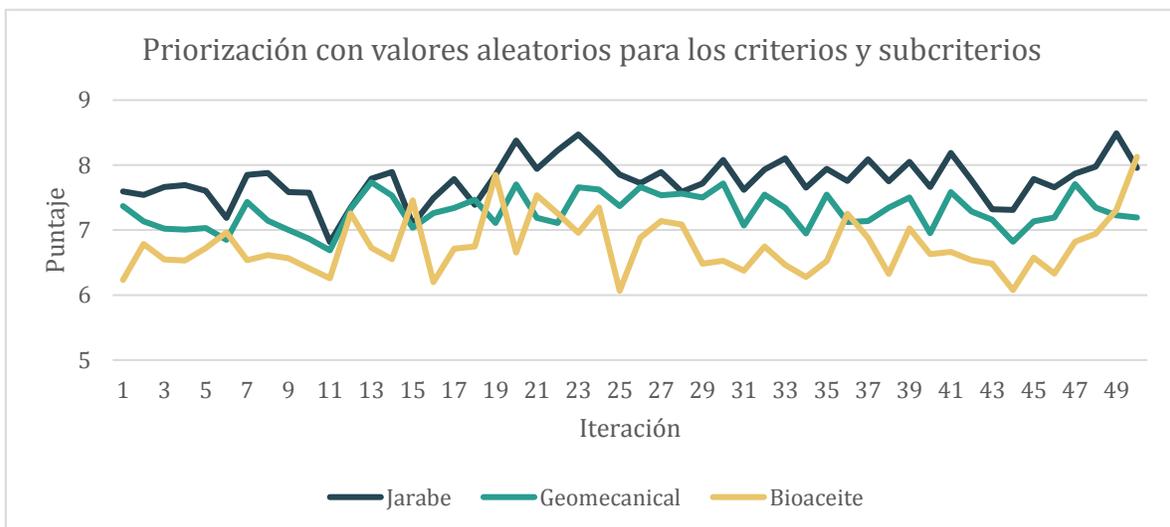


Gráfico 8. Priorización con valores aleatorios para los criterios y subcriterios.

Por otra parte, al sumar los puntajes recibidos por cada una de las tecnologías en todos los criterios, se obtiene un valor que se relaciona proporcionalmente con el valor del puntaje final luego de aplicar la metodología, como se muestra en la Tabla 60.

Tabla 60. Suma de los puntajes vs Puntaje según AHP

	Suma del puntaje de todos los subcriterios	Puntaje según metodología	Proporción
Geomecánica	240,91	7,40	32,5
Bioaceite	205,81	6,25	32,9
Jarabe	263,68	7,87	33,5

Para validar que la metodología fuera efectiva, y que el cálculo del puntaje final no fuera equivalente a una simple división del puntaje total por 33, se calculó el puntaje final según la metodología para 3 simulaciones en las que la suma de los puntajes no normalizados de cada criterio para cada una de las tecnologías fue siempre 215, variando el total de criterio. Los cálculos se pueden detallar en el Anexo 5. El resultado se muestra en la Tabla 61.

Tabla 61. Resultado de simulaciones con sumatoria de puntajes no normalizados igual a 215

	Simulación 1	Simulación 2	Simulación 3
Geomecánica	7,22	6,73	6,12
Bioaceite	5,96	7,01	6,18
Jarabes	6,46	6,15	7,14

Se aprecia que en las 3 simulaciones el orden de la priorización fue diferente en cada caso, con lo que se puede afirmar que la metodología fue construida de forma robusta y los pesos resultado de las comparaciones pareadas sí son significativos en el resultado final.

Finalmente, se asignaron pesos extremos para los criterios, incrementando uno a la vez mientras que se disminuía el peso del resto de criterios. Con el 49% del peso total

asignado al criterio “Tecnología” y un 10,4% asignado al resto de criterios, la tecnología Jarabes obtiene un puntaje de 8,07, Geomecánica de 7,54 y Bioaceite de 6,36, conservando así el orden de la priorización original; lo mismo sucede al asignar 49% de peso a los otros 5 criterios de primer nivel. Con 50%, se empieza a alterar la priorización inicial para el criterio “Inventor” y a partir del 80% la priorización sólo se altera para criterios: “Inventor”, “Propiedad Intelectual” y “Desarrollo sostenible”, incluso cuando se asigna un peso de 98%. Todas las iteraciones se muestran en la Tabla 62.

Tabla 62. Asignación de pesos extremos a los criterios

49% de peso asignado al criterio	Jarabe	Geomecánica	Bioaceite
Tecnología	8,07	7,54	6,36
Inventor	8,14	7,14	7,11
Mercado	8,29	7,58	6,20
PI	8,35	8,30	6,32
Desarrollo	7,02	6,81	6,06
Institucional	6,55	6,26	5,64
50% de peso asignado al criterio	Jarabe	Geomecánica	Bioaceite
Tecnología	8,09	7,55	6,37
Inventor	8,17	7,13	7,17
Mercado	8,32	7,60	6,19
PI	8,39	8,36	6,32
Desarrollo	6,98	6,78	6,05
Institucional	6,47	6,19	5,60
70% de peso asignado al criterio	Jarabe	Geomecánica	Bioaceite
Tecnología	8,30	7,72	6,42
Inventor	8,43	7,05	7,70
Mercado	8,68	7,80	6,13
PI	8,78	9,02	6,34
Desarrollo	6,52	6,48	5,91
Institucional	5,72	5,55	5,19

80% de peso asignado al criterio	Jarabe	Geomecánica	Bioaceite
Tecnología	8,40	7,81	6,44
Inventor	8,56	7,01	7,96
Mercado	8,85	7,90	6,11
PI	8,98	9,34	6,35
Desarrollo	6,29	6,34	5,84
Institucional	5,34	5,23	4,99
90% de peso asignado al criterio	Jarabe	Geomecánica	Bioaceite
Tecnología	8,51	7,89	6,47
Inventor	8,69	6,96	8,23
Mercado	9,03	8,00	6,08
PI	9,17	9,67	6,36
Desarrollo	6,06	6,19	5,76
Institucional	4,96	4,90	4,79
98% de peso asignado al criterio	Jarabe	Geomecánica	Bioaceite
Tecnología	8,59	7,96	6,49
Inventor	8,80	6,93	8,44
Mercado	9,17	8,08	6,06
PI	9,33	9,93	6,37
Desarrollo	5,88	6,07	5,71
Institucional	4,66	4,65	4,62

De esto se infiere que la tecnología Geomecánica es más fuerte que las demás para los criterios Propiedad Intelectual y Desarrollo, y más fuerte que Bioaceite en el criterio Inventor, a la vez que Jarabe es más fuerte que Bioaceite para Propiedad intelectual y Desarrollo. Pero cuando se aplican los pesos arrojados por el Proceso Analítico Jerárquico, estas ventajas de Geomecánica y de Jarabe pierden terreno frente a las fortalezas de Bioaceite en el conjunto de los criterios.

4.7. Análisis y Conclusiones

En la determinación de los pesos de los criterios y subcriterios mediante las comparaciones pareadas se encontraron diferencias significativas entre las opiniones de los diferentes expertos. Paradójicamente, los expertos en propiedad intelectual no les dieron tanta importancia a los criterios relacionados a la propiedad intelectual como el personal administrativo de las universidades o los docentes, quienes manifestaron haberse encontrado con inconvenientes de este tipo en sus experiencias con la transferencia; mientras que los expertos en propiedad intelectual son optimistas frente a los inconvenientes más comunes, de acuerdo con su experiencia. Estas diferencias en las aproximaciones desde distintos ángulos del mismo problema fueron notables en las evaluaciones de los demás criterios de la jerarquía, por ejemplo, los expertos del ecosistema externo a la universidad le dieron mayor importancia al compromiso de los docentes que los mismos docentes. El sistema *AHP-Online System* da cuenta de estas diferencias en los juicios de los expertos mediante un índice de consenso, el cual para este ejercicio fue del 45%, que según sus propios indicadores es muy bajo.

Sin embargo, la mayoría de expertos estuvo de acuerdo con que el mercado es uno de los criterios más importantes, lo cual tiene sentido ya que esta es la meta a la que se quiere llegar, el propósito de la transferencia es llevar la tecnología al mercado.

Un resultado posiblemente contraintuitivo fue que el criterio Tecnología quedara en último lugar, pero se puede entender no como que sea de poca importancia, sino como que para transferir una tecnología se requiere en primer lugar que esta exista y sea ganadora, por lo que esto sería lo más básico; pero para su transferencia sería de mayor importancia que la tecnología apunte a un mercado con potencial, que contribuya al desarrollo socioeconómico sin perjuicios ambientales, que no tenga líos de propiedad intelectual y que haya un acompañamiento clave por parte de la institución, aun cuando

a la tecnología le haga falta ser probada en escalas industriales o no sea realmente una innovación disruptiva.

Con respecto a la priorización de las tecnologías seleccionadas, el puntaje de la tecnología “Bioaceite” se vio perjudicada mayormente por el criterio de la validación de mercado/plan de negocio, ya que el grupo de investigación nunca ha realizado estudios de mercado pues apuntan a que su tecnología sea adoptada por los grandes jugadores del mercado, la cual es una apuesta que puede resultar exitosa pues cuentan con relaciones directas, pero es castigada en la metodología desarrollada, pues se premia el esfuerzo de estudiar detalladamente el mercado y contemplar las mayores alternativas de entrada posibles. De la misma forma, el alto nivel de inversión requerido, la poca favorabilidad del entorno y lo indefinido de su propiedad intelectual disminuyeron las opciones de esta tecnología.

En comparación con la tecnología “Jarabe”, esta ha recurrido a diferentes entidades del ecosistema de innovación de la región en su búsqueda por transferir la tecnología, con lo cual han desarrollado capacidades para la transferencia y un mayor entendimiento de su tecnología y de su mercado objetivo. Conocen cuál sería la valoración, y tienen distintas rutas de acceso al mercado, al igual que les fue concedida la patente. Todo esto se vio reflejado en el puntaje recibido el cual les significó el primer lugar en la priorización.

5. Conclusiones y recomendaciones

En este estudio se propuso una metodología de priorización para estimar el potencial de transferencia de tres tecnologías originadas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, basado en el proceso analítico jerárquico (AHP). Se encontraron 32 factores en la literatura que facilitan que una tecnología tenga mayores posibilidades de ser transferida, los cuales están relacionados con: la tecnología, el inventor, el mercado, la propiedad intelectual, los impactos socioeconómicos y la institución. Para cada uno de estos 32 factores se desarrollaron preguntas específicas para poder determinar el desempeño de una tecnología determinada en cada uno de ellos.

Se encontró que de acuerdo a las opiniones de los expertos consultados los factores relacionados al Mercado son los más determinantes en la probabilidad de éxito en la transferencia de una tecnología (24,4%), seguidos de los relacionados al Desarrollo Socioeconómico y Ambiental (19,2%), la Propiedad Intelectual (17,9%), el Inventor (14,5%), la Institución (13%) y la Tecnología (11%).

Se analizaron tres tecnologías originadas en la Facultad de Minas utilizando la metodología desarrollada para determinar el orden de priorización entre ellas con miras a la transferencia. Se encontró que el Producción de jarabes a partir de residuos de almidón y celulosa fue la tecnología con mejor puntaje (7,87/10), seguido del Software para modelación geomecánica (7,4/10) y por último el Proceso para la obtención de bioaceite crudo (6,25/10).

El trabajo desarrollado en esta tesis corrobora la afirmación de Kirchberger y Pohl (2016) sobre la naturaleza compleja de la transferencia de tecnología. Los 9 expertos consultados para realizar las comparaciones pareadas del Proceso Analítico Jerárquico tuvieron opiniones disímiles con respecto a qué es lo más importante para transferir una tecnología, siendo el índice de consenso de 45%. Con la metodología descrita en

este trabajo se propone una solución para el problema descrito por Kirchberger y Pohl (2016) como la falta de consenso sobre cuáles son los factores más importantes que influyen sobre el éxito en la comercialización de tecnología, y las pocas metodologías existentes para estimar la probabilidad de éxito de una tecnología dada. En este trabajo no solo se logra integrar la opinión de un conjunto de expertos para ofrecer un consenso sobre los factores más importantes para la transferencia, sino que se propone también una metodología para estimar de entre un grupo determinado la tecnología con la mayor probabilidad de éxito, sirviéndose de información que está a la mano del personal científico y administrativo de las universidades, al igual que de una breve investigación de mercados y de un informe de vigilancia tecnológica. Esta metodología, aunque desarrollada para el caso Facultad de Minas, puede aplicarse casi sin modificaciones dentro del contexto de otras universidades, incluso privadas (recalculando el puntaje para el criterio Institución), y también puede replicarse en el contexto industrial para decidir entre tecnologías a ingresar al mercado, con algunas consideraciones adicionales como los costos y las capacidades de producción. También puede ser aprovechada por entidades que ofrecen convocatorias y programas de transferencia de tecnología, para elegir las alternativas a financiar.

Aunque en este trabajo se encontró el peso de cada uno de los criterios hallados como importantes para la transferencia de tecnologías, siendo unos más importantes que otros, es de considerar que el abordaje a la transferencia debe considerarlos a todos como importantes. El criterio con mayor puntaje (mercado) sólo superó al último criterio (tecnología) en 13,4%, una diferencia realmente poco significativa. Por lo que cualquier universidad que esté buscando activamente transferir sus desarrollos debe considerar fortalecer todos los frentes. Usualmente se asocia la transferencia de tecnología a la propiedad intelectual, asignando demasiada atención a las patentes, pero de acuerdo con lo encontrado en esta investigación se debe prestar atención también a las necesidades del mercado, a los incentivos ofrecidos al investigador líder,

a las capacidades internas para la gestión y a llevar la tecnología lo más cerca posible a un prototipo funcional.

De las respuestas a la encuesta sobre las capacidades de la Facultad de Minas para la transferencia se concluye que los respondientes estiman que aún hay muchas capacidades por desarrollar, empezando por fomentar una cultura de innovación entre estudiantes y profesores, el fortalecimiento del Centro de Desarrollo e Innovación en temas de transferencia, la disposición de recursos para la investigación de mercados y la vigilancia tecnológica, y la generación espacios para la incubación y puesta a punto de tecnologías. Todo esto debe partir de una política resuelta por parte la Facultad, con una meta clara y definida, y con recursos específicos destinados a brindar incentivos a los docentes investigadores y a estudiantes, y a ofrecer acompañamiento integral y decidido a aquellos interesados en que sus desarrollos no se queden plasmados solamente en una publicación o en servicios de consultoría, sino que también puedan ser semillas para estimular la economía y el desarrollo innovador del país. Así mismo, la Facultad de Minas puede fortalecer aún más sus vínculos con el sistema de innovación de Medellín y la nación, y aprovechar así al máximo las capacidades que se han construido con el aprendizaje de años.

En trabajos futuros se podrían explorar metodologías que logren un mayor consenso entre los expertos, facilitando la contraversión de opiniones en tiempo real y lograr así que los diferentes puntos de vista se puedan complementar para obtener finalmente consensos más fuertes u opiniones más contrastadas. Se podría validar esta metodología evaluando un grupo de tecnologías antes y después de ser transferidas para corroborar así su desempeño con casos reales de transferencias.

Se puede investigar también sobre cómo fortalecer las capacidades de una universidad en los criterios encontrados: fomentar investigaciones que apunten directamente a las necesidades de la industria y de la sociedad, incentivar a los investigadores a cruzar la

línea de la publicación hacia la transferencia, y crear las capacidades necesarias para la gestión de la tecnología.

6. Listado de anexos

- Anexo 1. Resultado de las comparaciones pareadas para los subcriterios.
- Anexo 2. Puntaje por preguntas y normalizado para la tecnología “Software para modelación geomecánica”.
- Anexo 3. Puntaje por preguntas y normalizado para la tecnología “Proceso para la obtención de bioaceite crudo”
- Anexo 4. Puntaje por preguntas y normalizado para la tecnología “Producción de jarabes a partir de residuos de almidón y celulosa”
- Anexo 5. Cálculos para el análisis de sensibilidad.

7. Bibliografia

- Agrawal, A. K., & Henderson, R. (2009). Reprinted Article Putting patents in context: Exploring knowledge transfer from MIT. *Advances in Strategic Management*, 26(July 2014), 13–37. [https://doi.org/10.1108/S0742-3322\(2009\)0000026033](https://doi.org/10.1108/S0742-3322(2009)0000026033)
- Altuntas, S., & Dereli, T. (2012). An evaluation index system for prediction of technology commercialization of investment projects. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 23(6), 327–343. <https://doi.org/10.3233/IFS-2012-0524>
- Ambos, T. C., Mäkelä, K., Birkinshaw, J., & D'Este, P. (2008). When does university research get commercialized? Creating ambidexterity in research institutions. *Journal of Management Studies*, 45(8), 1424–1447. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2008.00804.x>
- Angilella, S., Corrente, S., Greco, S., & Słowiński, R. (2016). Robust Ordinal Regression and Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis in multiple criteria hierarchy process for the Choquet integral preference model. *Omega (United Kingdom)*, 63, 154–169. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.10.010>
- Argyres, N. S., & Liebeskind, J. P. (1998). Privatizing the intellectual commons: Universities and the commercialization of biotechnology. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 35(4), 427–454. [https://doi.org/10.1016/s0167-2681\(98\)00049-3](https://doi.org/10.1016/s0167-2681(98)00049-3)
- Arts, S., & Veugelers, R. (2015). Technology familiarity, recombinant novelty, and breakthrough invention. *Industrial and Corporate Change*, 24(6), 1215–1246. <https://doi.org/10.1093/icc/dtu029>
- Baldini, N., Grimaldi, R., & Sobrero, M. (2007). To patent or not to patent? A survey of Italian inventors on motivations, incentives, and obstacles to university patenting.

Scientometrics, 70(2), 333–354. <https://doi.org/10.1007/s11192-007-0206-5>

Bell, E. R. J. (1993). Practitioners' forum: Some Current Issues in Technology Transfer and Academic–Industrial Relations: A Review. *Technology Analysis & Strategic Management*, 5(3), 307–322. <https://doi.org/10.1080/09537329308524138>

Bercovitz, J., Feldman, M., Feller, I., & Burton, R. (2001). Organizational structure as a Determinant of Academic Patent and Licensing Behavior: An exploratory study of Duke, Johns Hopkins, and Pennsylvania State Universities. *Journal of Technology Transfer*, 26(1–2), 21–35. <https://doi.org/10.1023/A:1007828026904>

Bradley, S. R. (2013). Models and Methods of University Technology Transfer. *Foundations and Trends® in Entrepreneurship*, 9(6), 571–650. <https://doi.org/10.1561/03000000048>

Bremer, H. W. (1999). *University Technology Transfer Evolution and Revolution*.

Bush, V. (1945). *Science the Endless Frontier*. <https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>

Bystrzanowska, M., & Tobiszewski, M. (2018). How can analysts use multicriteria decision analysis? *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 105, 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.05.003>

Caerteling, J. S., Halman, J. I. M., & Dorée, A. G. (2008). Technology commercialization in road infrastructure: How government affects the variation and appropriability of technology. *Journal of Product Innovation Management*, 25(2), 143–161. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2008.00289.x>

Carlsson, B., & Fridh, A. C. (2002). Technology transfer in United States universities. *Journal of Evolutionary Economics*, 12(1–2), 199–232. <https://doi.org/10.1007/s00191-002-0105-0>

- Cartalos, O., Rozakis, S., & Tsiouki, D. (2018). A method to assess and support exploitation projects of university researchers. *Journal of Technology Transfer*, 43(4), 986–1006. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9519-y>
- Cavalheiro, G. M. C., Toda, F., & Brandao, M. (2019). A patent portfolio assessment of a Brazilian research university: The case of Universidade Federal Fluminense. *Journal of High Technology Management Research*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2019.01.001>
- Chen, C. J., Chang, C. C., & Hung, S. W. (2011). Influences of Technological Attributes and Environmental Factors on Technology Commercialization. *Journal of Business Ethics*, 104(4), 525–535. <https://doi.org/10.1007/s10551-011-0926-6>
- Cho, J., & Lee, J. (2013). Development of a new technology product evaluation model for assessing commercialization opportunities using Delphi method and fuzzy AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 40(13), 5314–5330. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.03.038>
- Colciencias, Corporación Ruta N Medellín, & Corporación Tecnova UEE. (2016). *Hacia una Hoja de Ruta Spin-off. Un Camino para la creación de Spin-off universitarias en Colombia* (Vallejo Editores (ed.); 1st ed., Vol. 1).
- Corporación Tecnova. (2016). *Matriz de Evaluación y Priorización de Proyectos*. <https://www.spinoffcolombia.org/hojaderuta/>
- Das, T. K., & Teng, B. S. (1999). Managing risks in strategic alliances. *Academy of Management Executive*, 13(4), 50–62. <https://doi.org/10.5465/ame.1999.2570554>
- Dhewanto, W., & Sohal, A. S. (2015). The relationship between organisational orientation and research and development/technology commercialisation

performance. *R and D Management*, 45(4), 339–360.
<https://doi.org/10.1111/radm.12073>

Di Gregorio, D., & Scott, S. (2003). Why do some universities generate more start-ups than others? *Research Policy*, 32(2), 209–227.

Drake, P. R. (1998). Using the analytic hierarchy process in engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 14(3), 191–196.

Elfenbein, D. W. (2007). Publications, patents, and the market for university inventions. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 63(4), 688–715.
<https://doi.org/10.1016/j.jebo.2006.05.010>

Fayolle, A., & Redford, D. (2014). Handbook on the Entrepreneurial University. In *Handbook on the Entrepreneurial University*. Edward Elgar Publishing.
<https://doi.org/10.4337/9781781007020>

Feldman, M., Feller, I., Bercovitz, J., & Burton, R. (2002). Equity and the technology transfer strategies of American research universities. *Management Science*, 48(1), 105–121. <https://doi.org/10.1287/mnsc.48.1.105.14276>

Fleming, L. (2001). Recombinant uncertainty in technological search. *Management Science*, 47(1), 117–132. <https://doi.org/10.1287/mnsc.47.1.117.10671>

Friedman, J., & Silberman, J. (2003). University Technology Transfer: Do Incentives, Management, and Location Matter? *The Journal of Technology Transfer*, 28(1), 17–30. <https://doi.org/10.1023/A:1021674618658>

Fulop, L., & Couchman, P. K. (2006). Facing up to the risks in commercially focused university–industry R&D partnerships. *Higher Education Research & Development*, 25(2), 163–177. <https://doi.org/10.1080/07294360600610396>

- Global Reporting Initiative. (2016). *Global Reporting Initiative*.
<https://www.globalreporting.org/>
- Goepel, K. D. (2018). Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 10(3). <https://doi.org/10.13033/ijahp.v10i3.590>
- Goldfarb, B., & Henrekson, M. (2003). Bottom-up versus top-down policies towards the commercialization of university intellectual property. *Research Policy*, 32(4), 639–658. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00034-3](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00034-3)
- Greco, S., Mousseau, V., & Słowiński, R. (2008). Ordinal regression revisited: Multiple criteria ranking using a set of additive value functions. *European Journal of Operational Research*, 191(2), 416–436. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.08.013>
- Hashemkhani Zolfani, S., Salimi, J., Maknoon, R., & Simona, K. (2015). Technology foresight about R&D projects selection; application of SWARA method at the policy making level. *Engineering Economics*, 26(5), 571–580. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.26.5.9571>
- Henderson, R., Jaffe, A., & Trajtenberg, M. (1995). Universities as a Source of Commercial Technology: A Detailed Analysis of University Patenting 1965-1988. In *National Bureau of Economic Research* (Vol. 19, Issue 3). <https://doi.org/10.3386/w5068>
- Hongoh, V., Hoen, A. G., Aenishaenslin, C., Waaub, J. P., Bélanger, D., & Michel, P. (2011). Spatially explicit multi-criteria decision analysis for managing vector-borne diseases. *International Journal of Health Geographics*, 10, 1–9. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-10-70>

- Ibáñez de Aldecoa Quintana, J. M. (2014). Niveles de madurez tecnológica Technology readiness levels: TRLS : una introducción. *Economía Industrial*, 393, 165–171. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/379422>
- Jaffe, B. A. B., Trajtenberg, M., & Fogarty, M. S. (2000). Knowledge Spillovers and Patent Citations: Evidence from a Survey of Inventors. *The American Economic Review*, 90(2), 215–218.
- Jim Banke. (2010). *NASA - Technology Readiness Levels Demystified*. 20/08/10. https://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl_demystified.html
- Jolly, V. K. (1997). *Commercializing New Technologies : Getting from Mind to Market*. Harvard Business School Press.
- Kang, J., Gwon, S. hoon, Kim, S., & Cho, K. (2013). Determinants of successful technology commercialization: Implication for Korean Government-sponsored SMEs. *Asian Journal of Technology Innovation*, 21(1), 72–85. <https://doi.org/10.1080/19761597.2013.810947>
- Kim, J., Anderson, T., & Daim, T. (2009). ASSESSING UNIVERSITY TECHNOLOGY TRANSFER: A MEASURE OF EFFICIENCY PATTERNS. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 05(04), 495–526. <https://doi.org/10.1142/s0219877008001497>
- Kim, S. K., Lee, B. G., Park, B. S., & Oh, K. S. (2011). The effect of R&D, technology commercialization capabilities and innovation performance. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(4), 563–578. <https://doi.org/10.3846/20294913.2011.603481>
- Kim, W. K., & Oh, K. J. (2010). Using factor analysis to develop verification process of IT emerging technologies. *4th International Conference on New Trends in Information*

Science and Service Science, 696–702. <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.eafit.edu.co/document/5488527>

Kim, Y.-C., Rhee, M., & Kotha, R. (2019). Many hands: The effect of the prior inventor-intermediaries relationship on academic licensing. *Research Policy*, 48(3), 813–829. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.11.007>

Kirchberger, M. A., & Pohl, L. (2016). Technology commercialization: a literature review of success factors and antecedents across different contexts. *Journal of Technology Transfer*, 41(5), 1077–1112. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9486-3>

Kollmer, H., & Dowling, M. (2004). Licensing as a commercialisation strategy for new technology-based firms. *Research Policy*, 33(8), 1141–1151. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2004.04.005>

Lee, Y., & Gaertner, R. (1994). Technology Transfer from University to Industry: A Large-Scale Experiment with Technology Development and Commercialization. *Policy Studies Journal*, 22(2), 384–399. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.1994.tb01476.x>

Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1998). The Triple Helix as a model for innovation studies. *Science and Public Policy*, 25(3), 195–203. <https://doi.org/10.1093/spp/25.3.195>

Liebeskind, J. P., & Oliver, A. L. (1998). From handshake to contract: Intellectual property, trust, and the social structure of academic research. In C. Lane & R. Bachmann (Eds.), *Trust within and between organizations* (p. 118). Oxford University Press.

Lockett, A., & Wright, M. (2005). Resources, capabilities, risk capital and the creation of university spin-out companies. *Research Policy*, 34(7), 1043–1057.

<https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.05.006>

Løken, E. (2007). Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1584–1595.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.11.005>

Macho-Stadler, I., Pérez-Castrillo, D., & Veugelers, R. (2007). Licensing of university inventions: The role of a technology transfer office. *International Journal of Industrial Organization*, 25(3), 483–510.
<https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2006.06.001>

Markham, S. K., Ward, S. J., Aiman-Smith, L., & Kingon, A. I. (2010). The Valley of Death as Context for Role Theory in Product Innovation. *Journal of Product Innovation Management*, 27(3), 402–417. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2010.00724.x>

Markman, G. D., Gianiodis, P. T., Phan, P. H., & Balkin, D. B. (2004). Entrepreneurship from the Ivory Tower, Do incentives Matter. *Journal of Technology Transfer*, 29, 353–364.

Miller, A. S. (2007). The Global Environment Facility program to commercialize new energy technologies. *Energy for Sustainable Development*, 11(1), 5–12.
[https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60559-1](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60559-1)

Mitchell, W., & Singh, K. (1996). Survival of Businesses Using Collaborative Relationships to Commercialize Complex Goods. *Strategic Management Journal*, 17(3), 169–195. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199603\)17:3<169::AID-SMJ801>3.0.CO;2-%23](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199603)17:3<169::AID-SMJ801>3.0.CO;2-%23)

Mohannak, K., & Samtani, L. (2014). A Criteria-based Approach for Evaluating Innovation Commercialisation A Criteria-based Approach for Evaluating

Innovation Commercialisation. *DRUID Society Conference 2014*.

Mowery, D. C. (2011). Learning from one another? International policy “emulation” and university-industry technology transfer. *Industrial and Corporate Change*, 20(6), 1827–1853. <https://doi.org/10.1093/icc/dtr063>

Nerkar, A., & Shane, S. (2007). Determinants of invention commercialization: An empirical examination of academically sourced inventions. *Strategic Management Journal*, 28(11), 1155–1166. <https://doi.org/10.1002/smj.643>

Noh, H., Siepel, J., Kim, Y. E., Seo, J., Son, J. K., & Lee, S. (2018). What factors of early-stage innovative projects are likely to drive projects' success? A longitudinal analysis of Korean entrepreneurial firms. *R and D Management*, 48(5), 627–640. <https://doi.org/10.1111/radm.12337>

OECD. (2007). Competition and barriers to entry. *OECD Observer*, January, 1–6. <http://www.oecd.org/competition/mergers/37921908.pdf>

Olaya, E. S., Berbegal-Mirabent, J., & Duarte, O. G. (2014). Desempeño de las oficinas de transferencia universitarias como intermediarias para la potencialización del mercado de conocimiento. *Intangible Capital*, 10(1), 155–188. <https://doi.org/10.3926/ic.497>

ONU. (1948). *Declaración Universal de Derechos Humanos*. <https://www.un.org/es/universal-declaration-human-rights/#:~:text=La Declaración Universal de los,historia de los derechos humanos.&text=La Declaración establece%2C por primera,a más de 500 idiomas>.

Organización de las Naciones Unidas. (1987). “Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común. *96a Sesión Plenaria*, 17.

- Owen-Smith, J., & Powell, W. W. (2001). To Patent or Not: Faculty Decisions and Institutional Success at Technology Transfer. *The Journal of Technology Transfer*, 26(1-2), 99-114. <https://doi.org/10.1023/A:1007892413701>
- Perez, C., & Soete, L. (1988). Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity. In G. Dosi (Ed.), *Technical change and economic theory* (pp. 458-479). Pinter Publishers. http://carlotaperez.org/downloads/pubs/Perez-SoeteTCh&EcTh_1988_on_catching_up1.pdf
- Petersen, K. J., Handfield, R. B., & Ragatz, G. L. (2003). A model of supplier integration into new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 20(4), 284-299. <https://doi.org/10.1111/1540-5885.00028>
- Pries, F., & Guild, P. (2011). Commercializing inventions resulting from university research: Analyzing the impact of technology characteristics on subsequent business models. *Technovation*, 31(4), 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2010.05.002>
- Rahal, A. D., & Rabelo, L. C. (2006). Assessment framework for the evaluation and prioritization of university inventions for licensing and commercialization. *EMJ - Engineering Management Journal*, 18(4), 28-36. <https://doi.org/10.1080/10429247.2006.11431711>
- Reisman, A. (2005). Transfer of technologies: A cross-disciplinary taxonomy. *Omega*, 33(3), 189-202. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2004.04.004>
- Robledo, J. (2019). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación Empresarial* (Editorial Universidad Nacional (ed.)).
- Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations* (3rd ed.). The Free Press.
- Rossi, F. (2014). *The efficiency of universities' knowledge transfer activities: A multi-*

output approach beyond patenting and licensing (No. 16; CIMR Research Working Paper Series, Issue 16).

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

Salo, A., Gustafsson, T., & Ramanathan, R. (2003). Multicriteria methods for technology foresight. *Journal of Forecasting*, 22(2), 235-255. <https://doi.org/10.1002/for.850>

Sánchez, P. P. I., Maldonado, C. J., & Velasco, A. P. (2012). Caracterización de las Spin-Off universitarias como mecanismo de transferencia de tecnología a través de un análisis clúster. *Revista Europea de Direccion y Economia de La Empresa*, 21(3), 240-254. <https://doi.org/10.1016/j.redee.2012.05.004>

Secundo, G., De Beer, C., & Passiante, G. (2016). Measuring university technology transfer efficiency: a maturity level approach. *Measuring Business Excellence*, 20(3), 42-54. <https://doi.org/10.1108/MBE-03-2016-0018>

Siegel, D. S., Veugelers, R., & Wright, M. (2007). Technology transfer offices and commercialization of university intellectual property: performance and policy implications. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 640-660. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grm036>

Siegel, D. S., Waldman, D. A., Atwater, L. E., & Link, A. N. (2004). Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: Qualitative evidence from the commercialization of university technologies.

Journal of Engineering and Technology Management - JET-M, 21(1-2), 115-142.
<https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2003.12.006>

Siegel, D. S., Waldman, D., & Link, A. (2003). Assessing the impact of organizational practices on the relative productivity of university technology transfer offices: An exploratory study. *Research Policy*, 32(1), 27-48. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00196-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00196-2)

Siegel, D. S., Wright, M., & Lockett, A. (2007). The rise of entrepreneurial activity at universities: Organizational and societal implication. *Industrial and Corporate Change*, 16(4), 489-504. <https://doi.org/10.1093/icc/dtm015>

Silva, M. do C., Gomes, C. F. S., & Costa Junior, C. L. Da. (2019). A HYBRID MULTICRITERIA METHODOLOGY TOPSIS-MACBETH-2N APPLIED IN THE ORDERING OF TECHNOLOGY TRANSFER OFFICES. *Pesquisa Operacional*, 38(3), 413-439. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2018.038.03.0413>

Sine, W. D., Shane, S., & Di Gregorio, D. (2003). The Halo effect and technology licensing: The influence of institutional prestige on the licensing of university inventions. *Management Science*, 49(4), 478-496. <https://doi.org/10.1287/mnsc.49.4.478.14416>

Thursby, J. G., & Kemp, S. (2002). Growth and productive efficiency of university intellectual property licensing. *Research Policy*, 31(1), 109-124. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(00\)00160-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(00)00160-8)

Thursby, J. G., & Thursby, M. C. (2001). Industry Perspectives on Licensing University Technologies: Sources and Problems. *Industry and Higher Education*, 15(4), 289-294. <https://doi.org/10.5367/0000000011101295786>

Thursby, J. G., & Thursby, M. C. (2003). Industry/university licensing: Characteristics,

- concerns and issues from the perspective of the buyer. *Journal of Technology Transfer*, 28(3–4), 207–213. <https://doi.org/10.1023/A:1024928407931>
- Thursby, J. G., & Thursby, M. C. (2007). University licensing. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 620–639. <https://doi.org/10.1093/ich/grm031>
- Trajtenberg, M. (1990). A Penny for Your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations. *RAND Journal of Economics*, 21(1), 172–187. <https://www.jstor.org/stable/2555502>
- Trajtenberg, M., Henderson, R., & Jaffe, A. (1997). University versus corporate patents: A window on the basicness of invention. In *Economics of Innovation and New Technology* (Vol. 5, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/10438599700000006>
- Universidad Nacional de Colombia. (2015). *PROCEDIMIENTO: GESTIÓN DE EXTENSIÓN SOLIDARIA*.
- Wu, Y., Welch, E. W., & Huang, W. L. (2015). Commercialization of university inventions: Individual and institutional factors affecting licensing of university patents. *Technovation*, 36, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.09.004>
- Zirger, B. J., & Maidique, M. A. (1990). A Model of New Product Development: An Empirical Test. *Management Science*, 36(7), 867–883. <https://doi.org/10.1287/mnsc.36.7.867>