

Caracterización de los resultados económicos, sociales y ambientales de las alianzas universidad-empresa en el sector de petróleo y gas.

Isabella Carreño Mancilla y Daniel Camilo García Castillo

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Directora:  
Piedad Arenas Díaz  
Magíster en Política y Gestión de la Ciencia y la tecnología

Codirectora:  
Adriana Carolina Escalante García  
Diseñadora Industrial

Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas  
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales  
Bucaramanga  
2021

### **Dedicatoria**

Este proyecto de grado se lo dedico en primer lugar a Dios por ser la fuente de sabiduría,  
paciencia, amor y fortaleza.

A mis papás Nicolás y Martha Viviana, por ser el pilar de mi vida y mi inspiración, por su amor incondicional y confianza en mí, su valentía y entrega, y por ser las personas que me demostraron el valor de la dedicación y el compromiso. Todo lo que soy hoy es por y para ustedes.

A mi nonita Fanny, por su amor más incondicional y por enseñarme a ser fuerte y ante cualquier circunstancia ver lo mejor de las situaciones. Gracias por querer y consentir a mis amigos como nietos propios, sé que todos la llevamos en el corazón.

A mis hermanos Laura y Nicolás, por ser mis compañeros de vida, por la paciencia y por estar siempre ahí cuando más los necesito. Son el mejor regalo que mis papás me han dado.

A Sara por ser mi apoyo todos los días y ser la persona más incondicional que he conocido.  
Gracias por enseñarme lo que es la lealtad.

A mi equipo de baloncesto UIS, por cada sueño compartido y la ilusión de cumplirlo.

A todos y cada una de las personas que aportaron en mi formación profesional. Gracias porque sin su amor no habría sido posible.

***Isabella Carreño Mancilla***

### **Dedicatoria**

Este proyecto lo dedico a mi madre y mi padre; Amalia y Daniel, primordialmente, quienes han sido el apoyo fundamental para que desde un inicio este proceso de formación académica y personal se diera de la mejor manera desde que pise por primera vez el campus de la UIS. Por el esfuerzo que han realizado y la motivación que me han transmitido, gracias.

Lo dedico a mis abuelos, personas que siempre han estado ahí para salvaguardar nuestros días con su sabiduría y apoyo sin medidas.

Lo dedico a mis amigos que de una u otra manera con sus palabras, consejos y apoyo fueron un soporte en el transcurso de la ejecución de este proyecto.

Finalmente, a la persona que me ha acompañado en la mayor parte de este proceso y ha soportado lo que son días y noches de esfuerzo. JS

*Daniel Camilo García Castillo*

### **Agradecimientos**

A Dios por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia para culminar con éxito mi carrera profesional.

A mi familia, por su amor y apoyo incondicional, este logro es suyo.

A Daniel, Naid, Carol y Tito Andrés, por brindarme su apoyo y compañía durante todo este ciclo, son de los mejores amigos y colegas que me dejó la universidad.

A la escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la Universidad Industrial de Santander, por la formación integral, el apoyo y las experiencias brindadas.

Al grupo de investigación INNOTECH, especialmente a la profesora Piedad Arenas y a Adriana Escalante, por la dedicación, orientación y apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Gracias por la confianza ofrecida.

***Isabella Carreño Mancilla***

### **Agradecimientos**

En primer lugar agradecer a Dios por la oportunidad de formarme en una institución de tan alto prestigio y cerca de mi familia.

A mis padres y aquellos familiares que estuvieron para hacer de este camino más llevadero y de valiosos aprendizajes.

A los amigos que compartieron conmigo los buenos y malos momentos que la universidad nos brindó, aunque la pandemia nos arrebató tiempo juntos, valoro cada espacio que compartí con ustedes.

A Isabella, porque este proyecto me permitió reafirmar la maravillosa persona, amiga y profesional que es, te admiro por siempre.

A la profesora y nuestra directora de proyecto Piedad Arenas y a nuestra codirectora Adriana Escalante por el apoyo, orientación y maravilloso trabajo en conjunto que nos permitió lograr este objetivo.

A cada profesor y catedrático de la UIS, cada uno fue pieza fundamental para el logro final de mi pregrado.

***Daniel Camilo García Castillo***

## Tabla de contenido

<b><i>Introducción</i></b> _____	<b>17</b>
<b><i>1. Generalidades del proyecto</i></b> _____	<b>19</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema</b> _____	<b>19</b>
<b>1.2. Objetivos</b> _____	<b>22</b>
<i>1.2.1. Objetivo general</i> _____	22
<i>1.2.2. Objetivos Específicos</i> _____	22
<i>1.2.3. Cumplimiento de los objetivos</i> _____	22
<b><i>2. Revisión de la literatura.</i></b> _____	<b>23</b>
<b>2.1. Revisión preliminar de la literatura:</b> _____	<b>25</b>
<i>2.1.1. Revisión de la literatura gris, identificación del enfoque investigativo y formulación de la estrategia de búsqueda.</i> _____	25
<i>2.1.2. Selección de bases de datos y fuentes de información.</i> _____	27
<i>2.1.3. Prototipado y formulación de ecuación de búsqueda.</i> _____	28
<i>2.1.4. Definición de criterios de inclusión y exclusión para realizar la revisión preliminar de la literatura.</i> _____	29
<i>2.1.5. Análisis de títulos, palabras claves y resúmenes para la selección de los documentos que cumplen con el criterio de calidad y la exclusión de los que no.</i> _____	31
<b>2.2. Análisis bibliométrico.</b> _____	<b>31</b>
<i>2.2.1. Análisis de palabras clave.</i> _____	32
<i>2.2.2. Análisis de publicaciones por año.</i> _____	33

2.2.3. <i>Análisis de publicaciones por país.</i>	35
2.2.4. <i>Participación por universidades y por empresas</i>	38
2.2.5. <i>Adunas por autores</i>	38
<b>2.3. Análisis e identificación de tendencias.</b>	<b>39</b>
<b>2.4. Conclusiones del análisis</b>	<b>47</b>
<b>3. Marcos de referencia</b>	<b>49</b>
<b>3.1. Marco conceptual.</b>	<b>49</b>
3.1.1. <i>Alianzas e impactos de la actividad.</i>	49
3.1.2. <i>Revisión de literatura</i>	49
3.1.3. <i>Sistema regional de innovación (SRI)</i>	50
3.1.4. <i>Innovación abierta</i>	50
3.1.5. <i>Interacción universidad-empresa.</i>	51
3.1.7. <i>Caracterización</i>	51
3.1.8. <i>Impacto ambiental</i>	52
3.1.9. <i>Impacto social</i>	52
3.1.10. <i>Impacto económico</i>	53
<b>3.2. Marco de antecedentes.</b>	<b>53</b>
3.2.1. <i>Documento: Proyecto Conceptualización e Instrumentalización Del Modelo De Cooperación Para La Innovación Alianza Uis-Ecopetrol.</i>	53
3.2.2. <i>Documento: Alianza estratégica de investigación “bajo el mismo techo” entre la universidad industrial de santander y el instituto colombiano del petróleo- ecopetrol.</i>	54

3.2.3. Documento: Tipología de métodos para el análisis de actores en el contexto de spin-off universitarias.	54
3.2.4. Documento: Identificación de factores de éxito en la creación de empresas con base tecnológica, generadas a partir de la producción académica de grupos de investigación en Colombia.	55
3.2.5. Documento: Análisis del sistema Nacional y Regional de Innovación: España y la Rioja	55
<b>4. Desarrollo metodológico</b>	<b>56</b>
<b>4.1. Fase 1. Definición del problema y recolección de información</b>	<b>57</b>
<b>4.2. Fase 2. Análisis de tendencias y resultados obtenidos a partir de la revisión de literatura.</b>	<b>58</b>
<b>4.3. Fase 3. Categorizar los resultados reportados por las alianzas universidad y empresa en el sector petróleo y gas que impactan social, económica y ambientalmente.</b>	<b>58</b>
4.3.1. Descripción de las experiencias documentadas a estudiar.	58
4.3.2. Selección de la muestra a partir ranking de universidades y empresas a nivel mundial.	59
4.3.2.1. Distribución de países a nivel mundial en el ranking CWUR.	62
4.3.2.2. Distribución de los países a nivel mundial en el ranking empresas	64
4.3.3. Construcción del instrumento de recolección de información.	65
4.3.4. Procesamiento de información mediante la utilización de software de análisis de datos cualitativos.	66
<b>4.4. Fase 4. Elaboración de un artículo de carácter publicable de los resultados obtenidos de la investigación.</b>	<b>66</b>

<b>5. Resultados</b>	<b>67</b>
<b>5.1. Revisión de literatura</b>	<b>68</b>
<i>5.1.1. Tipo de documento.</i>	68
<i>5.1.2. Enfoque de los esfuerzos</i>	69
<i>5.1.3. Participación de la industria</i>	70
<i>5.1.4. Participación académica en modelos de trabajo colaborativos</i>	71
<b>5.2. Análisis de los objetivos de las alianzas</b>	<b>73</b>
<b>5.3. Distribución de los países con reservas de petróleo y producción de barriles</b>	<b>75</b>
<b>5.4. Análisis de participación por países</b>	<b>78</b>
<b>5.5. Aspectos importantes a tener en cuenta en los trabajos colaborativos universidad-empresa</b>	<b>81</b>
<b>5.6. Análisis de los resultados de las alianzas universidad-empresa</b>	<b>87</b>
<b>5.7. Análisis de impactos económicos, sociales y ambientales.</b>	<b>90</b>
<b>6. Propuesta de categorización</b>	<b>92</b>
<b>6.1. Gestión de riesgos</b>	<b>94</b>
<i>6.1.1. Gestión de la información.</i>	95
<i>6.1.2. Gestión de riesgos ambientales.</i>	95
<i>6.1.3. Gestión de riesgos sociales.</i>	96
<b>6.2. Maximización de beneficios económicos empresariales</b>	<b>96</b>
<b>6.3. Diagnóstico del sector para encontrar oportunidades de mejora.</b>	<b>97</b>

**6.4. Formación de capital humano.** \_\_\_\_\_ **97**

**6.5. Determinar factores de éxito para un marco de cooperación universidad-empresa exitoso.** \_\_\_\_\_ **98**

*6.5.1. Rol de cada institución en los trabajos colaborativos.* \_\_\_\_\_ 98

*6.5.2. Componentes esenciales a tener en cuenta para el desarrollo de una alianza.* \_\_\_\_\_ 99

**7. Conclusiones** \_\_\_\_\_ **99**

**8. Recomendaciones** \_\_\_\_\_ **101**

**Referencias bibliográficas** \_\_\_\_\_ **103**

**Lista de Figuras**

<i>Figura 1. Proceso llevado a cabo para la revisión de literatura.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. Nube de palabras, palabras claves.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3. Publicaciones por año.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 4. Matriz países vs Años de publicación. De 1990 a 2020.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 5. Porcentaje de participación países.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6. Adunas de participación por países.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 7. Adunas de participación por autores.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 8. Metodología de la investigación.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 9. Distribución geográfica de las mejores 1000 universidades según CWUR.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 10. Distribución geográfica de las mejores empresas según ranking FORTUNE.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 11. Tipo de documentos donde se encuentran documentados los resultados de las alianzas.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 12. Frecuencias de enfoques de los trabajos colaborativos revisados.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 13. Participación de las empresas en trabajos colaborativos.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 14. Participación de Universidades en trabajos colaborativos.....</i>	<i>72</i>

<i>Figura 15. Enfoques de las alianzas seleccionadas dentro de la muestra. ....</i>	73
<i>Figura 16. Nube de palabras de los objetivos de las alianzas seleccionadas. ....</i>	74
<i>Figura 17. Distribución geográfica de países con mayores reservas de petróleo. ....</i>	76
<i>Figura 18. Distribución geográfica países productores de petróleo. ....</i>	77
<i>Figura 19. Distribución geográfica de los trabajos colaborativos. ....</i>	79
<i>Figura 20. Modelo de trabajo colaborativo de 4 vías. ....</i>	86
<i>Figura 21. Nube de palabras de los resultados de las alianzas seleccionadas. ....</i>	88
<i>Figura 22. Nube de palabras de los impactos generados por los resultados de las alianzas. ....</i>	91
<i>Figura 23. Propuesta de categorización desarrollada en la investigación. ....</i>	93

**Lista de Tablas**

<i>Tabla 1. Cumplimiento de los objetivos.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 2. Palabras Claves.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3. Continuación tabla 2 .....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 4. Ecuación de búsqueda inicial.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 5. Criterios de inclusión y exclusión.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 6. Ecuación de búsqueda final.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 7. Criterios para selección de la muestra.....</i>	<i>62</i>

## **Lista de Apéndices**

### **Ver documentos adjuntos en el CD-ROM**

Apéndice A. Selección de artículos para la revisión sistemática de la literatura.

Apéndice B. Formato de recolección de información.

Apéndice C. Formato clasificación por rankings.

Apéndice D. Transcripción de entrevista Dr. Craig.

Apéndice E. Protocolo de la revisión.

Apéndice F. Artículo publicable.

Apéndice G. Revisión de la matrícula Isabella Carreño Mancilla.

Apéndice H. Revisión de la matrícula Daniel Camilo García.

## Resumen

**Título:** Caracterización de los resultados económicos, sociales y ambientales de las alianzas universidad-empresa en el sector de petróleo y gas. \*

**Autor:** Isabella Carreño Mancilla, Daniel Camilo García Castillo\*\*

**Palabras clave:** Caracterización, alianza universidad-empresa, crecimiento sostenible, petróleo y gas.

### Descripción:

El mundo exige cada vez más energía para su crecimiento de manera sostenible; para esto la industria del petróleo y gas ha tenido que renovar y reinventar sus procesos, dándole importancia a los ámbitos económicos, sociales y ambientales dentro de su operación. Así mismo, las relaciones universidad-empresa en el sector son claves para el desarrollo de investigaciones y tecnologías que permitan cumplir con la demanda de manera responsable con la comunidad, aportando al crecimiento económico de las regiones. En ese contexto, el objetivo de la investigación es brindar una herramienta útil para apoyar la toma de decisiones en los procesos de planeación y formulación de alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas a partir de los impactos generados por las mismas.

El presente documento comprende el desarrollo metodológico de la investigación desde su fase inicial de revisión de literatura, su posterior análisis y la propuesta final de categorización de los resultados reportados de las alianzas que impactan económica-social y ambientalmente. Entre los principales resultados obtenidos se encuentran un marco de análisis de componentes esenciales para el desarrollo de alianzas, así como oportunidades importantes para empresas y universidades que permitan el desarrollo de trabajos colaborativos que apoyen el crecimiento del sector en la región y el país.

Finalmente se presenta un artículo de carácter publicable donde se exponen los principales resultados de la investigación<sup>1</sup>.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Magíster en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología Piedad Arenas Díaz. Codirectora: Diseñadora Industrial, Ms(c). Adriana Carolina Escalante García\*

### Abstract

**Title:** Characterization of the economic, social and environmental results of university-industry partnerships in the oil and gas sector. \*

**Autor:** Isabella Carreño Mancilla, Daniel Camilo García Castillo\*\*

**Key words:** Characterization, university-industry partnership, sustainable growth, oil and gas.

### Description:

The world demands more and more energy for its growth in a sustainable way; for this the oil and gas industry has had to renew and reinvent its processes, giving importance to the economic, social and environmental areas within its operation. Likewise, university-business relations in the sector are key for the development of research and technologies that allow to meet the demand in a responsible way with the community, contributing to the economic growth of the regions. In this context, the objective of the research is to provide a useful tool to support decision making in the planning processes and formulation of university-business alliances in the oil and gas sector from the impacts generated by them.

This document includes the methodological development of the research from its initial phase of literature review, its subsequent analysis and the final proposal of categorization of the reported results of the alliances that have economic, social and environmental impacts. Among the main results obtained are a framework for the analysis of essential components for the development of alliances, as well as important opportunities for companies and universities to develop collaborative work that supports the growth of the sector in the region and the country.

Finally, a publishable article is presented where the main results of the research are presented<sup>1</sup>.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: Magíster en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología Piedad Arenas Díaz. Codirectora: Diseñadora Industrial, Ms(c). Adriana Carolina Escalante García

## Introducción

El mundo exige cada vez más energía para su crecimiento de manera sostenible, para esto la industria del petróleo y gas ha tenido que renovar sus procesos al darle importancia a los ámbitos económicos, sociales y ambientales dentro de su operación. Por lo que tiene el reto de actualizarse constantemente en tecnología e investigación para cumplir con la demanda de manera responsable con la comunidad.

Además, en Colombia, en el año 2019 la industria de extracción de petróleo y gas natural y actividades de apoyo para la actividad, representaron el 2,4% del PIB y en 2018 aportaron \$20 billones de pesos al país en impuestos y regalías (DANE, 2019). Por otro lado, el clúster más grande de la industria de petróleo y gas de Colombia se encuentra en Santander, donde se han aprovechado las exigencias de la sociedad por combustibles limpios para el desarrollo de nuevas tecnologías como el hidrotratamiento de los mismos, además se cuenta con la infraestructura para elaborar y exportar productos petroquímicos como el polietileno, el propileno, aromáticos, entre otros (Ecopetrol, 2014). En ese sentido teniendo en cuenta que a nivel nacional y regional, la industria de Petróleo y Gas tiene un rol relevante en la economía, los esfuerzos en gestión tecnológica como las alianzas entre actores clave son importantes para solventar los retos a los que se enfrenta el sector en este momento, lo que hace que la industria actualmente sea sostenible y se encuentre en constante crecimiento en las áreas de investigación, desarrollo e innovación para la exploración, transporte y refinación de hidrocarburos (Arenas et al., 2016).

Por esta razón, el futuro económico del departamento se ve cada vez más fortalecido por la refinación de hidrocarburos y su conversión por medio de la petroquímica, los cuales se podrán sumar a los propósitos del Plan Regional de Competitividad (Comisión Regional de Competitividad, 2018). Cabe resaltar que el PDD 2020-2023, apunta a reforzar la conexión entre los nodos urbanos y rurales de la región, con los mercados nacionales e internacionales, en el marco de una estrategia de desarrollo competitivo, incluyente y ambientalmente sostenible, de forma que se fomente la diversificación productiva en el sector de hidrocarburos. Por tal razón, desde Santander la relación estará enfocada en lograr un dinamismo de doble vía que permita llegar a ser un departamento tanto receptor como oferente de cooperación, cofinanciando iniciativas,

fortaleciendo alianzas y redes de aliados, buenas prácticas y transferencia de conocimiento, que a su vez inciden en el desarrollo socioeconómico de Santander y más específicamente en el sector (“PDD ‘SANTANDER PARA EL MUNDO’ 2020-2013,” 2020). Lo anterior requiere orientar esfuerzos hacia la promoción de centros de investigación, industrias creativas, programas de habilidades gerenciales e innovación para el desarrollo del sector y el fortalecimiento de la academia.

En ese contexto la relación Universidad-Empresa es fundamental en la institucionalidad del sistema. El análisis de estas experiencias de cooperación exitosas en el ámbito internacional enfatiza que la contribución de la educación superior al desarrollo no está únicamente dada por la cantidad de estudiantes, o por la calidad de instrucción recibida sino, en gran medida por la efectividad con que este aprendizaje se ha vinculado a los procesos productivos en las empresas. Para esto, los agentes académicos y productivos han comprendido la importancia de la innovación y han generado diferentes estrategias para impulsarla. Así, a lo largo de la literatura de gestión de la tecnología se ha resaltado la importancia de la cooperación para la adquisición de conocimiento y tecnología.

La presente investigación establece una propuesta de caracterización de los resultados reportados de las alianzas universidad-empresa en el sector de petróleo y gas que impactan económica, social y ambientalmente, como herramienta que apoye los procesos formulación, planeación y toma de decisiones frente a futuras alianzas universidad-empresa a nivel global.

El presente documento se desarrolla de la siguiente manera: En el capítulo 1 se muestran las generalidades del proyecto, a continuación en el capítulo 2 se expone la revisión de literatura incluyendo análisis bibliométrico y análisis de los documentos seleccionados; posteriormente en el capítulo 3 se describen los marcos de referencia en el cual se definen los conceptos que contempla la investigación; seguido a esto en el capítulo 4 se contempla el desarrollo metodológico realizado en cada una de las fases; en el capítulo 5 se muestran los resultados obtenidos entre los cuales se encuentra el artículo publicable como cumplimiento a los objetivo específicos del proyecto; en el capítulo 6 se presenta la propuesta de categorización de los resultados de las

alianzas universidad empresa en el sector petróleo y gas, y finalmente los capítulos 7 y 8, el conjunto de conclusiones y recomendaciones de la investigación.

## **1. Generalidades del proyecto**

### **1.1. Planteamiento del problema**

Con fundamento en la definición de un Sistema Regional de Innovación dada por Cooke, Roper, & Wylie (2003), como un entramado constituido por sistemas de generación y explotación de conocimiento, los cuales interactúan y se encuentran vinculados a otros subsistemas regionales, nacionales y globales, el Sistema Regional CTel de Santander realiza un análisis de las relaciones entre los subsistemas y los actores del mismo, permitiendo así identificar relaciones fuertes y reales que definen su dinámica (Arenas et al., 2013).

A su vez, satisfacer la creciente demanda de energía del mundo, la industria del petróleo y el gas ha empujado la exploración de hidrocarburos a entornos más exigentes como las aguas profundas. Estos entornos presentan nuevos retos para el funcionamiento y mantenimiento dentro de la cadena de producción en la industria del petróleo y el gas. (Kalia et al., 2017). Estas y otras crean una necesidad de alianzas estratégicas y el estudio de estas, que permitan la articulación entre la Universidad-Empresa-Estado y su interacción definida en la tesis de la Triple hélice de Etzkowitz (Etzkowitz, 2003), la cual postula que esta vinculación es la clave para mejorar las condiciones de innovación, presentando una herramienta de apoyo en los procesos de planeación y de la toma de decisiones en una sociedad basada en el conocimiento.

El desarrollo y el despliegue de tecnologías avanzadas requieren una combinación de conocimientos de ciencia de la información y conocimientos de dominio en operaciones de campos petroleros. Formar y gestionar con éxito una alianza estratégica entre la universidad y la industria puede ser una solución eficaz para formar un centro de desarrollo de tecnología crítica, y también educar a los ingenieros de los campos petrolíferos digitales para acelerar el despliegue. (Ershaghi

et al., 2016). En ese sentido, la articulación universidad-empresa favorece la generación de avances significativos en investigaciones favorables que posteriormente puedan ser introducidas a la cadena de producción del sector, fortaleciendo así los centros de investigación y promoviendo la creación de empresas de base tecnológica. (Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación. PEDCTI Santander 2020, 2013).

En este contexto, el país y el departamento de Santander han diseñado políticas y estrategias que propenden promover la relación universidad-empresa, a fin de obtener mejores resultados, alineándose con los desafíos actuales de la región, país y del mundo, puntualmente en la industria del gas y petróleo que ha experimentado transformaciones soportadas en los avances de la tecnología e investigación y donde su economía ha aprovechado el desempeño destacado que este presenta en investigación, desarrollo e innovación.

Cabe resaltar que en Santander se encuentra la Universidad Industrial de Santander (UIS), y el Centro de Tecnología e Innovación de ECP-ICP. En ese sentido, en Colombia, principalmente en el departamento, Ecopetrol identificó a la UIS como la entidad educativa de mayor relevancia según los criterios de selección como socio tecnológico (Ecopetrol, 2015).

En el marco global, alianzas como la que mantiene la empresa National Oilwell Varco (NOV) y la Universidad de Texas en Austin (UT), en la cual están desarrollando tecnología aplicable en campo (Kennedy Platt, National Oilwell Varco, & Van Oort, 2018), brindará información relevante para la toma de decisiones y la planeación dentro de un marco de formulación de nuevas alianzas a desarrollar por instituciones interesadas o fortalecer alianzas ya existentes, a fin de garantizar beneficios institucionales que promuevan ventajas competitivas y permitan el desarrollo de la región.

Por esta razón nace la iniciativa de este proyecto en el que resulta importante ahondar en el análisis de los resultados reportados de las alianzas universidad-empresa en el sector de petróleo y gas desde la generalidad de los impactos generados que bajo la definición de la Guía de Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK) estos pueden ser sociales, económicos y ambientales susceptibles a perdurar mucho más que los propios proyectos (Project Management Institute, Inc, 2017); por otro lado, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) define la

variedad de impactos que puede tener una intervención: económicos, técnicos, socio-culturales y que a su vez impacta en las personas, las empresas y en la sociedad (Guía para la evaluación de impacto, OIT).

Adicionalmente, desde el marco europeo se define la European Innovation Scorecard en el cual se evalúa comparativamente el desarrollo y la innovación en la Unión Europea y en contraste a estos acuerdos entre la academia y la industria, se busca contemplar para la exploración de información aquellos que generen impactos en el recurso humano, vínculos y relaciones, recursos o bienes intelectuales, técnicos y socioculturales los cuales permitirán realizar un mejor acercamiento a las experiencias documentadas de interés con el fin de desarrollar el correcto análisis y caracterización de las mismas (UNU-MERIT, 2009).

Así mismo, la colaboración efectiva entre la industria del petróleo y el gas y las universidades son fundamentales para la recuperación económica de la industria y la competitividad sostenible a nivel mundial. Adicionalmente, desde las empresas se debe hacer un esfuerzo sostenido para apoyar la educación, con el fin de fortalecer en los próximos ingenieros, las competencias cognitivas y técnicas de manera que se pueda construir la empleabilidad en las operaciones de las empresas. Es conveniente considerar que la fundamentación en conocimiento teórico tiene lugar en las universidades, así como en la investigación y el desarrollo llevado a cabo por los laboratorios, mientras que los conocimientos basados en la experiencia sobre la producción y los mercados están disponibles principalmente a través de ensayo y error en las actividades de producción y, por lo tanto, necesita empresas ya existentes y un medio industrial para desarrollarse (Isaksen and Karlsen, 2010).

Finalmente, conocer y analizar los resultados de las alianzas realizadas entre universidad y empresa de la industria de petróleo y gas reportados en el mundo, permite fortalecer la línea de investigación de transferencia tecnológica y vinculación Universidad-Empresa-Estado del grupo de investigación INNOTECH.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. *Objetivo general*

Realizar una propuesta de caracterización de los resultados reportados de las alianzas universidad-empresa en el sector de petróleo y gas que impactan económica, social y ambientalmente, a partir de un análisis web en el contexto global para apoyar la toma de decisiones frente a dichas alianzas.

### 1.2.2. *Objetivos Específicos*

- Revisar en la literatura los resultados de las experiencias documentadas en el marco de las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas que impactan económica, social y ambientalmente.
- Analizar las experiencias documentadas de los resultados de las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas que impactan económica, social y ambientalmente.
- Categorizar los resultados reportados por las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas, que impactan económica, social y ambientalmente.
- Elaborar un artículo de carácter publicable de los resultados obtenidos de la investigación.

### 1.2.3. **Cumplimiento de los objetivos**

#### **Tabla 1.**

#### *Cumplimiento de los objetivos*

<b>Objetivo</b>	<b>Cumplimiento</b>
Revisar en la literatura los resultados de las experiencias documentadas en el marco de las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas que impactan económica, social y ambientalmente.	<i>Capítulo 2. Revisión de literatura</i>

---

Analizar las experiencias documentadas de los resultados de las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas que impactan económica, social y ambientalmente.

*Capítulo 4. Análisis de tendencias y resultados obtenidos a partir de la revisión de literatura.*

---

Categorizar los resultados reportados por las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas, que impactan económica, social y ambientalmente.

*Capítulo 4 Análisis de tendencias y resultados obtenidos a partir de la revisión de literatura. y Capítulo 5 Propuesta de categorización*

---

Elaborar un artículo de carácter publicable de los resultados obtenidos de la investigación

---

*Apéndice F.*

## **2. Revisión de la literatura.**

Como parte del desarrollo de la investigación, se consultaron artículos científicos que permitieran analizar las experiencias documentadas a partir de las cooperaciones entre las universidades y las empresas del sector petróleo y gas a nivel mundial. La revisión de literatura se realizó adoptando a la investigación la metodología propuesta por Roberto Sampieri en su libro “metodología de la investigación” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio, 1997), de ese modo se hizo una búsqueda multidisciplinaria que permitió identificar resultados de diferente tipo. En la figura 1 se muestra la secuencia de pasos adoptados para el cumplimiento del ejercicio de revisión.

**Figura 1.**

*Proceso llevado a cabo para la revisión de literatura*



*Nota:* Elaboración propia basados en Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (1997).

En la *sección 2.1* se presenta la revisión preliminar de la literatura en el cual se realiza un análisis inicial de documentos con el fin de identificar palabras y términos claves, y de ese modo identificar el enfoque investigativo y la estrategia de búsqueda a usar. Asimismo, la primera fase permitió la construcción de la ecuación de búsqueda refinada, con el objetivo de obtener resultados de las experiencias a un enfoque multidisciplinario en el marco de las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas en todo el mundo.

Seguidamente en la *sección 2.2* se presenta el análisis bibliométrico de la literatura el cual permite hacer una revisión estadística de los artículos arrojados a partir de la ecuación de búsqueda resultante. Los datos estadísticos obtenidos brindan una base de conocimiento de la actividad científica relacionado al tema como la cantidad de artículos publicados por año, por país, por autor, por área y por tipo de documento publicado.

Finalmente, la *sección 2.3* se presenta el análisis de la literatura donde se hace una revisión a profundidad del contenido resultante, obteniendo la base de conocimiento que permita identificar los resultados de las experiencias documentadas de alianzas, con el fin de tener un panorama del tema en la actualidad, las empresas y universidades que mayor participación tienen y el contexto en el que se generan las cooperaciones de estas. Así mismo permite tener un insumo representado

en las alianzas identificadas y los resultados documentados de experiencias que posteriormente se utilizará para el desarrollo del proyecto, específicamente la categorización propuesta.

## **2.1. Revisión preliminar de la literatura:**

### ***2.1.1. Revisión de la literatura gris, identificación del enfoque investigativo y formulación de la estrategia de búsqueda.***

En el desarrollo de la investigación se hizo necesario abordar inicialmente fuentes de información que no se encuentran indexadas en bases de datos científicas, las cuales aportaran ideas iniciales de palabras claves necesarias para plantear la ecuación de búsqueda. Esta revisión de literatura gris se realizó sobre proyectos que se encuentran en la base de datos de la Universidad Industrial de Santander y la extensión de google, Google Scholar usando términos iniciales como "alianzas universidad empresa" y " sector gas y petróleo". Complementario a esto se hizo uso de la base de tesauros de la UNESCO con el fin de identificar términos relacionados con las palabras clave para tener una búsqueda más amplia y rigurosa.

Por último, luego de hacerse dicho análisis se procede a revisar las palabras claves con sus respectivos términos relacionados (*Tabla 1.*) para lo cual se identificaron 4 familias de palabras "Alianza", "Universidad", "Empresa", "Sector Petróleo y Gas", esto con el fin de crear la estrategia de búsqueda que dio como resultado una cantidad aceptable de documentos necesarios para el ejercicio de la investigación.

**Tabla 2.***Palabras Claves*

<b>Conceptos</b>	<b>Términos seleccionados en Inglés</b>	<b>Términos seleccionados en Español</b>
Alianza	Alliance	Alianza
	Cooperation	cooperar-cooperación
	Open Innovation	Innovación abierta
	Collaboration	colaborar- Colaboración
	Coalition	Coalition
Universidad	University / College	Universidad
	HEI - High Education Institution	IES - Instituciones de educación superior
	Academy	Academia
	University institution	Institución universitaria
Empresa	Enterprise	Empresa
	Company	Compañía
	Industry	Industria
	Firm	Firma
	Organization Organisation	Organización

**Tabla 3.***Continuación tabla 2*

Conceptos	Términos seleccionados en Inglés	Términos seleccionados en Español
Petróleo y Gas	Petroleum	Petróleo
	Fossil fuels	Combustibles fósiles
	Oil and Gas	Petróleo y Gas
	Petroleum and Gas	
	Crude and Oil	Crudo y petróleo
	Hydrocarbon	Hidrocarburo

### ***2.1.2. Selección de bases de datos y fuentes de información.***

Como base de datos se optó por usar Scopus, ya que al ser una herramienta que presenta un contenido robusto y confiable de información multidisciplinaria, permitió encontrar resultados reportados que abarcaran impactos de tipo social, ambiental y económicos. Adicionalmente, es la base de datos que cuenta con mayor número de referencias bibliográficas y citas de literatura científica revisada (revisión por pares), contiene “21.900 títulos de revistas de más de 5.000 editores internacionales y 55 millones de registros que incluye patentes, webs y datos de producción científica de revistas de todas las disciplinas” (Pérez. A, 2019; ElSevier,2020). Para aplicar un contraste se decidió ejecutar la ecuación de búsqueda usando la base de datos Web of Science obteniendo como resultado que en la base de datos SCOPUS se contaba con una mayor cantidad de documentos que apuntaban a los intereses de la investigación, adicionalmente previo a la revisión, se comparó el número de documentos obtenidos como resultado de la ecuación de búsqueda inicial, siendo Scopus la base de datos con mayor número de resultados.

### 2.1.3. *Prototipado y formulación de ecuación de búsqueda.*

Para la formulación de la ecuación de búsqueda inicialmente se parte de las palabras claves que se definieron en la literatura gris, en la búsqueda de documentos no indexados en bases de datos científicas y en los tesauros encontrados. En ese sentido la ecuación de búsqueda fue modificada a medida que se iba validando en la base de datos. Se realizaron múltiples iteraciones de palabras hasta obtener resultados relevantes y suficientes para llevar a cabo la revisión de literatura.

La ecuación de búsqueda obtenida sin incluir criterios de exclusión fue la siguiente:

#### **Tabla 4.**

##### *Ecuación de búsqueda inicial*

**TITLE-ABS-KEY** (Universi\* or HEI or ACADEM\* or ("universi\* and institute\*") or college or IES or (HIGHER W/3 EDUCATION W/3 INSTITUTION\*) or (institucion\* W/3 educación W/3 superior)) AND (industr\* or empres\* or enterprise or firm\* or corporat\* or corporación or company or compañía or organization or organizacion\* or organisati\*) AND (cooperatio\* or collaboratio\* or alliance or alianza or colaborar or cooperar or “innovación abierta” or “open innovation” or coalition or colaboración or cooperación) AND (Petroleum or (“fossile fuels”) or (oil W/2 gas) or(petroleum W/2 gas) or (petroleo W/2 gas) or (Crude and oil) or petroleo or crudo or hidrocarburo\* or hydrocarbon)

*Nota:* Autoría propia

Esta arrojó un total de 510 documentos publicados, los cuales fueron analizados a partir del análisis bibliométrico documentado en la *sección 2.2. análisis bibliométrico*

***2.1.4. Definición de criterios de inclusión y exclusión para realizar la revisión preliminar de la literatura.***

Basándose en el análisis bibliométrico, se refinó la ecuación de búsqueda final teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión definidos y presentados en la *Tabla 3*, esto con el fin de obtener documentos con enfoques alineados a la investigación.

**Tabla 5.**

*Criterios de inclusión y exclusión*

<b>Criterios</b>	<b>Descripción</b>
Inclusión	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Documentos encontrados en la base de datos Scopus.</li> <li>2. Ventana de tiempo de 10 años (documentos escritos después del año 2010)</li> <li>3. Documentos en idioma español e inglés.</li> <li>4. Los artículos seleccionados deben tener un enfoque hacia la investigación, desarrollo e innovación; que estén orientados a los resultados de las cooperaciones entre universidad y empresa en el sector petróleo y gas, de manera que permitan su posterior análisis y caracterización.</li> </ol>
Exclusión	Experiencias documentadas de los resultados de alianzas universidad-empresa que no fueron desarrolladas en el sector petróleo y gas.

Al analizar la ecuación resultante y al aplicar criterios de calidad, se logra eliminar publicaciones que no tienen relación con el eje central de la investigación. Adicionalmente se limita la *búsqueda a artículos en inglés y español*. En ese sentido la ecuación resultante refinada se estructuró de la siguiente forma:

**Tabla 6.**

*Ecuación de búsqueda final.*

**TITLE-ABS-KEY** ( ( universi\* OR hei OR academ\* OR ( "universi\* and institute\*" ) OR college OR ies OR ( higher W/3 education W/3 institucion\* ) OR ( institucion\* W/3 educación W/3 superior ) ) ) AND **TITLE-ABS-KEY** ( ( industr\* OR empres\* OR enterprise OR firm\* OR corporat\* OR corporacion OR company OR compañía OR organization OR organizacion\* OR organisati\* ) ) AND **TITLE-ABS-KEY** ( ( cooperatio\* OR collaboratio\* OR alliance OR alianza OR colaborar OR cooperar OR "innovación abierta" OR "open innovation" OR coalition OR colaboración OR cooperación ) ) AND **TITLE-ABS-KEY** ( ( petroleum OR ( "fossile fuels" ) OR ( oil W/2 gas ) OR ( petroleum W/2 gas ) OR ( petroleo W/2 gas ) OR ( crude AND oil ) OR petroleo OR crudo OR hidrocarburo\* OR hydrocarbon ) ) ) AND ( **LIMIT-TO** ( LANGUAGE , "English" ) OR **LIMIT-TO** ( LANGUAGE , "Spanish" ) ) AND ( **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2019 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2018 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2017 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2016 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2015 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2014 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2013 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2012 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2011 ) OR **LIMIT-TO** ( PUBYEAR , 2010 ) )

En total la ecuación definitiva refinada arrojó un total de 288 documentos, 142 artículos de conferencias, 87 artículos, 19 capítulos de libros, y 13 revisiones, entre otros. En el apéndice A se observan los documentos resultantes de la ecuación.

### ***2.1.5. Análisis de títulos, palabras claves y resúmenes para la selección de los documentos que cumplen con el criterio de calidad y la exclusión de los que no.***

Teniendo en cuenta los artículos obtenidos de la ecuación de búsqueda refinada, se realizó un análisis inicial a partir de títulos, sin embargo, durante el desarrollo de dicho análisis se identificó la necesidad de realizar el análisis y depuración inicial teniendo en cuenta los resúmenes dada la multidisciplinariedad del tema de investigación. En ese sentido se seleccionaron 69 documentos (ver apéndice A) enfocados a la temática planteada y que, en cumplimiento de los criterios, se consideran relevantes y de gran aporte a la investigación actual.

Asimismo, una vez seleccionados los artículos a partir de la aplicación de los criterios de selección, se examinó la accesibilidad de los documentos seleccionados, excluyendo así aquellos que se encontraban con acceso restringido. En total se seleccionaron 50 artículos de la base de datos SCOPUS y 4 resultados obtenidos a través de muestreo no probabilístico de bola de nieve, a partir de las referencias bibliográficas de los documentos revisados. (Ver apéndice A.)

## **2.2. Análisis bibliométrico.**

El análisis bibliométrico se realizó con el fin de valorar la actividad científica por medio de indicadores de actividad. Se realizó en el software especializado Vantage Point con la información obtenida en Scopus, la cual contiene una robusta cantidad de información en los que se contemplan artículos, resúmenes, revistas científicas, datos bibliográficos, citas de artículos, capítulos de libros, perfiles de autor, número de publicaciones por año, entre otros (Cañedo Ruben, Rodruiguez Roberto, Montejo Marilis, 2010), elementos que hacen de la base de datos Scopus la más adecuada para el ejercicio investigativo.

En ese contexto, en la presente investigación se analizaron indicadores de producción y contribución por países y sus adunas, el comportamiento a través de los años de la documentación del tema de investigación, palabras claves y las universidades y empresas con mayor participación en el tema. A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir del software Vantage Point proporcionado por el grupo de investigación INNOTECH y el respectivo análisis.

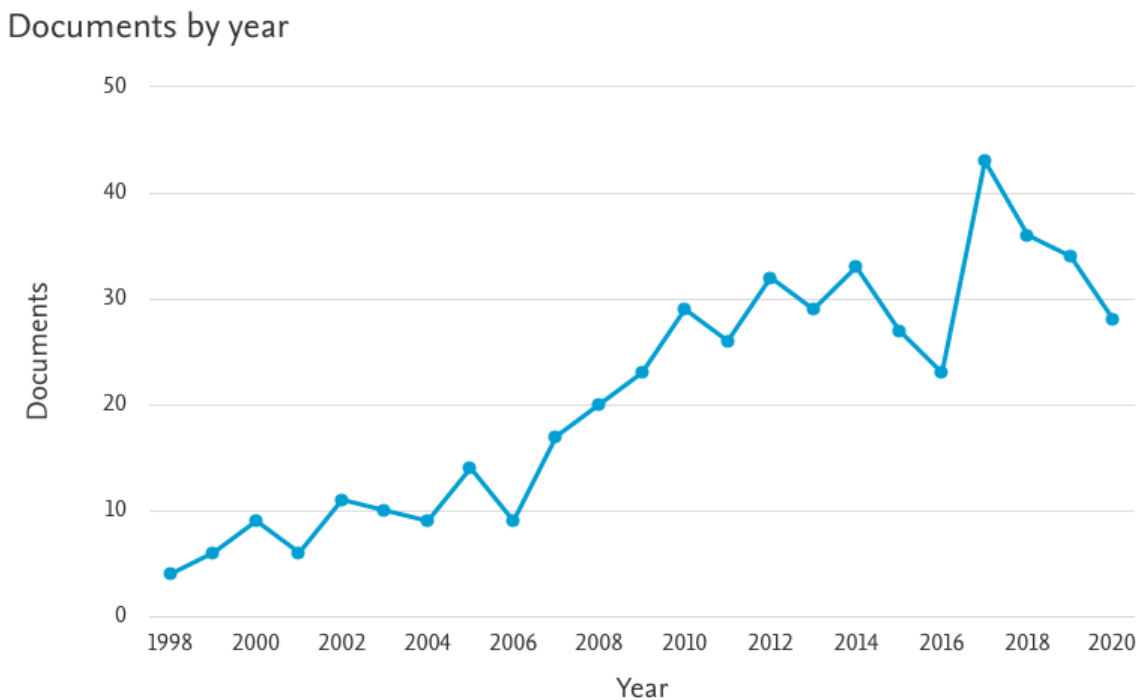


**2.2.2. Análisis de publicaciones por año.**

Los resultados de investigación publicados referentes a la cooperación entre universidades y empresas del sector del petróleo y gas a nivel mundial, han incrementado a través del tiempo como se evidencia en la figura 3, este comportamiento se puede sustentar basándose en la importancia que han tomado las alianzas entre las empresas del sector petróleo y gas y las universidades durante las últimas décadas con el fin de reinventar el sector a través de actividades de investigación y desarrollo para aportar a la formación de la academia desde la industria. Sin embargo, como se observa en la figura 3, la actividad académica se vio comprometida debido a la difícil situación económica del sector atravesada durante los últimos años debido a la inestabilidad en los precios del petróleo y a la coyuntura económica mundial causada por la pandemia COVID-19.

**Figura 3.**

*Publicaciones por año.*

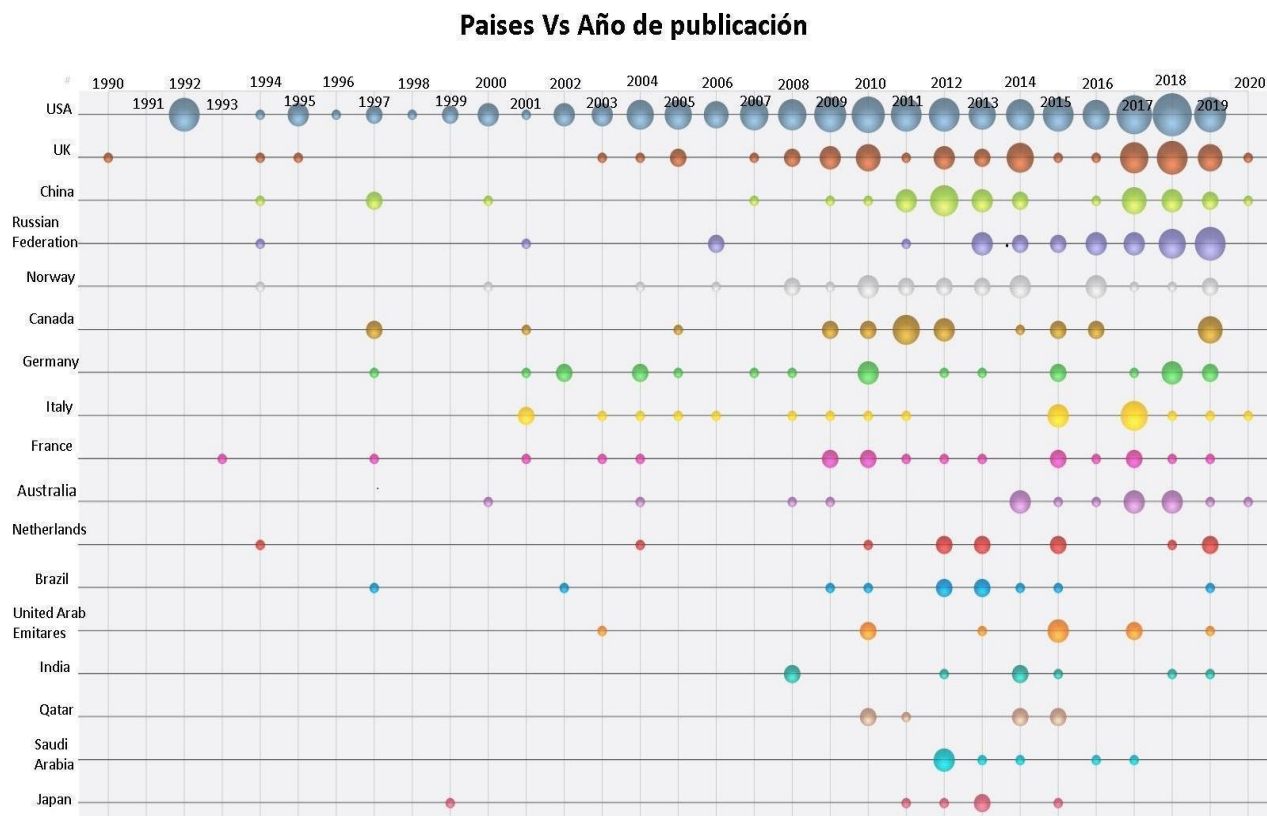


*Nota:* Adaptado a través del Software VantagePoint.

A continuación, en la figura 4 se muestra la participación de los países por año, siendo Estados Unidos el mayor exponente de los artículos por año seguido por Reino Unido y China. Estos 3 exponentes han llevado a cabo por mucho tiempo investigaciones y desarrollo de cooperaciones entre universidades y empresas lo que les da una ventaja a la hora de publicar contenido referente a la temática. El análisis fue realizado con la información disponible hasta el mes de marzo del 2020.

**Figura 4.**

*Matriz países vs Años de publicación. De 1990 a 2020*



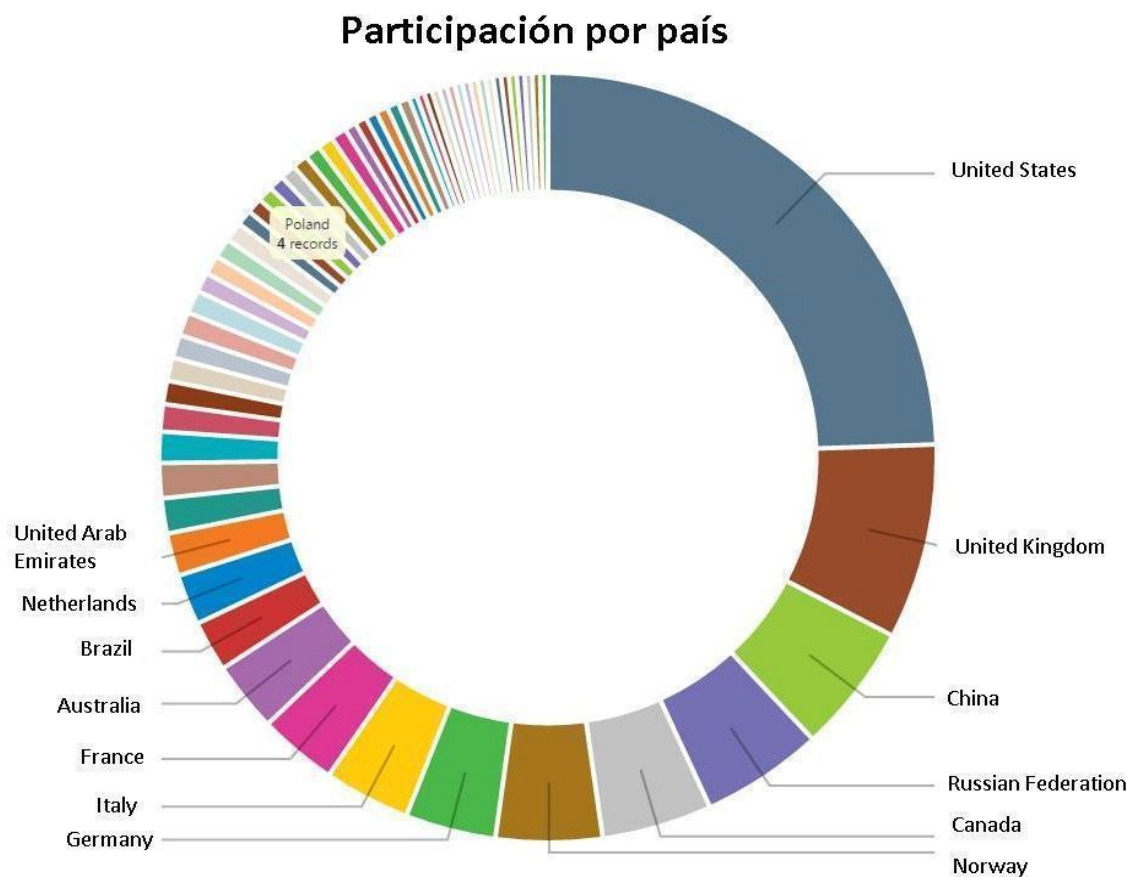
*Nota:* Adaptado a través del Software VantagePoint.

**2.2.3. Análisis de publicaciones por país.**

En la figura 5 se muestra la gráfica de la producción científica por países, permitiendo identificar que Estados Unidos, Reino Unido y China son los responsables del mayor porcentaje de la actividad en el tema.

**Figura 5.**

*Porcentaje de participación países.*

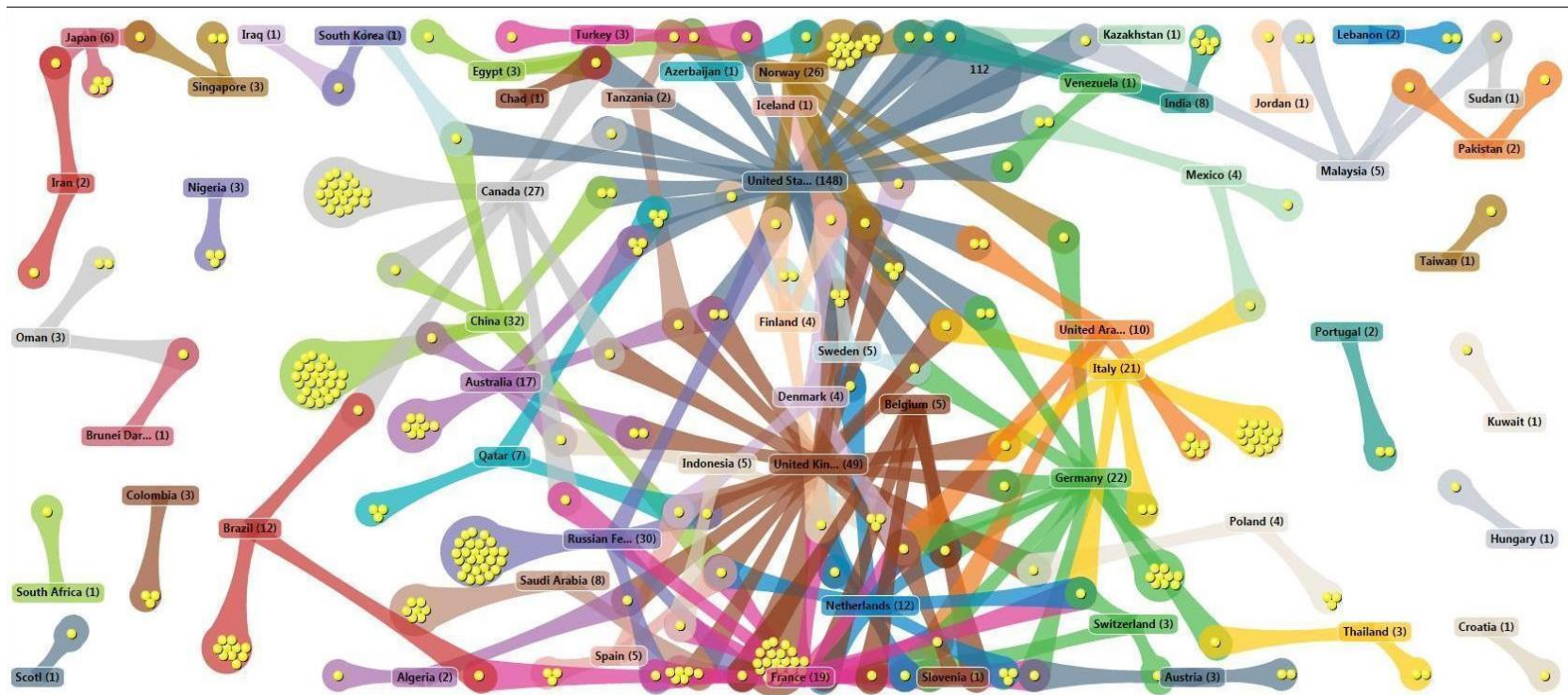


*Nota:* Adaptado a través del Software VantagePoint.

A su vez, la figura 6 permitió analizar la cooperación y el número de trabajos colaborativos entre países, obteniendo a Estados Unidos, Reino Unido, China y Canadá con el número mayor de trabajos desarrollados en colaboración con otros países.

**Figura 6.**

*Adunas de participación por países*



*Nota:* Adaptado a través del Software Vantage Point.

#### ***2.2.4. Participación por universidades y por empresas***

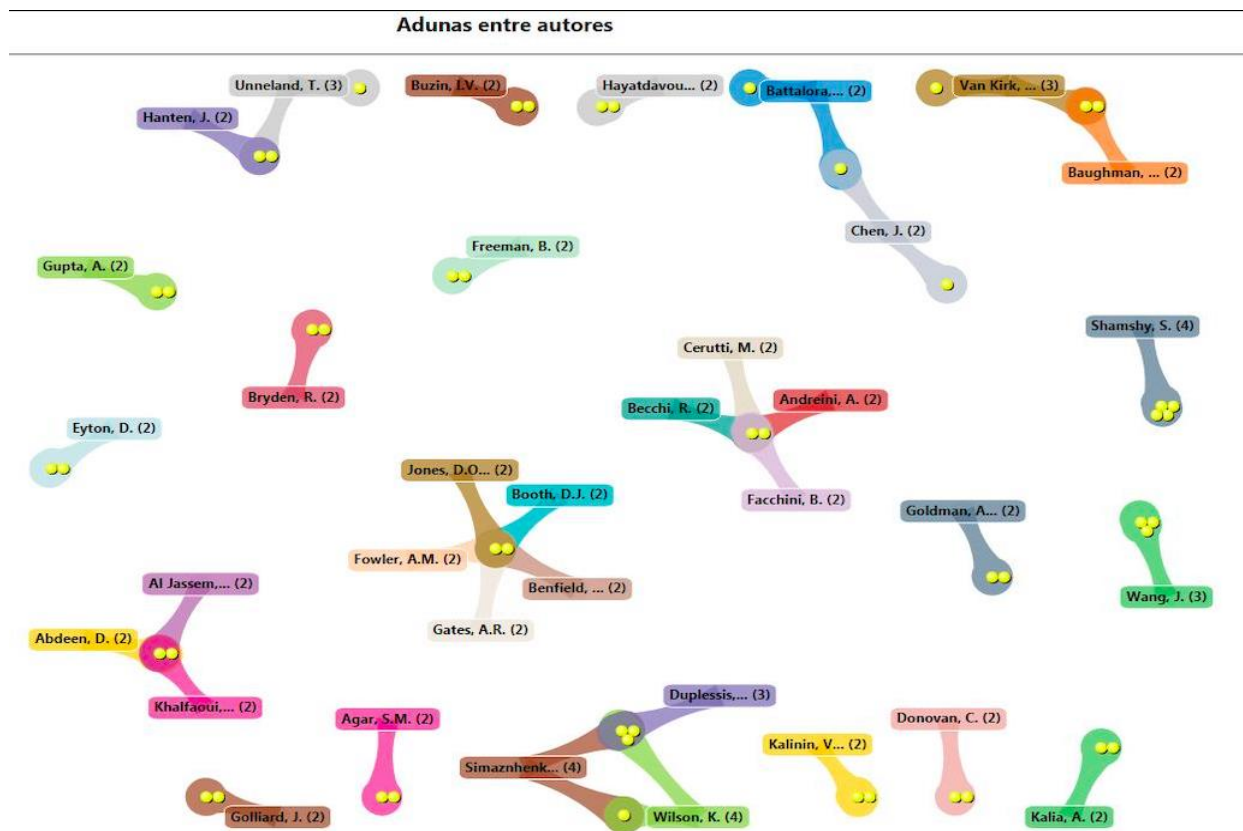
Respecto a la participación de universidades y empresas del contenido científico documentado se observa en la figura 7 las 15 universidades y en la figura 8 las 15 empresas que más han aportado durante la última década al tema de investigación. Este indicador permite posteriormente identificar en el sector académico las instituciones que más intervienen con empresas en cuanto a los resultados documentados que se encuentran en la literatura. Entre estas universidades la Colorado School of Mines, la Texas A&M University y el Imperial College London, 3 instituciones de alto nivel educativo han sido los expositores de mayor relevancia según el número de publicaciones. Adicional entre las empresas que se presentan participantes en estas experiencias se identifican varias que a nivel internacional son relevantes para la industria del gas y petróleo como lo son Chevron, Equinor y Total.

#### ***2.2.5. Adunas por autores***

En la gráfica 9 se relacionan los autores que han publicado en conjunto y que mayor relevancia tienen en cuanto a publicaciones realizadas. Se pueden destacar la cooperación de 5 autores en 2 artículos y la participación de 1 autor (Simaznhenkov V) en múltiples publicaciones, esto es importante para identificar quiénes han escrito del tema y en donde se puede encontrar literatura para el análisis.

**Figura 7.**

*Adunas de participación por autores*



*Nota:* Adaptado a través del Software VantagePoint.

### 2.3. Análisis e identificación de tendencias.

Alineados a los intereses de los investigadores, los resultados documentados que se identificaron en este apartado se ajustan a impactos económicos, sociales, ambientales y algunos son representaciones de la combinación de estos impactos que se generan por la naturaleza de las alianzas que se da entre los involucrados.

Tratando inicialmente resultados con impactos netamente económicos se entiende que con el aumento de la complejidad en las operaciones aguas arriba (upstream) de los campos petroleros, se ha reconocido la necesidad de capturar, comunicar, analizar y utilizar información en tiempo real para una mejor toma de decisiones, mejorar la seguridad y reducir el costo operacional de los

procesos de los campos petroleros. Es por esto que cualquier herramienta tecnológica que ayude a "predecir" posibles accidentes que causan una parada intempestiva, es una solución bienvenida en cualquier campo de producción de petróleo. Lo que convierte a la industria de hidrocarburos en uno de los sectores que aplica de mejor forma sensores e inteligencia artificial para eficientizar procesos y ahorrar presupuestos a través de simulaciones o yacimientos petrolíferos digitales, que es justamente una de las posibilidades que ofrece el aplicar soluciones del Internet de las Cosas (IoT), combinadas con las de Inteligencia Cognitiva. Es por esto, que en la búsqueda de la creación de nuevas capacidades y la generación de avances tecnológicos, se desarrolló desde el año 2003 la alianza estratégica entre la asociación de educación e investigación de la USC ( University of Southern California) con la Corporación Chevron, a fin de obtener el cumplimiento de la primera generación de yacimientos petrolíferos digitales que permita el desarrollo de soluciones de trabajo para avanzar en la causa de la seguridad, la eficiencia y la mejora de los yacimientos petrolíferos, apoyando así los procesos de decisión (Ershaghi et al., 2016).

En cuanto al diseño de modelos matemáticos hay algunos que en la industria apuestan al aumento de los beneficios mediante la reducción de gastos operacionales, en consecuencia, en este caso se examina un marco de evaluación de la probabilidad de vibración para el riser o tubería flexible en el que se presentan modelos de las características de dicha vibración en las tuberías. Los sistemas verticales submarinos o "risers" son considerados conductos que transportan hidrocarburos de manera segura desde pozos hasta estructuras fijas y/o flotantes (Inc Altair Engineering, 2016). Estas tuberías sometidas a vibración pueden dar lugar a un sonido tonal de gran amplitud, que puede causar daños en los tubos conectados aguas arriba y aguas abajo. Se presentan modelos para la respuesta en frecuencia y para la predicción de la amplitud resultante. Además, se examina un marco para la evaluación de las condiciones de inicio y para la gestión de la preservación de los risers usados en la obtención de gas, diseñando así un modelo y un marco de evaluación en cuanto a las vibraciones a las que se someten y los percances por dichas condiciones. Esta evaluación se basa en modelos y métodos para predecir la velocidad de inicio, la frecuencia y la amplitud de las pulsaciones y se basa en mediciones reales de campo en cinco plataformas diferentes y en investigaciones realizadas en colaboración con múltiples operadores y universidades. El resultado de la evaluación permite aplicar medidas correctivas durante la fase de

diseño de un proyecto y estrategias de mitigación para los elevadores ya existentes (Belfroid et al., 2013).

Complementario a lo anterior, en este resultado se trata desde otro punto la problemática de los risers en el cual se comprende que los oleoductos submarinos juegan un papel importante en la industria del petróleo y el gas en los campos de alta mar (Offshore), sin embargo, su geometría y ubicación hacen que estas tuberías sean susceptibles a vibraciones inducidas por múltiples factores, como el flujo (FIV) y por vórtices (VIV). Por esto, debido al “estrés cíclico” causado por las vibraciones en las uniones de las tuberías, cada año, los operadores de petróleo y gas gastan importantes cantidades de dinero analizando la causa y el efecto de estas vibraciones en la vida útil de los puentes y tuberías, e instalando dispositivos de mitigación de las estas vibraciones.

En respuesta a eso, OneSubsea, una compañía de Schlumberger en colaboración con la Universidad de Houston, desarrollaron un novedoso dispositivo (PTMD) para absorber y disipar las vibraciones no deseadas generadas por VIV y FIV en tuberías y puentes submarinos. La aplicación de este permite mitigar las vibraciones, minimizar la pérdida de ingresos, mejorar la vida útil del sistema y disponibilidad, y mejorar la flexibilidad operacional (Kalia et al., 2017).

En este sentido, bajo los dos últimos resultados enunciados, se pudo concluir que desde un mismo campo de acción de la industria y específicamente un componente de la cadena de producción, la cooperación puede inclinarse en varios canales de manera que apunten a la solución de un problema en común desde diferentes perspectivas que pueden converger en un aporte significativo.

De igual manera, en la industria de petróleo y gas los productos inhibidores han sido ampliamente utilizados debido a que permiten reducir la corrosión del acero, como la deposición de incrustaciones en las tuberías, tubos y válvulas de seguridad, en sitios críticos en alta mar, apuntando a la prolongación de la vida útil traducido en beneficios económicos. Sin embargo, el gran uso de tales aditivos no ha sido seguido por el desarrollo de ninguna técnica de dosificación que considere los estrictos requisitos de una plataforma offshore. Por esta razón se realizó una colaboración a largo plazo entre la Universidad de Lyon y Total EP que de forma precisa definiera un método para la vigilancia de los inhibidores basado en el uso de trazadores de lantánidos y de los fluorescentes de resolución temporal (TRF) (Marais et al., 2016). Esta técnica ciertamente abre

una nueva concepción de la gestión inteligente de los productos químicos en la producción de petróleo y gas.

No solo el aspecto económico es el que mueve a las empresas y las sociedades en cuanto el cambio y la innovación, en la actualidad los temas que competen al beneficio del medio ambiente y preservación de los recursos también influyen ampliamente. A nivel latinoamericano un representante destacado de la industria es Petrobras. La producción de petróleo y gas de esta empresa, en Brasil, en los campos de aguas profundas y ultraprofundas depende en gran medida de las tuberías flexibles que fueron mencionadas anteriormente. Estas tuberías o risers son tuberías que van desde el equipo de perforación proporcionando un conducto para operar la sarta de perforación, también se utiliza para circular el lodo de perforación hacia el pozo y así evitar la comunicación del fluido de control con el medio marino (Bravo, 2009); consiste en una compleja red de capas de tubos acoplados entre sí, cada capa cumple una función específica, desde distribuir la presión a la que es sometida la tubería hasta la capacidad de flotabilidad que requiere esta. Así, maximizar la disponibilidad y fiabilidad de una extensa red de oleoducto submarino, plantea innumerables desafíos a la compañía, avanzando constantemente hacia un enfoque basado en la gestión de la integridad de estas tuberías flexibles, desempeñando un papel importante en la maximización de la disponibilidad de los sistemas de producción, al tiempo que se maximiza la seguridad y minimiza el impacto ambiental (Santiago et al., 2017). En este contexto, Petrobras puso en marcha un programa integral de I+D llamado MONFLEX (Agencia Nacional de Petróleo de Brasil, 2006) centrado en técnicas novedosas para la supervisión estructural de los risers en campos marinos (Morikawa et al., 2012). Con el fin de evaluar mejor la integridad de la armadura de tensión en la sección superior de los elevadores flexibles, ha desarrollado una técnica de monitoreo en cooperación con sus socios académicos como la Universidad Católica de Rio (PUC), conocida como MODA (Monitoreo basado en fibra óptica adherida directamente a los cables de la armadura). Las mediciones de tensión proporcionadas por estos sensores permiten identificar los cables rotos y detectar los eventos asociados con las rupturas de cables (Santiago et al., 2017).

En complemento, las innovaciones industriales en la producción de petróleo y gas han sido la fuerza motriz de i) la minimización de los impactos ecológicos de la explotación y (ii) el aumento del margen de beneficio, en donde el aumento de la eficiencia de la producción es crucial

para el futuro, incluso en un escenario en el que el precio del petróleo en el mercado de valores es bajo. Es por esto que la comunicación científica entre la universidad, las agencias estatales y la industria es fundamental en la medida que permita tomar decisiones prudentes y adoptar estrategias de mitigación de riesgos provenientes de terremotos inducidos los cuales son el resultado de alguna intervención humana que altera el equilibrio de fuerzas en la corteza terrestre (Yeck et al., 2016). A su vez la universidad de Cranfield en colaboración con D'Appolonia desarrollaron una metodología (PIRM-DMS) instaurada para la adopción de decisiones eficaces en oleoductos y gasoductos, esto en función de los costos durante el proceso de gestión de riesgos de la red aplicable a cualquier sistema de oleoductos y gasoductos (Di Martino et al., 2017).

Dentro de la industria del petróleo y el gas, especialmente en la obtención de derivados en la petroquímica la presencia de mercurio puede ser la principal causa del desencadenamiento de problemas relacionados al equipo del proceso que conlleven a situaciones perjudiciales dentro y fuera de las instalaciones del proceso; adicionalmente la presencia de este conduce a la desactivación de ciertas unidades de catalizador y a la contaminación de productos que son traducidos en descuentos en los precios y a una bioacumulación que es perjudicial para la salud y el medio ambiente. En respuesta a lo anterior PETRONAS en colaboración con la Universidad de la Reina de Belfast, desarrollaron una nueva tecnología a partir de líquidos iónicos que elimina eficazmente el mercurio de las corrientes de petróleo y gas (Abai et al., 2015). A su vez la deposición de asfalteno ha sido identificada también como uno de los principales desafíos para asegurar el flujo en una serie de yacimientos terrestres en Abu Dhabi. Como solución novedosa se desarrolló un dispositivo industrial de vigilancia en tiempo real mediante una colaboración entre una empresa petrolera nacional, una universidad y un proveedor de tecnología, el cual detecta la deposición de asfalteno y permite optimizar los programas químicos (Marais et al., 2016).

De igual forma, una de las prioridades del desarrollo científico y tecnológico es la transición a una energía sostenible y respetuosa con el medio ambiente y el aumento de la eficiencia en la recuperación y el procesamiento avanzado de las materias primas de hidrocarburos. En cumplimiento a lo anterior PJSC Gazprom, la mayor corporación energética transnacional, en cooperación con la Academia Rusa de Ciencias, crean una base fundamental para las nuevas

tecnologías con el fin de elaborar y aplicar productos y servicios innovadores en las instalaciones de recuperación, transporte y procesamiento de gas (Aksyutin, 2019).

Profundizando en otros aspectos como los son la transferencia de conocimiento desde la industria a la academia y viceversa, y las alianzas que promueven la creación o fortalecimiento de los actuales programas con los que cuentan las universidades, el desarrollo de nuevos programas relacionados con el sector y el fortalecimiento de capital humano interno en las empresas, se encuentran como un impacto social en la medida que se apuesta a consolidar habilidades y saberes que fortalecen y permiten a la academia y a la región donde se encuentre ser competitivos en una industria que se reinventa en un mundo globalizado.

En las relaciones de cooperación, tanto la universidad como la empresa aumentan en gran medida las experiencias de gestión de ambas partes, mediante el intercambio de datos e información durante la cooperación. El plan de educación y formación de ingenieros destacados de china que comenzó en 2010 hace hincapié en la profunda participación de profesores universitarios y personal corporativo que colaboren y aprendan unos de otros para mejorar continuamente su ética de la ingeniería y conducir a un buen estudiante por medio de un plan de entrenamiento (Zhao et al., 2016). Así mismo en el 2013, la Escuela de Negocios de la Universidad Estatal de Nicholls, en colaboración con la industria, puso en marcha un programa de licenciatura en gestión de cuatro años de duración, diseñado para dar un mayor valor para los graduados, así como a las empresas que compiten en el sector del petróleo y el gas de la industria marítima (Chadwick and Cashen, 2019). Adicionalmente la Escuela de Minas de Colorado, en cooperación con universidades de Irak, universidades internacionales, la Compañía Irakí Nacional de Petróleo (NOC), la Compañía de Petróleo del Sur (COI), y los ministerios del gobierno plantearon la creación de un campus enfocado en atender las necesidades futuras del sector, donde la NOC y el COI contribuyen con asesoramiento fundamental, previsiones de necesidades, recursos financieros suficientes que con frecuencia faltan, y una amplia variedad de otros recursos invaluable para el éxito a largo plazo del nuevo campus (Van Kirk and Baughman, 2010).

Por otro lado, en vista de las conferencias que se otorgan por parte de sociedades de profesionales y demás participantes de la industria de petróleo y gas, como preparación para el Taller de Tecnología Aplicada de la SPE (Sociedad de Ingenieros Petróleos), "Utilización de datos sísmicos y de producción en 4D para la comparación histórica y la aplicación de la optimización a Norne (Noruega)", celebrado en Trondheim del 14 al 16 de junio de 2011, se organizó un estudio de caso de prueba único basado en datos de campo real de un yacimiento frente a las costas de Noruega para evaluar los métodos matemáticos y realizar la comparación histórica, así como los métodos sobre estrategia de producción óptima y/o una mejor recuperación del petróleo (Rwechungura et al., 2012). Como resultado del ejercicio no se obtuvo una sola conclusión, lo enriquecedor de la experiencia fue encontrar una red de múltiples enfoques de soluciones aplicadas y así mismo reunir a representantes de diferentes firmas internacionales y académicos de diversas universidades que permitiera la sinergia de esfuerzos en la solución de la problemática. Debido a que el estudio de casos se definió sólo seis meses antes del taller, la mayoría de los participantes consideraron que el tiempo proporcionado no era suficiente y, por lo tanto, aconsejaron que se requiere más tiempo, hasta una duración de un año, para futuros estudios de casos comparativos (Rwechungura et al., 2012).

Ubicados en el medio oriente, el desarrollo conjunto entre académicos y empresas del sector petróleo y gas buscan dar lugar al primer modelo digital tridimensional de geología de superficie para Qatar y a una experiencia educativa única para los estudiantes que participen en el desarrollo y las excursiones a este afloramiento. Así entonces el proyecto desarrollado por geólogos e ingenieros de yacimientos del Centro de Investigación y Capacitación de la Shell de Qatar tuvo como objetivo principal "proporcionar a los estudiantes experiencia en las mediciones y métodos de investigación necesarios para desarrollar un modelo computacional de un yacimiento de petróleo/gas basado en el estudio de un afloramiento" (Gupta and Poppelreiter, 2010). Adicionalmente buscaron contribuir en la capacitación práctica para que el personal y los estudiantes aprendan el proceso de construcción de modelos de yacimientos basados en la roca.

De forma paralela se sabe que la oportunidad de crecimiento académico y profesional que ofrecen los grupos académicos en las instituciones de educación son una oportunidad que brindan las

cooperaciones a los mismos estudiantes y profesionales que apoyan sus procesos de investigación, por esto en el 2006 la idea que se venía trabajando de consolidar una cátedra de “yacimientos de gas no convencionales”, se consolidó finalmente en septiembre del mismo año y comenzó sus actividades como un programa de investigación en la Universidad de Calgary en Canadá. GFREE es un programa de investigación multidisciplinario orientado a objetivos en la tecnología de gases no convencionales. El programa se ha concentrado en las formaciones de gas no convencionales en Canadá, pero los resultados son ampliamente aplicables a otros recursos mundiales. El enfoque multidisciplinario ha permitido que los estudiantes participantes se relacionen con profesores y profesionales de la industria con alta experiencia a nivel mundial. Aunque el programa sólo tiene 5 años para la fecha de la publicación del artículo, sus resultados han sido significativos con los estudiantes produciendo tesis de gran interés en todas las áreas de la investigación y aplicabilidad dentro de la industria (Aguilera and Harding, 2011).

Por otro lado, desde 1996, Petróleo Brasileiro S.A. - Petrobras, ha estado apoyando un programa para el diseño, la adaptación y la aplicación de los acuerdos de colaboración trilaterales llamados Centros y Redes de Excelencia (CNE), con el fin de intensificar las entradas y salidas de información y tecnología en áreas que son críticas para la competitividad de la empresa. (De Britto Pires et al., 2013). En la investigación de las múltiples alianzas que se han llevado a cabo se destacan los resultados obtenidos por el CE-EPC, un programa de capacitación en línea sobre mejores prácticas que ofrecieron a lo largo del tiempo a través de seminarios, cursos y conferencias. Por otro lado, los resultados importantes se refieren al desarrollo gradual de la gestión de capacidades, la gestión de relaciones y redes, y la intensificación de la interacción entre las universidades y las empresas. Adicionalmente es importante resaltar lo que de Britto propone desde su documento, donde “aprender a cooperar y desarrollar la confianza lleva tiempo, sin embargo, una vez que la red evoluciona hacia un entorno dinámico de confianza, el ritmo de generación de conocimientos e innovaciones tiende a crecer significativamente” (De Britto Pires et al., 2013).

Finalmente, los resultados que implican la transferencia de conocimientos en la misma medida que beneficia económicamente a los representantes de la industria, se contemplan como impactos que influyen social y económicamente para el análisis de este apartado.

#### **2.4. Conclusiones del análisis**

Para finalizar, se puede concluir que a partir de los documentos revisados desde el inicio de la investigación contemplando literatura gris con documentos obtenidos de las bases de datos, se pueden identificar varias tendencias y resultados de tipo: científico, como la modelización matemática de procesos destacando el de la gestión de mantenimiento de equipos que apuntan al beneficio económico y ambiental; tecnológico, como la creación de patentes, la creación de programas de formación a estudiantes en pregrado y maestrías en los que se pueden destacar la cooperación de universidades internacionales como la CSM y organismos financiadores como empresas de la industria árabe para el caso de medio oriente y la creación del campus Basra Petroleum College, seminarios que se desarrollan por parte de los representantes de empresas y universidades del sector; entre otros, los cuales brindan información de gran relevancia para el ejercicio de la investigación en cuanto permiten crear una base de resultados con el fin de realizar una posterior caracterización según sus particularidades.

Así mismo, como aspecto fundamental se identificó que el flujo de información al que se encuentran sometidas las empresas de la industria del petróleo y gas exige a éstas cada vez más una adecuada gestión de la información, que sea oportuna para la toma efectiva de decisiones, que a su vez permitan garantizar la seguridad y obtener un beneficio en el marco del desarrollo de las alianzas. Esto se evidencia en las alianzas exitosas que se encontró en parte de la literatura documentada por Petrobras, empresa que durante varios años ha desarrollado alianzas con múltiples universidades y que de la mano del gobierno ha ejecutado proyectos en conjunto que son ejemplo de cooperaciones exitosas desarrollados en los Programas de Redes y Centros de Excelencia. Reunir a un conjunto diverso de actores en un entorno que estimula la combinación de recursos, el flujo de información y la creación de conocimiento, se puede considerar una oportunidad única para conectarse con actores clave en la industria del petróleo y el gas y fortalecer

los vínculos existentes. Del lado del conocimiento, configura una forma potencialmente efectiva de acceder al conocimiento relevante, aprender y desarrollar competencias técnicas (De Britto Pires et al., 2013)

Las alianzas que la industria del petróleo y gas consolida con las universidades permite que entre estos actores se mejore la experiencia de la transferencia al promover entre ellas un intercambio de información, que es finalmente traducido en la creación de capacidades que potencializan el desarrollo de innovaciones tecnológicas, académicas, científicas, entre otras y que se evidencian en beneficios dentro la operación industrial, en la comunidad y en el aspecto ambiental de las empresas del sector. De forma paralela las universidades se enriquecen de las experiencias que brindan las empresas en el medio industrial, debido a que permiten afianzar la teoría que se adquiere en las clases y el laboratorio, a través de la vivencia del ejercicio del desempeño en trabajo de campo.

Entre los ejemplos de lo que se obtiene como resultado de dichas alianzas que se encontraron en la literatura se tienen modelos que van desde dispositivos, desarrollo de métodos para procesos industriales, consultorías y conceptos de temas de interés, formación de profesionales, generación de programas educativos, creación de I +D, entre otros resultados que se prevén caracterizar. Con esto se contempla la gran importancia de la cooperación para el desarrollo de las empresas, las universidades y el de las naciones.

Finalmente, la revisión desarrollada permitió identificar que la naturaleza de los documentos y la información que se desarrolla a partir de los trabajos colaborativos universidad-empresa, su confidencialidad, sus usos comerciales y los actores involucrados no permite una divulgación abierta de los mismos; limitando de esta manera el enriquecimiento de los casos e información disponible que sirve como referente para el desarrollo de próximos trabajos colaborativos y el estudio de las cooperaciones universidad-empresa.

### **3. Marcos de referencia**

A Continuación, se describen los marcos de referencia claves para el desarrollo de la presente investigación. Inicialmente se expone el marco conceptual tenido en cuenta para la formulación y el desarrollo de esta, el cual contempla conceptos referentes al área de investigación, desarrollo metodológico y conceptos desarrollados por exponentes del tema. Adicionalmente se presenta el marco de antecedentes el cual permitió realizar un acercamiento idóneo desde los proyectos desarrollados previamente dentro del área de la investigación.

#### **3.1. Marco conceptual.**

##### ***3.1.1. Alianzas e impactos de la actividad.***

Se expresa a través de la cooperación, por tanto, “se considera que como proceso social, direccional y progresivo que fortalece el desarrollo de las relaciones interorganizacionales, impulsa y materializa procesos de relación de esta índole, orientados hacia la evolución del sistema social.” (Parra, 2003, Pg 37).

Para lo anterior se definen los impactos que las alianzas pueden generar a partir de su actividad como “el cambio inducido por un proyecto sostenido en el tiempo y en muchos casos extendido a grupos no involucrados en este efecto multiplicador” (Barreiro Noa, 2004). De ese modo la OIT define la variedad de impactos que puede tener una intervención: económicos, técnicos, socio-culturales y que a su vez define impactos en las personas, las empresas y en la sociedad (Guía para la evaluación de impacto, OIT). Por otro lado, desde la perspectiva de la gestión de proyectos, la Guía para la Dirección de proyectos PMBOK define los tipos de impactos de un proyecto como económicos, sociales y ambientales los cuales son susceptibles a perdurar mucho más que los propios proyectos. (PMBOK GUIDE, 2017)

##### ***3.1.2. Revisión de literatura***

La revisión de literatura definido como el ejercicio de recuperar un conjunto de documentos o referencias bibliográficas que se publican en el mundo sobre un tema, un autor, una publicación

o un trabajo específico. Según lo define Gálvez Toro, es una “actividad que implica buscar en documentos pasados para entender lo que ocurre ahora de manera que nos aporta información acotada a un periodo determinado de tiempo.” (Gálvez Toro, 2001). Por otro lado, la metodología de la investigación de Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista Lucio (1997) postula que la revisión de literatura consiste en detectar, obtener y consultar la bibliografía relevante que aporte a nuestro problema de investigación (Hernández Sampieri et al., 1997).

### ***3.1.3. Sistema regional de innovación (SRI)***

Cooke, Roper, & Wylie, 2003 definen un SRI como un “entramado constituido por sistemas de generación y explotación de conocimiento, los cuales interactúan y se encuentran vinculados a otros subsistemas regionales, nacionales y globales”. “El sistema regional de innovación estaría integrado por dos subsistemas de actores implicados en un aprendizaje interactivo: un subsistema de generación de conocimiento o infraestructura de apoyo regional, compuesta por laboratorios de investigación públicos y privados, por universidades, agencias de transferencia tecnológica, organizaciones de formación continua etc.; y un subsistema de explotación de conocimiento o estructura de producción regional, compuesto mayormente de empresas, especialmente de las que muestran características sistémicas”(Isaksen and Karlsen, 2010).

### ***3.1.4. Innovación abierta***

Chesbrough define la innovación abierta como “el uso de los flujos internos y externos de conocimiento para agilizar la innovación interna y así mismo la ampliación de los mercados para el uso externo de esta innovación” (Chesbrough, 2004). De ese modo su postura, menciona que la innovación abierta se extiende más allá de la colaboración entre dos empresas, y para ello serán importantes el diseño y la gestión de las comunidades innovadoras. Esto indica entonces que la “eficacia de la innovación abierta no se limitará a unas corporaciones, sino que hará un uso efectivo de conocimiento tanto interno como externo en las organizaciones” (Chesbrough, 2004).

### ***3.1.5. Interacción universidad-empresa.***

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) definen que la universidad puede jugar un papel mucho más relevante en el desarrollo económico social y cultural de sus regiones. Lo anterior según la investigación desarrollada en estudios de la OCDE de las Políticas de Innovación: Colombia. Resumen ejecutivo donde “implica el desarrollo de capacidades y la creación de vínculos duraderos entre la universidad y la industria, a través de plataformas de información y la priorización de proyectos de colaboración, que reúnan a la industria y al mundo universitario para trabajar en áreas de importancia mutua”. (OCDE, 2014)

Etzkowitz desde los inicios plantea el modelo de la Triple Hélice desde el cual postula la interacción universidad-industria-gobierno es la clave para mejorar las condiciones para la creación de innovación en una sociedad basada en el conocimiento. De ese modo el precepto la universidad desempeña un papel en el que busca desarrollar conocimiento y nueva tecnología, dada su función de principio generador de las economías del conocimiento (Etzkowitz, 2003).

### **3.1.6. Razonamiento inductivo**

El razonamiento inductivo es “la acción del pensamiento humano adoptada para producir afirmaciones y alcanzar conclusiones, partiendo de casos particulares y buscando una generalidad, es decir, abarca desde el trabajo con casos particulares hasta la formulación de una conjetura para el caso general” (Cañadas, 2002). El modelo inductivo permite pasar de hechos particulares a los principios generales (Hurtado León y Toro Garrido, 2007, p. 84). De ese modo, lo anterior permite dentro la actual investigación, a partir del estudio de una muestra, identificar atributos particulares sobre los cuales se determinarían tendencias o generalidades dentro del área de investigación, como es el caso, los resultados de los impactos que las alianzas dejan como efecto.

### ***3.1.7. Caracterización***

La caracterización está definida según la Real Academia Española como el proceso de determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de

los demás (RAE, 2019). La caracterización en general consiste en un “tipo de estudio de esencia descriptiva, la cual puede recurrir a la consecución de datos cuantitativos y cualitativos con el objetivo de aproximarse al conocimiento y comprensión de las estructuras, características, dinámicas, acontecimientos y experiencias asociadas a un objeto de estudio” (Sánchez Upegui, 2010; Strauss & Corbin, 2002).

De ese modo el desarrollo de la propuesta de caracterización de la investigación permite la identificación de datos que, de una forma estructurada, brindan información que finalmente sirven como herramienta útil en los procesos de formulación y toma de decisiones dentro del marco del área de investigación.

### ***3.1.8. Impacto ambiental***

Como conjugación de la palabra impacto y ambiente, donde impacto es definido desde el aspecto etimológico como “chocar” que posteriormente se define como acción fuerte y perjudicial, se entiende como impacto ambiental al efecto producido en el ambiente y los procesos naturales por la actividad humana en un espacio y un tiempo determinados (Wathern, 1988, 7).

Así entonces se puede decir que el impacto ambiental implica “los efectos adversos sobre los ecosistemas, el clima y la sociedad debido a las actividades” (Perevochtchikova. M , 2013) , como la extracción excesiva de recursos naturales, la disposición inadecuada de residuos, la emisión de contaminantes y el cambio de uso del suelo, entre otros.

Desde el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el impacto ambiental se alinea con el ODS#8 el cual busca promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos, adicional comprende el ODS #12, con el que se busca garantizar modalidades de consumo y producción responsables.

### ***3.1.9. Impacto social***

Desde la perspectiva de proyectos, los impactos sociales se refieren a las consecuencias planeadas o no previstas de un determinado proyecto y generalmente se relacionan con la finalidad de este. (Comisión Técnica, 2001). Por otro lado, se puede complementar en el sentido de que un

impacto social es “el cambio en el comportamiento de algún componente de la dinámica social registrada como resultado de algún proyecto o política ejecutados en algún lugar” (Burdge y Vanclay, 1996; Vanclay, 2015; Verduzco Chávez et al. , 2019)

Así mismo, desde el marco propuesto por la ONU, para la investigación, el impacto social abarca el ODS #3, el cual indica que se garantiza una vida sana y se promueve el bienestar para todos en todas las edades, de igual manera el ODS #4, con el que se garantiza una educación inclusiva, equitativa y de calidad para promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

Adicionalmente desde el marco de cooperación, el ejercicio de cooperación entre universidad y empresa, apunta a revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible mencionado en el ODS #12 y al cumplimiento desde el enfoque de construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación según el ODS #9 .

### ***3.1.10. Impacto económico***

Hace referencia al efecto que una medida, una acción o un anuncio generan en la economía. Cuando algo tiene impacto económico, provoca consecuencias en la situación económica de una persona, una comunidad, una región, un país o el mundo. (Porto & Gardey, 2019)

De igual manera se evidencia la necesidad de promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos lo cual apunta al ODS #8 de igual manera y construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación como impacto económico se relaciona con el ODS #9.

## **3.2. Marco de antecedentes.**

### ***3.2.1. Documento: Proyecto Conceptualización e Instrumentalización Del Modelo De Cooperación Para La Innovación Alianza Uis-Ecopetrol.***

**Entidad:** Grupo de investigación INNOTECH - UIS

**Objetivo:** Desarrollado desde la visión del modelo de cooperación para la innovación de alianza UIS-ECP, este proyecto busca promover la experiencia desde varios aspectos estratégicos del proyecto con el fin de identificar factores que fueron vitales para el desarrollo del convenio y así mismo asimilar las experiencias aprendidas de manera que se pueda divulgar como mecanismo de transferencia y refinación. Con este se logra mostrar la importancia de la interacción entre la empresa y la universidad con el fin de lograr resultados que apunten al desarrollo e innovación de la región.

**3.2.2. Documento:** *Alianza estratégica de investigación “bajo el mismo techo” entre la universidad industrial de santander y el instituto colombiano del petróleo- ecopetrol.*

**Autores:** Arenas, Piedad; Arias, Cinthya; Mantilla, Andrés; Ordoñez, Aníbal; Carreño, Francia; Uribe, María Paula

**Descripción:** En este se contempla el estudio de la alianza estratégica pionera en la región y los resultados que se obtuvieron en su primer año de ejecución. Como antecedente de la formación de la alianza se expone el desarrollo conjunto realizado con anterioridad entre las instituciones y que a su vez apuntan a intereses de la región y del CTI de Colombia. En contenido, el artículo permite identificar fuentes de alianzas y los beneficios y resultados en términos de innovación que van a depender de las capacidades de los involucrados para implementar innovación conjunta.

Por otro lado, en la Universidad Industrial de Santander se desarrollaron 3 proyectos de investigación que sirvieron como referentes para el desarrollo del proyecto y que aportan desde su contenido a la elaboración del presente proyecto.

**3.2.3. Documento:** *Tipología de métodos para el análisis de actores en el contexto de spin-off universitarias.*

**Autores:** Fredy Alexander Argüello Sierra, Diego Fernando Sandoval Rivera.

**Descripción:** El proyecto busca categorizar los métodos empleados en el análisis de actores para que sean aplicados en el contexto del mecanismo de transferencia de tecnología de Spin-Off universitaria. Para el desarrollo de la fase inicial de ese proyecto se realizó una revisión de literatura a fin de identificar métodos y tendencias empleadas en el análisis de actores,

seguidamente, en su segunda fase se propone una clasificación de los métodos identificados en la revisión previa, los cuales serían presentados a través de una tipología con el fin de que fuesen aplicados en el contexto del mecanismo de transferencia de tecnología de Spin-Off universitaria. De esa manera como aporte fundamental para el proyecto en curso, está el aporte metodológico hacia la categorización de resultados obtenidos a partir del desarrollo y análisis de la revisión sistemática de la literatura. (Rivera and Freddy, 2019)

**3.2.4. Documento:** *Identificación de factores de éxito en la creación de empresas con base tecnológica, generadas a partir de la producción académica de grupos de investigación en Colombia.*

**Autores:** Ana Celina Gutiérrez Bautista

**Descripción:** El proyecto define como objetivo la determinación de factores que pueden refinarse como impactos de un resultado de una alianza entre universidad y empresa que para el actual proyecto es de incumbencia. De ese modo el documento presenta casos de empresas de base tecnológica en la que se podría ver potencializada bajo los modelos de alianza que se desarrolla entre la academia y universidad aún siendo los spin off resultados de la investigación en la universidad y los grupos investigativos en esta (BAUTISTA, 2017).

**3.2.5. Documento:** *Análisis del sistema Nacional y Regional de Innovación: España y la Rioja*

**Autor:** Andrés Manzana Martínez

**Institución:** Universidad de la Rioja, España.

**Descripción:** El objetivo principal de este trabajo es analizar el concepto de sistema de innovación en su ámbito nacional y regional, de forma teórica y teórico-descriptiva mediante el ejemplo español y Riojano. De ese modo en el documento concluye una postura frente al concepto de sistema regional de innovación como " el conjunto de relaciones entre los diferentes agentes que se ven involucrados en el proceso de innovación de un país y de la capacidad que tienen entre ellos de interactuar y establecer redes de interdependencia mediante las cuales se comparte y difunde el conocimiento y la innovación". Así, el proyecto permite realizar la conceptualización de los

sistemas Regionales y Nacionales de Innovación, de manera que aportará fundamentalmente en esto y en la identificación de sus características principales (Martínez, 2015).

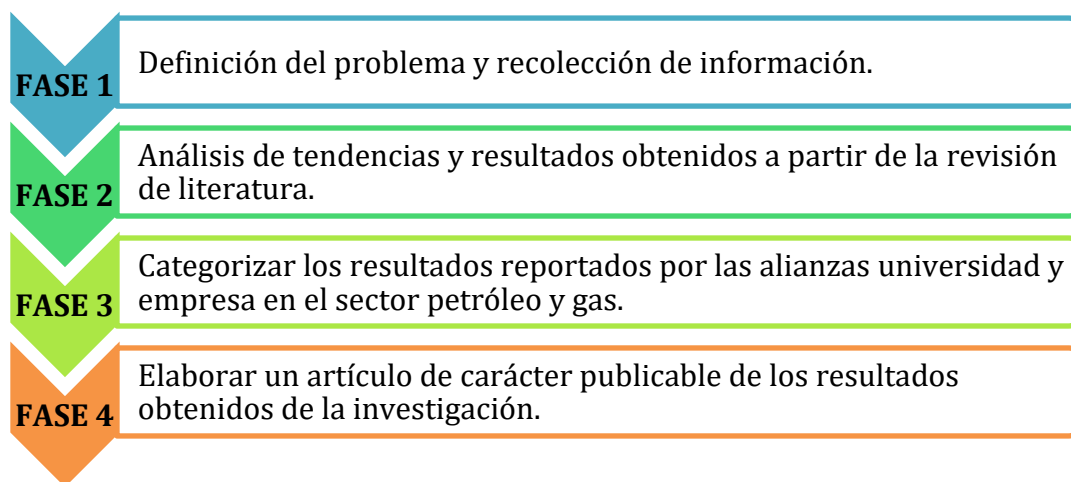
#### 4. Desarrollo metodológico

Para dar cumplimiento a los objetivos formulados para la investigación, se definió una metodología que permitió llevar un proceso sistematizado desde la determinación de las necesidades de información, hasta su posterior análisis y divulgación.

A continuación, se presenta el desarrollo de la metodología planteada para la caracterización de los resultados económicos, sociales y ambientales de las alianzas entre universidades y empresas en el sector petróleo y gas. En ese sentido y para su cumplimiento, el presente capítulo se divide en las cuatro fases metodológicas, las cuales corresponden a cada uno de los objetivos específicos planteados. De ese modo el capítulo comprende la revisión de literatura realizada durante la primera fase, su posterior análisis e identificación de tendencias, seguido de la selección de casos específicos a estudiar y analizar a través de un software de análisis cualitativo, la propuesta de categorización desarrollada por los investigadores y finalmente en un artículo de carácter publicable se presentan los hallazgos más relevantes de la investigación

#### Figura 8.

*Metodología de la investigación.*



*Nota:* Elaboración propia

En las secciones posteriores, se presenta en detalle el desarrollo de cada una de las fases expresadas en la figura 10. definidas y detalladas en las actividades que se realizaron en ellas desde los objetivos propuestos en el apartado 4.

La metodología para la realización de la categorización se basa en el análisis de las experiencias documentadas, para lo que se requirió que la información se recolecta bajo formatos de codificación. Este formato es una adaptación tabla descriptiva del artículo publicado por Redd et al., (2009) a la investigación según las necesidades. Esta metodología se desarrolló en vista de la disponibilidad de información que se tenía de cada alianza y del alcance que este proyecto había definido.

#### **4.1. Fase 1. Definición del problema y recolección de información**

La fase inicial del proyecto se encuentra documentada en el capítulo 2 del presente documento. El desarrollo de esta fase contempla la revisión en la literatura de los resultados de las experiencias documentadas en el marco de las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas. En cumplimiento a lo anterior a continuación se enlistan las actividades desarrolladas en el capítulo 2:

- Revisión de literatura gris.
- Selección de bases de datos y fuentes.
- Prototipado y formulación de ecuación de búsqueda.
- Realización del análisis bibliométrico a través Vantage Point, software de análisis cualitativo y minería de texto.
- Definición de criterios de inclusión y exclusión.
- Selección de documentos y análisis preliminar.

El desarrollo de esta fase se encuentra documentado en el capítulo 2 del documento.

#### **4.2. Fase 2. Análisis de tendencias y resultados obtenidos a partir de la revisión de literatura.**

Desarrollado el análisis hecho a partir de la revisión de literatura, se procede a hacer el análisis de la información obtenida con el fin de reportar el panorama que se tiene de dichos documentos y poder conocer los enfoques y esfuerzos actuales de las alianzas universidad y empresa.

En ese sentido en el capítulo 5.1 se presentan las actividades desarrolladas a lo largo de la fase, comprendidas por los análisis del tipo de documento divulgado, la participación de países en trabajos colaborativos universidad-empresa en el sector, adicionalmente los análisis de frecuencia por años de la documentación de los resultados de las alianzas, los enfoques de los esfuerzos realizados a lo largo de las alianzas y finalmente se presenta el análisis de la participación de empresas y universidades en los trabajos colaborativos universidad y empresas del sector petróleo y gas.

#### **4.3. Fase 3. Categorizar los resultados reportados por las alianzas universidad y empresa en el sector petróleo y gas que impactan social, económica y ambientalmente.**

A partir de la información recopilada en la fase previa y para el desarrollo de esta fase, inicialmente se realizó la descripción de las experiencias documentadas, posteriormente se realizó la selección de la muestra a estudiar, la construcción del instrumento de recolección de información y finalmente el procesamiento de la información obtenida a través del software de análisis cualitativo NVivo. En cumplimiento a lo anterior, a continuación, se detallan las actividades mencionadas.

##### ***4.3.1. Descripción de las experiencias documentadas a estudiar.***

Una vez seleccionadas las experiencias documentadas para la investigación, se realizó un análisis riguroso a estas experiencias de forma que permitiera identificar características y aspectos útiles dentro de la investigación y para la codificación a utilizar a fin de obtener un panorama general de una categorización preliminar; esta descripción se realizó basándose en:

- País o países que intervienen
- Universidades y empresas que participan
- Objetivo de la experiencia
- Resultados obtenidos
- Posición de las universidades bajo un ranking internacional
- Posición de las empresas involucradas bajo un ranking internacional

Para el ejercicio se establecieron los dos últimos aspectos con el fin de darle más relevancia en la investigación a los resultados documentados según la posición que ocupan las universidades y empresas bajo el conjunto de indicadores de evaluación de un ranking internacional que estuviesen alineados con la investigación en curso. Esta descripción se encuentra diligenciada en el *apéndice B*.

#### ***4.3.2. Selección de la muestra a partir ranking de universidades y empresas a nivel mundial.***

Una vez iniciado el desarrollo de la tercera fase de la metodología, la base de datos SCOPUS, notificó una alerta, la cual es generada automáticamente en la medida que nuevos artículos disponibles respondan a la ecuación de búsqueda planteada para la investigación. De ese modo se corrió la ecuación de búsqueda nuevamente, obteniendo como resultado un total de 296 artículos, lo que indicó 8 artículos adicionales. Por lo anterior se realizó la revisión detallada de los 8 documentos nuevos, de los cuales 1 de ellos por su contenido se consideró relevante para la siguiente fase del proyecto. Finalmente se obtuvo un total de 50 documentos relevantes para la investigación. El resultado al ejecutar nuevamente la ecuación se encuentra evidenciado en el *apéndice A*.

En ese contexto, a partir de las experiencias documentadas revisadas en la fase previa, metodológicamente se decidió seleccionar una muestra a estudiar la cual permitiera realizar un acercamiento óptimo a los objetivos de la investigación. Para esto, se tuvo en cuenta los resultados y tendencias identificadas en la fase previa del proyecto, y se seleccionó el ranking de universidades y empresas que por sus indicadores de evaluación permitiera identificar las

instituciones mejor calificadas y con mejor desempeño dentro del área de interés. De ese modo posterior a un análisis de diferentes rankings, se eligió el ranking realizado por el CWUR (Center for World University Rankings) el cual, “publica la única clasificación mundial de universidades midiendo la calidad de la educación y la formación de los estudiantes, así como el prestigio de la facultad y la calidad de sus investigaciones, basándose únicamente en indicadores sólidos y datos reales verificables”. (Center for World University Rankings,2020) . CWUR publica una lista de las mejores 2000 universidades a nivel mundial a partir de sus siete indicadores de medición:

1. Calidad de la educación, medida por el número de ex alumnos de una universidad que han obtenido importantes distinciones académicas en relación con el tamaño de la universidad (25%)
2. Empleo de ex-alumnos, medido por el número de ex-alumnos de una universidad que han ocupado altos cargos ejecutivos en las mayores empresas del mundo en relación con el tamaño de la universidad (25%)
3. Calidad de la Facultad, medida por el número de miembros de la facultad que han ganado importantes distinciones académicas (10%)
4. Rendimiento de la investigación:
  - Rendimiento de la investigación, medido por el número total de trabajos de investigación (10%)
  - Publicaciones de alta calidad, medidas por el número de trabajos de investigación que aparecen en las revistas de más alto nivel (10%)
  - Influencia, medida por el número de trabajos de investigación que aparecen en revistas de gran influencia (10%)
  - Citas, medidas por el número de trabajos de investigación muy citados (10%)

Por lo anterior y debido a la naturaleza de la investigación y de los afiliados en los casos de cooperación, se decidió utilizar el World University Ranking 2020-21 evaluado en todas las áreas del conocimiento, publicado por CWUR. (World University Rankings 2020-21, 2020)

De forma paralela se consideró relevante seleccionar un ranking que evalúa las empresas en el sector. Para este ejercicio se decidió utilizar el informe realizado por la revista internacional Fortune, organización global de medios de comunicación dedicada a ayudar a sus lectores y asistentes a tener éxito en los negocios (FORTUNE, 2019). Global 500, como se titula el informe, es un ranking, considerado fuente de información financiera y que a su vez posiciona a las empresas de acuerdo con criterios que impactan actualmente en la industria, la academia y en la sociedad. El informe generado (Global 500), por su estructura, brinda versatilidad a los lectores permitiéndole así realizar una búsqueda alineada con el sector económico de interés; resultando que para la presente investigación se enfocó la búsqueda hacia el sector de la energía, que a su vez existiera una cohesión con la industria de la refinación del petróleo y los servicios que se brindan a este. De ese modo los indicadores establecidos por la revista Fortune para realizar su clasificación son:

- Beneficios o ganancias que se muestran después de los impuestos, los créditos o cargos extraordinarios, los efectos acumulativos de los cambios contables y las participaciones no dominantes
- Hoja de Balance o los activos del total de la empresa a fin de año.
- Número de empleados, cifra que se muestra es un número de fin de año fiscal tal como lo publica la empresa en su informe anual.
- Ganancias por acción, la cual refleja el rendimiento total para los inversores.

En ese sentido, basados en la revisión de las universidades y las empresas del sector a nivel global, se realizó un contraste a través de los formatos adaptados por los autores (*ver apéndice C*) el cual permitió organizar las experiencias documentadas en orden de prioridad bajo la información recolectada de los rankings. Para lo cual se seleccionó una muestra de 28 casos los cuales permitieron hacer un análisis objetivo en el marco de la investigación, y que fuera material significativo para la caracterización a realizar como cumplimiento a los objetivos trazados. Los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta para la selección de la muestra en esta fase se muestran en la tabla 7.

**Tabla 7.***Criterios para selección de la muestra*

<b>Criterios</b>	<b>Descripción</b>
Intersección ranking universidades y empresas	Experiencias documentadas de las alianzas universidad - empresa en el sector petróleo y gas en la cual los afiliados se encuentren dentro de los dos rankings seleccionados para la investigación.
Ranking universidades	Experiencias documentadas de las alianzas universidad - empresa en el sector petróleo y gas en el cual los afiliados se encuentran dentro de los primeros 1000 puestos del ranking CWUR. Margen basado en una cantidad representativa de tomar una población de mil entre doce mil que el estudio de webometric presenta en cifras. (WEBOMETRICS, 2020).
Ranking empresas	Experiencias documentadas de las alianzas universidad - empresa en el sector petróleo y gas en el cual los afiliados se encuentran dentro de las primeras 100 empresas del sector a nivel mundial según el ranking elegido.
Alianza	Documentos desarrollados metodológicamente bajo la definición de alianza y trabajo colaborativo, en este caso universidad-empresa en el sector petróleo y gas.

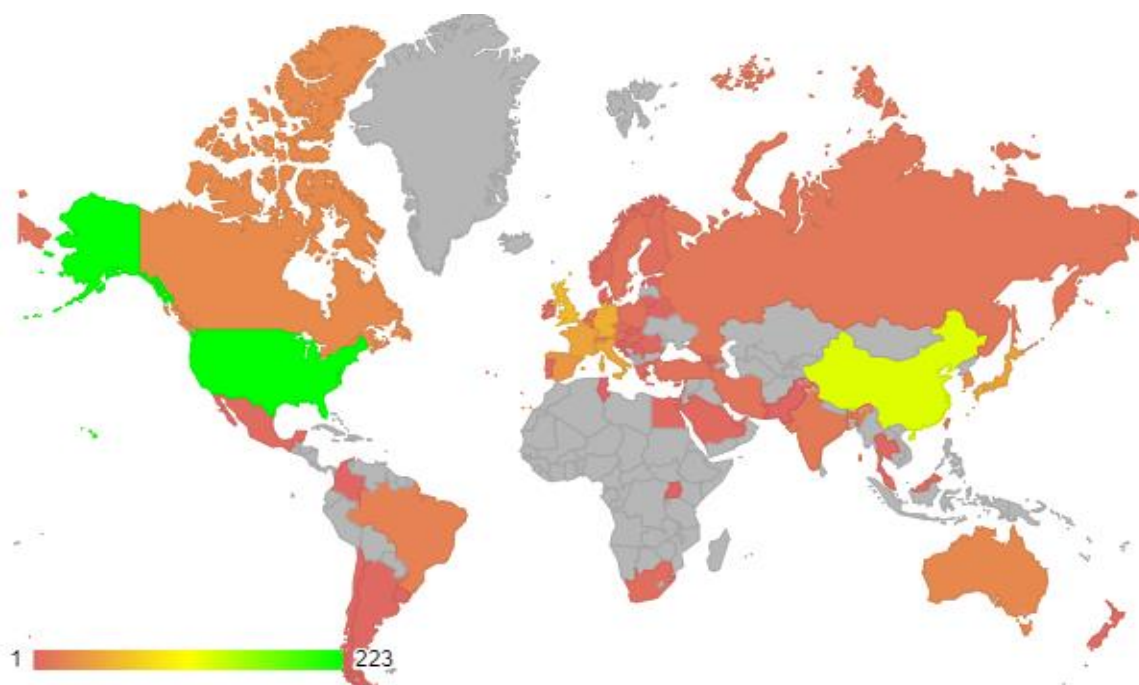
**4.3.2.1. Distribución de países a nivel mundial en el ranking CWUR.**

El papel importante de las universidades dentro de la investigación actual y futuras de trabajos colaborativos universidad-empresa, motivó a identificar oportunidades en instituciones educativas con alto nivel académico en sus programas, estudiantes y profesores, para desarrollar trabajos que permitan avanzar hacia un ecosistema de conocimientos actualizado donde su papel de generador de conocimiento sea reconocido globalmente.

De ese modo, a partir del ranking CWUR utilizado para la investigación, como se muestra en la *figura 11*, se identificaron países a nivel mundial con el mejor potencial académico con oportunidades para trabajar en colaboraciones universidad-empresas. Estados Unidos y China dentro de las primeras 1000 mejores universidades a nivel mundial, ocupan los primeros lugares con mayor número de universidades de excelencia académica con potencial para generar conocimientos nuevos en la industria del sector.

**Figura 9.**

*Distribución geográfica de las mejores 1000 universidades según CWUR*



*Nota:* Elaboración propia basado en información obtenida de Nvivo.

Así mismo a nivel local, en Latino América se cuenta con instituciones educativas de calidad que representan oportunidades en el camino hacia ecosistemas académicos e industriales. Brasil, Colombia, Chile, Argentina y Uruguay, con instituciones educativas ubicadas dentro las mejores 1000 a nivel mundial, son países con grandes oportunidades y potencial para desarrollar trabajos colaborativos con la industria nacional e internacional.

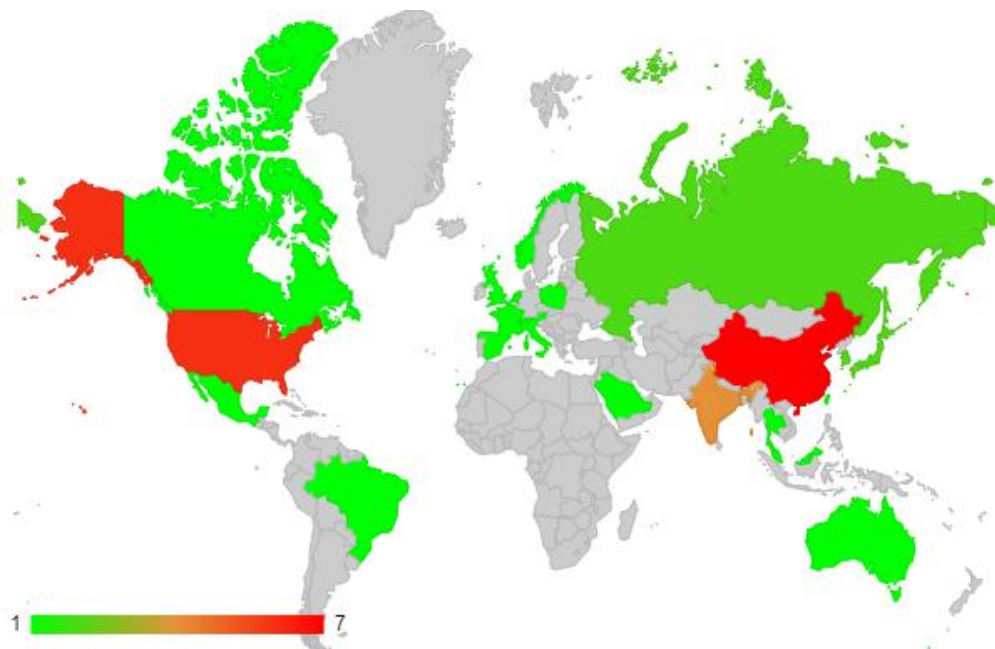
#### 4.3.2.2. Distribución de los países a nivel mundial en el ranking empresas

Identificar el panorama global de las compañías más representativas del sector petróleo y gas, comprendiendo a empresas productoras y empresas prestadoras de servicios en el sector, es valioso para esta investigación. Saber en dónde se están concentradas las compañías más relevantes, permite enfocar el ejercicio investigativo y el futuro desarrollo de cooperaciones con la academia. Así mismo se pretende mostrar cómo se encuentran actualmente distribuidos en orden de importancia las empresas.

Se tomó del ranking diseñado por la revista FORTUNE del año 2020, las empresas más representativas de la industria del petróleo y gas, las cuales se encuentran dentro de las 500 empresas más grandes del mundo.

#### Figura 10.

*Distribución geográfica de las mejores empresas según ranking FORTUNE.*



*Nota:* Elaboración propia basado en información obtenida de Nvivo.

El análisis permite observar que a nivel mundial China presenta una mayor participación en cuanto a la cantidad de empresas del sector que se encuentran en un rango alto de importancia seguido de Estados Unidos, esto dado el nivel de industrialización, desarrollos científicos y tecnológicos y poder económico que representan ambas naciones. Por otro lado, Brasil y México son los mejores representantes de nivel Latino Americano con las dos empresas emblema Petrobras y Pemex respectivamente.

#### ***4.3.3. Construcción del instrumento de recolección de información.***

Una vez identificada la muestra a estudiar para la investigación, se procedió a hacer una revisión exhaustiva de cada uno de los documentos seleccionados, con el fin de encontrar información relevante que permitiera identificar factores claves para el análisis posterior. Para eso se realizó una búsqueda en la web de documentos relacionados a cada caso y una búsqueda en los sitios oficiales de las organizaciones participantes en las alianzas. Sin embargo, teniendo en cuenta la limitada información al respecto y con la intención de ampliar resultados, se decidió hacer la búsqueda a través de un contacto directo con cada una de las instituciones educativas involucradas, de forma que nos permitiera conocer y extraer información relevante y desconocida de cada experiencia documentada, a fin de identificar patrones e información útil que posteriormente serían claves dentro del procesamiento de información.

Para esto se buscaron puntos de contacto de al menos 2 personas de cada institución en las que se desarrollaron las alianzas con el fin de obtener una fuente de información primaria y con un nivel de fiabilidad apropiado en la medida que sean profesionales inmersos en la academia, conocedores de los resultados que pudo generar las experiencias documentadas incluyendo a su autor o autores en ciertos casos. En primer lugar, directamente de las páginas institucionales se tomaron los contactos (correo electrónico) según estos perteneciera a un docente o participante de la facultad de Ingeniería de Petróleos o afines. A continuación, bajo un modelo de carta se ajustaron las partes que competen al destinatario, nombre de la universidad y empresa o empresas que intervienen en la colaboración. El modelo de carta se puede revisar en el apéndice H. Siendo la confidencialidad de los proyectos un factor limitante, esta comunicación directa con los investigadores permitió obtener información adicional importante de algunos de los casos

seleccionados para la investigación. Adicionalmente la comunicación vía correo electrónico permitió contactar con el Dr. Craig de la Escuela de Minas de Colorado quien facilitó un espacio en una entrevista a través de la cual se pudo conocer su experiencia de más de 30 años en trabajos colaborativos entre la academia e industria en el sector petróleo y gas. Así mismo conocer la experiencia del Dr. Craig permitió tener un panorama real más amplio de la importancia de los trabajos en conjunto y de los aspectos relevantes a la hora de ejecutarlos. La transcripción de la entrevista se puede revisar en el *apéndice D*.

Para la documentación de esta revisión se registró en una matriz diseñada por los autores la información que se consideró de valor dentro de la investigación. Este documento que sintetiza la información permite identificar criterios importantes correspondientes a cada experiencia y que posteriormente fueron implementados como códigos dentro del análisis de datos cualitativos. El formato utilizado para la extracción de la información se puede observar en el *apéndice B*.

#### ***4.3.4. Procesamiento de información mediante la utilización de software de análisis de datos cualitativos***

Para el procesamiento de la información, por la naturaleza de la información disponible a analizar se seleccionó el software NVivo, software diseñado para organizar, analizar y encontrar información en datos no estructurados o cualitativos. El protocolo de revisión se puede revisar en el *apéndice E*.

#### **4.4. Fase 4. Elaboración de un artículo de carácter publicable de los resultados obtenidos de la investigación.**

De acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del proyecto y para cumplir con el último objetivo de este, se presenta un artículo científico publicable donde se evidencia la metodología realizada a través de las fases propuestas y los principales hallazgos. Así mismo, en este artículo se presenta a partir del análisis y procesamiento de información revisada, la propuesta de categorización de los resultados de las alianzas universidad empresa en el sector

petróleo y gas, que impactan económica, social y ambientalmente y finaliza en las recomendaciones que la discusión deja como resultado.

Así, se seleccionó la revista *UIS Ingenierías*, debido a que su principal objetivo es “difundir investigaciones originales y relevantes que presentan revisiones interpretativas y discusiones en torno a los nuevos conocimientos y las prácticas profesionales en las distintas áreas de la ingeniería y las ciencias aplicada” (*UIS Ingenierías*, 2002). Es importante destacar que la revista está indexada en en PUBLINDEX, Índice Nacional de Publicaciones Seriadas Científicas y Tecnológicas Colombianas de COLCIENCIAS en Categoría C; EBSCO FUENTE ACADÉMICA PREMIER, Base Bibliográfica Fuente Académica; Emerging Sources Citation Index; REDALYC -Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal; LATINDEX, El Sistema Regional de Información en línea para Revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal; DIALNET; MIAR, Matriz de Información para el Análisis de Revistas; REDIB, Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico y DOAJ, directorio de publicaciones de acceso abierto.

Adicionalmente, seleccionando a la Revista *UIS Ingenierías* se hace un aporte a la investigación de la Universidad Industrial de Santander, y se apoya a la investigación científica de la región en el sector.

El artículo se evidencia en el *apéndice F*.

## 5. Resultados

A partir de la información recopilada en las fases previas de la investigación, mediante el análisis y procesamiento de la información, a continuación, se presentan los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo de la investigación los cuales contemplan desde el análisis de la información obtenida a partir de la revisión de literatura hasta la propuesta final de categorización de los resultados de las alianzas universidad-empresa en el sector de petróleo y gas.

## 5.1. Revisión de literatura

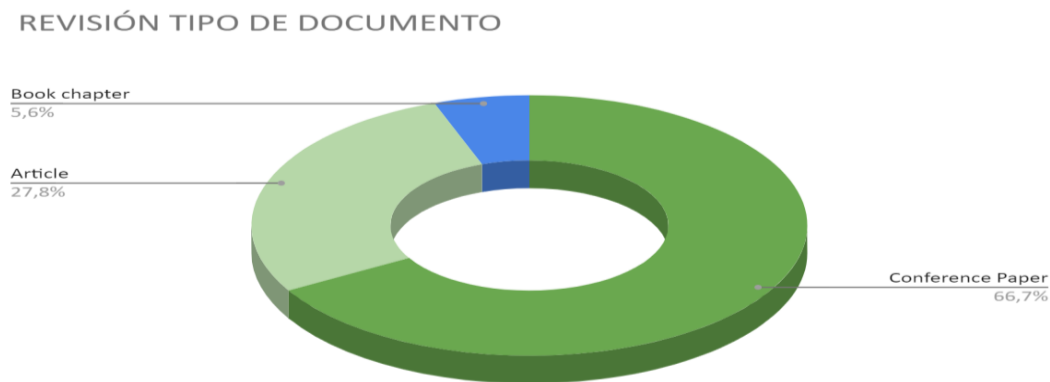
### 5.1.1. Tipo de documento.

A lo largo de la revisión realizada y la búsqueda de información relevante para la investigación, se pudo percibir el papel importante que juega la accesibilidad de la información, existiendo una importante restricción por la confidencialidad de los documentos dentro de este tema de investigación. La naturaleza de los documentos y la información que se desarrolla a partir de los trabajos colaborativos universidad-empresa, su confidencialidad, sus usos comerciales y los actores involucrados no permite una divulgación abierta de los mismos; limitando de esta manera el enriquecimiento de los casos a revisar.

En este marco, para la revisión de literatura se seleccionaron 53 documentos con un enfoque importante hacia la investigación, 36 de los mismos son memorias de eventos, lo que significa que un 67.92% de las experiencias de cooperación universidad-empresa en el sector petróleo y gas obtenidas bajo la ecuación de búsqueda planteada, son publicados y compartidas a través de eventos de divulgación científica, los cuales reúnen actores tanto de la academia como de la industria, por lo que se recomienda para futuras investigaciones del tema, tener presente que en el formato de memorias de evento se encuentran múltiples casos e información para el ejercicio investigativo. Así mismo los artículos científicos y capítulos de libros representaron respectivamente el 26% y 6% restante.

#### Figura 11.

*Tipo de documentos donde se encuentran documentados los resultados de las alianzas*



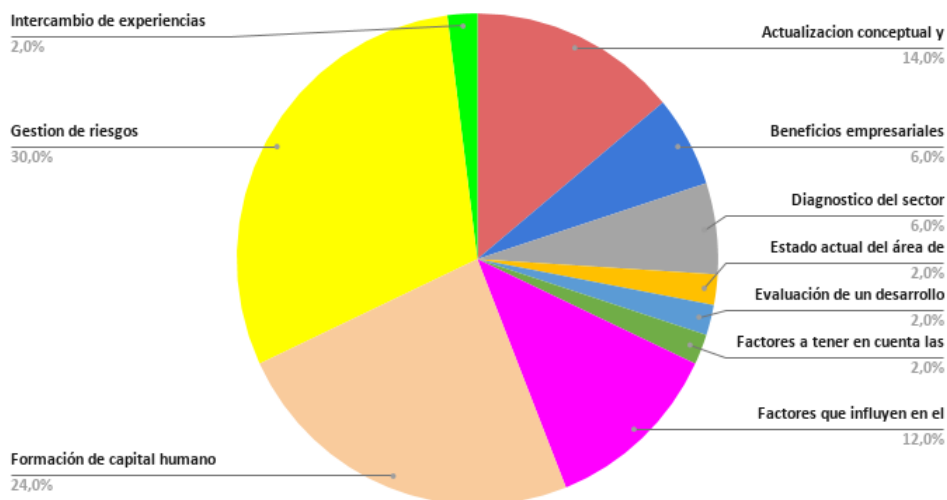
*Nota:* Elaboración propia.

**5.1.2. Enfoque de los esfuerzos**

El desarrollo de esta fase permitió identificar el direccionamiento de los esfuerzos que actualmente la universidad y la industria realizan para el desarrollo de trabajos colaborativos documentados. Como se evidencia en la *figura 14*, de los documentos revisados el 30% de los esfuerzos está enfocado hacia la gestión de riesgos ambientales, sociales y económicos que impacten en la universidad, en la empresa o en la sociedad; adicionalmente un 24% está direccionado hacia la formación de capital humano, ingenieros de petróleos que respondan a las necesidades actuales del sector y que estén capacitados para desempeñarse idóneamente dentro de la industria. Finalmente parte del porcentaje restante, el 14% de los esfuerzos están enfocados hacia la actualización conceptual y experimental del sector, los cuales permitan realizar un acercamiento a la exploración, refinación y producción, permitiendo la profundización de conceptos y lograr una mejora en los mismos que sean aplicables a la industria y un porcentaje del 12% que responde a los esfuerzos realizados para documentar los casos y factores de éxito de los trabajos colaborativos universidad-empresa, los cuales son altamente valiosos para los pares que busquen una alianza exitosa entre la industria y la academia.

**Figura 12.**

*Frecuencias de enfoques de los trabajos colaborativos revisados.*



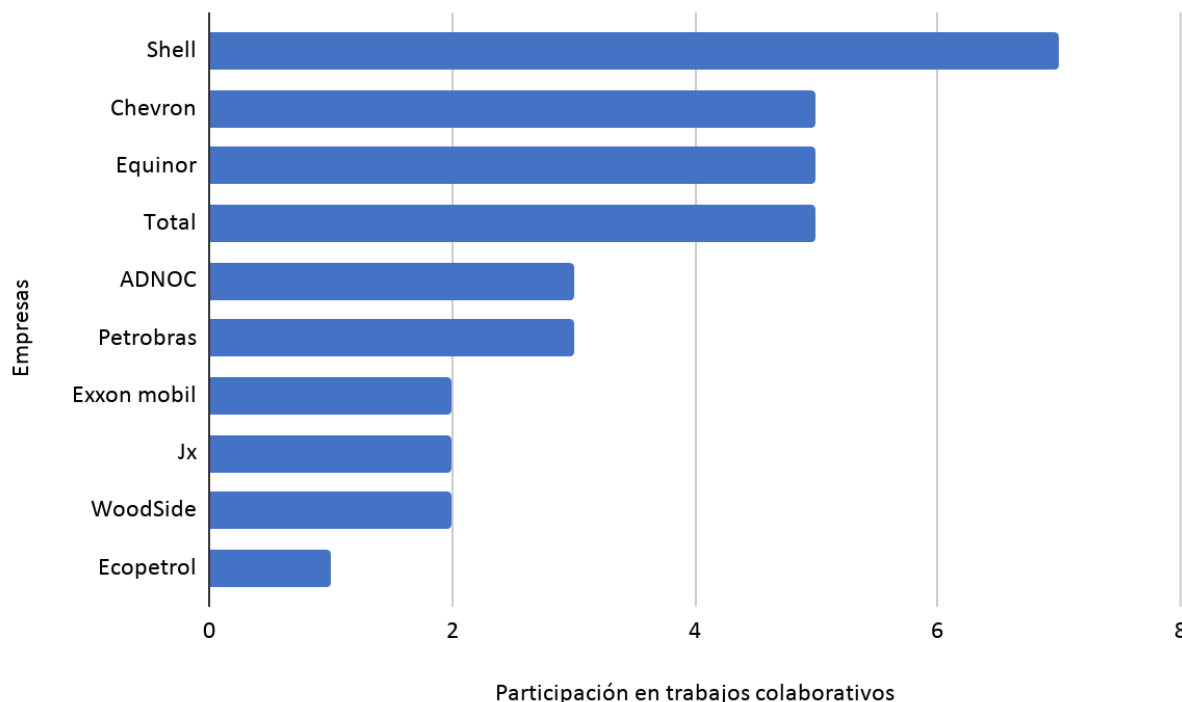
*Nota:* Elaboración propia basado en la información recolectada.

**5.1.3. Participación de la industria**

A partir de la revisión se pudo identificar que empresas representativas en el sector utilizan parte de sus esfuerzos de I+D en cooperaciones con universidades las cuales a partir de un dinamismo entre lo académico y lo experimental permiten mejorar las capacidades de los procesos de las empresas y las de aprendizaje de los estudiantes en formación en la universidad. En ese sentido, se encuentran empresas que prestan tanto servicios a la industria como otras encargadas de la explotación y la transformación de los hidrocarburos, empresas que se encuentran ubicadas en posiciones importantes en el sector a nivel mundial según el ranking de la revista FORTUNE (Fortune,2020) y que a su vez han hecho parte de trabajos colaborativos universidad-empresa en el sector.

**Figura 13.**

*Participación de las empresas en trabajos colaborativos.*



*Nota:* Elaboración propia.

Equinor, antes conocida como Statoil, es una empresa noruega energética integrada que se dedica principalmente a desarrollar actividades de exploración y producción de petróleo y gas. Dentro de la revisión realizada, participó en 5 de los documentos seleccionados, lo que corresponde a un 9.43% de los mismos, porcentaje importante frente a la participación de las demás empresas identificadas y lo que permite decir que parte de sus esfuerzos en desarrollos son realizados en trabajos en colaboración con la academia. También se encuentra Chevron, empresa petrolera estadounidense constituida en 1911 en California que durante los años se ha mantenido en las primeras posiciones del sector. Esta tiene una participación del 7.54% de los documentos seleccionados, trabajos que ha desarrollado con universidades dentro y fuera del país en el que se encuentra su sede principal. Finalmente, Petrobras, empresa brasilera, una de las principales representantes latinoamericanas en el sector, participó en 5.66% de los documentos, evidenciando cómo esta empresa es un referente de la cooperación de los entes, así como lo es Ecopetrol para Colombia, la cual presenta una participación del 2% en los documentos tratados. A nivel mundial muchas de estas empresas tienen un reconocimiento por su participación en el mercado, siendo así mencionadas Shell, Chevron, Equinor, Total, Petrobras y Exxon por la revista FORTUNE entre las mejores 500 empresas a nivel mundial.

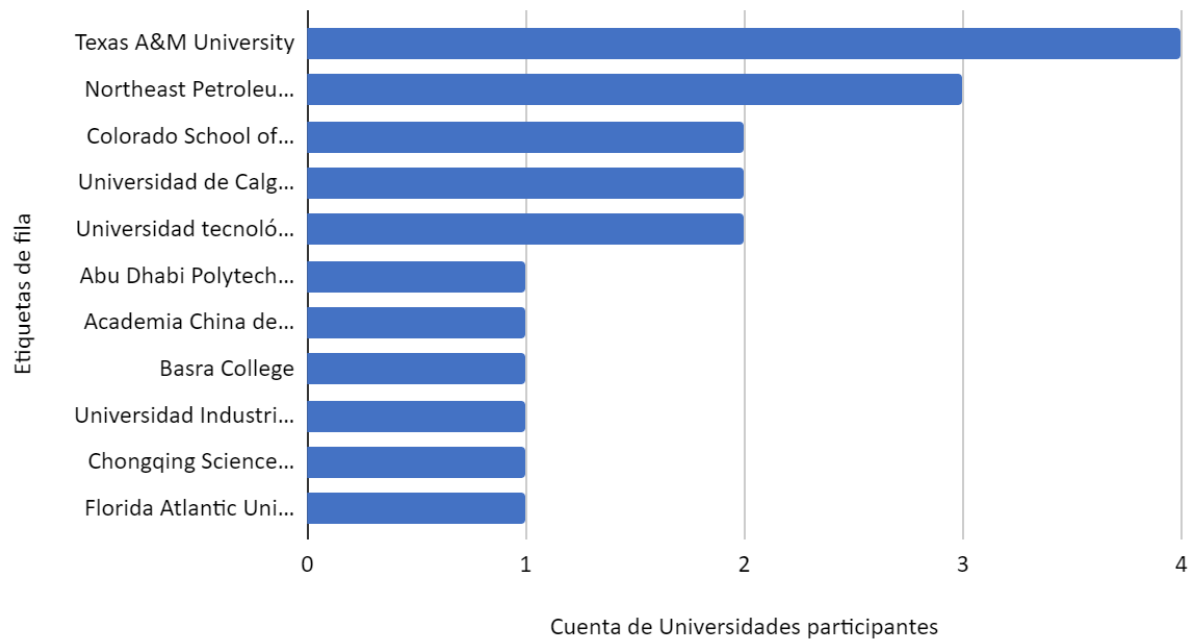
#### ***5.1.4. Participación académica en modelos de trabajo colaborativos***

En el marco de las universidades que participan de las alianzas la que mayor participación presenta es la Universidad de Texas como se muestra en la *figura 16*. Dicha universidad es un referente nacional e internacional en cuanto a la formación de profesionales en el área de la ingeniería de petróleos. En la investigación se pudo evidenciar que es una institución que se preocupa por la calidad de los estudiantes que forma y de manera complementaria a la teoría que imparten, permiten a los estudiantes tener contacto con la industria de múltiples maneras haciendo el proceso educativo más integral y brinda a quienes se forman, herramientas que les permite desempeñarse correctamente en los retos actuales del sector.

**Figura 14.**

*Participación de Universidades en trabajos colaborativos.*

Cuenta de Universidades participantes



*Nota:* Elaboración propia basados en la información obtenida de la revisión.

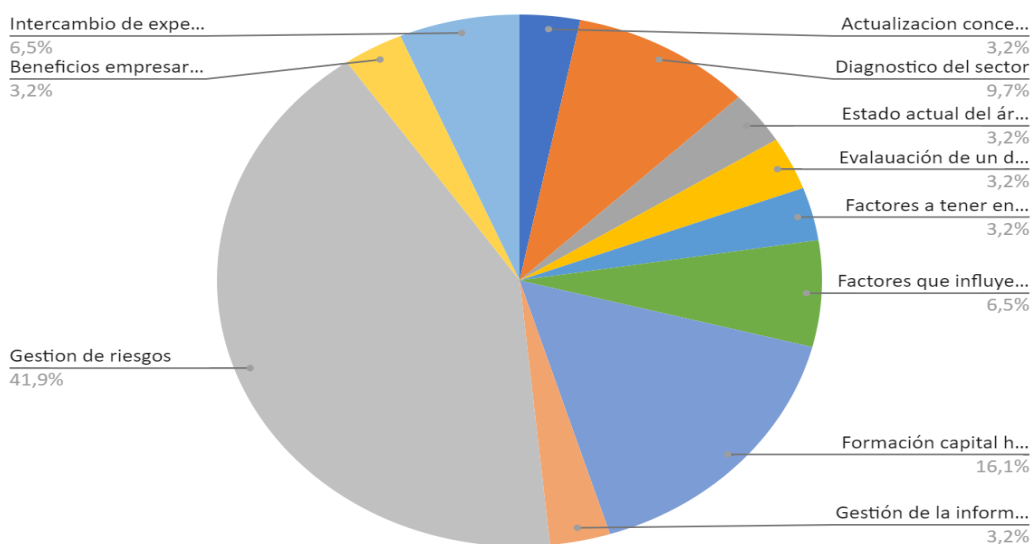
Por otro lado, otra universidad representativa es la Colorado School Of Mines, la cual también es referente en orden nacional e internacional. Amplía sus puertas de participación inclusive para colaborar en la creación de espacios educativos en otras naciones, para responder a los intereses de la industria. De la mano de universidades en Irak, la CSM da un salto en las cooperaciones de este tipo para promover intercambios académicos, asesorías en la creación de programas entre otros.

### 5.2. Análisis de los objetivos de las alianzas

El análisis de los casos seleccionados permitió identificar el direccionamiento de los esfuerzos que actualmente realizan las mejores universidades y las empresas representativas del sector según los rankings seleccionados para el desarrollo de trabajos colaborativos. Dentro de la muestra seleccionada el 41.9% de los esfuerzos está enfocado hacia la gestión de riesgos tanto ambientales, sociales y económicos que impacten en la universidad, en la empresa o en la sociedad; adicionalmente un 14.1% está direccionado hacia la formación de capital humano, ingenieros de petróleos que respondan a las necesidades actuales del sector y que estén capacitados para desempeñarse idóneamente dentro de la industria encontrándose alternativas como: la integración de los estudiantes en múltiples ejercicios profesionales donde se pudieran desempeñar junto a profesionales de la industria, la capacitación de los profesionales de las compañías. Finalmente, parte del porcentaje restante, el 9.7% que responde a los esfuerzos realizados para diagnosticar el sector y encontrar oportunidades de mejora dentro de los procesos de exploración, refinación y producción de petróleo.

**Figura 15.**

*Enfoques de las alianzas seleccionadas dentro de la muestra.*



*Nota:* Elaboración propia basado en información obtenida de Nvivo.



### **5.3. Distribución de los países con reservas de petróleo y producción de barriles**

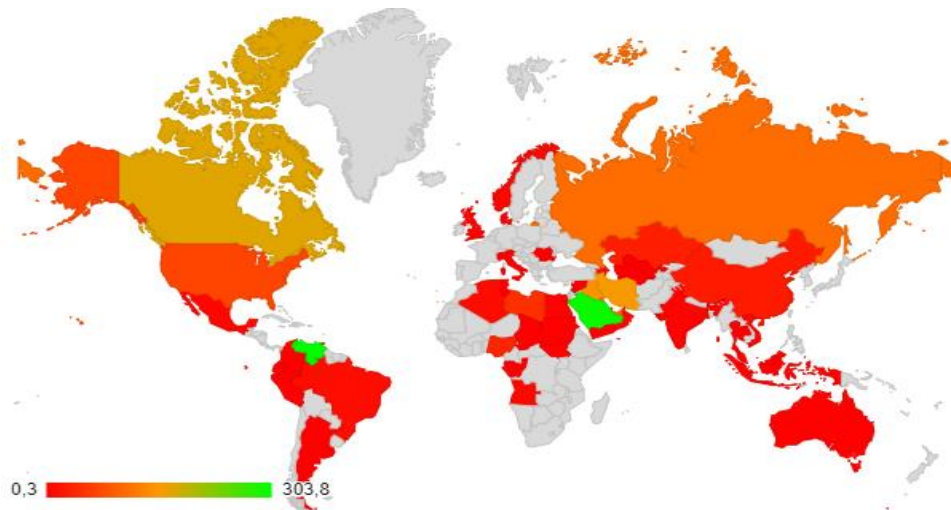
En la investigación se quiso mostrar el comportamiento de los países respecto a la cantidad de reservas de petróleo en su territorio y la cantidad de barriles que se producen del mismo, en paralelo a los países que tiene representación respecto a las alianzas que se desarrollan entre la academia y la industria tratada en el proyecto y visualizar si existe un aprovechamiento tanto de los recursos como del ejercicio cooperativo entre entidades.

Inicialmente se toman los datos del informe realizado por la British Petroleum, el cual se realiza anualmente siendo esta la edición 69. Para el reporte se tienen en cuenta cifras del 2019 y fuentes de información como la OPEC, World Oil, Oil & Gas Journal entre otras (Statistical Review of World Energy, 2020).

Adicionalmente como se observa en la figura 19, el análisis de la información permitió concluir que los países con mayor porcentaje de reservas a nivel mundial son Venezuela, Arabia Saudita, Canadá y Rusia, países que forman parte de la OPEP, organismo que es dueña del 75% de las reservas que hay en el mundo. En contraste con las grandes cantidades de reservas con las que cuentan las naciones, Venezuela es un gran representante a nivel mundial, lo cual le da un amplio marco de posibilidades para desarrollar alianzas, no obstante, a largo de la revisión realizada para identificar marcos de cooperación universidad-empresa, según la literatura, este último no participa activamente de los trabajos colaborativos.

**Figura 17.**

*Distribución geográfica de países con mayores reservas de petróleo.*

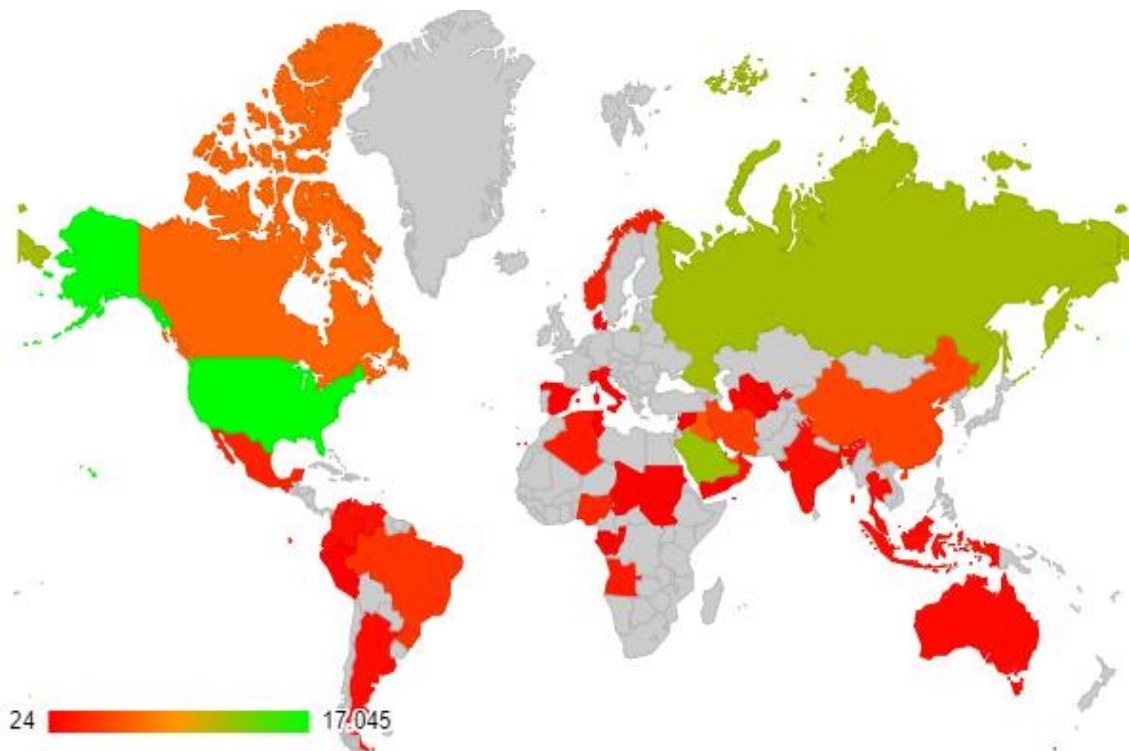


*Nota:* Elaboración propia basado en información obtenida de Nvivo.

Por otro lado, se tiene el mapa de los países que mayor tasa de producción de barriles de petróleo por día, el cual se presenta a continuación, con el propósito de poder encontrar una relación entre esa tasa de producción, con la cantidad de experiencias documentadas por los países. Cabe resaltar que la documentación de experiencias puede no llegar al punto de la divulgación y en este sentido se debe hacer una búsqueda más exhaustiva que permita identificar esas condiciones de la actual literatura.

**Figura 18.**

*Distribución geográfica países productores de petróleo.*



*Nota:* Elaboración propia basado en información obtenida de Nvivo.

Como se muestra en la *figura 20*, Estados Unidos posee la mayor participación en cuanto a los barriles de petróleo que se transan a nivel mundial diariamente, equivalente al 18% del promedio diario que se tuvo en el 2019. Esta nación a pesar de no tener la mayor cantidad de reservas ha aprovechado las que posee y esto se puede contrastar en los avances científicos y tecnológicos en adición a la cantidad de documentos en los que participa fomentando la cooperación entre la academia y la industria. Los países que siguen como mayores productores son Rusia, Emiratos Árabes y Canadá (Statistical Review of World Energy, 2020). Es por este nivel de producción que se justifica la mayor participación de los países mencionados en cooperaciones que promuevan las mejoras científicas y tecnológicas de la industria de mano de la academia. A nivel latino americano la participación no es representativa puesto que en barriles por día solo representa el 6% de la producción diaria, no obstante, hay recursos que aún no se han aprovechado

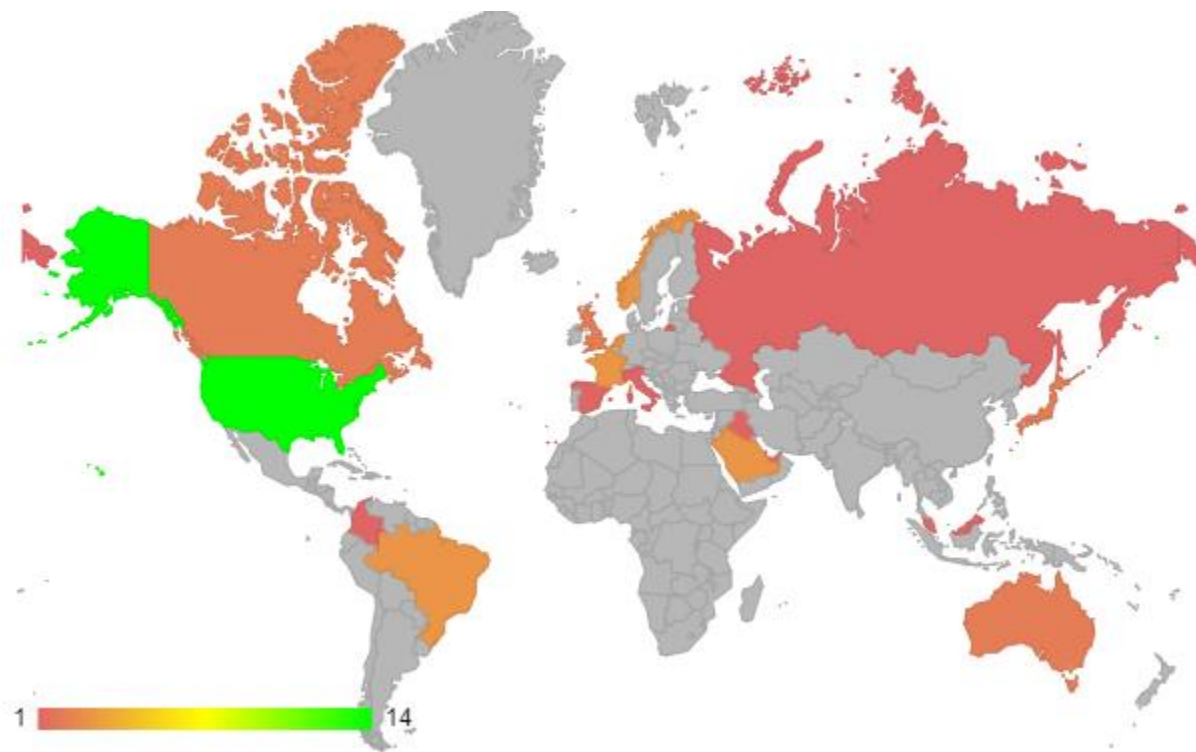
ya que las reservas que se encuentran en América central y del sur son por mucho mayores que las que se encuentran en otras partes del mundo. En este sentido es necesario, una inversión con un impacto social relevante, que apueste por la mano de obra e investigación, que promueva las soluciones innovadoras, una más alta cooperación entre la industria y academia, no solo a nivel regional sino internacional y permitan a esta región un mejor aprovechamiento de los recursos y en consecuencia el desarrollo regional y consigo un impacto económico favorable.

#### **5.4. Análisis de participación por países**

En ese marco, se identificó la participación actual de los países dentro del tema de investigación y las oportunidades existentes en países donde empresas y universidades se encuentran en posiciones importantes a nivel mundial. Estados Unidos, un país de altos ingresos según la última clasificación realizada por el Banco Mundial (World Bank, 2020), es un representativo en las prácticas del sector del petróleo y gas y en la academia, dentro esta investigación, fue identificado como el país con mayor participación en los trabajos colaborativos estudiados entre los mejores de la industria y la academia, respectivamente. Adicionalmente participaciones importantes como Noruega y Francia, países que actualmente presentan los índice más altos de desarrollo humano (IDH), “indicador de los logros medios obtenidos en las dimensiones fundamentales del desarrollo humano, a saber, tener una vida larga y saludable, adquirir conocimientos y disfrutar de un nivel de vida digno, que finalmente representa el motor fundamental de la prosperidad y la transición hacia modelos de producción y consumo más sostenibles” (PNUD, 2019).

**Figura 19.**

*Distribución geográfica de los trabajos colaborativos.*



*Nota:* Elaboración propia basado en información obtenida de Nvivo.

Así mismo, participaciones importantes de países Latino Americanos como Brasil (con empresas como Petrobras y universidades como la Universidad de São Paulo y La Universidad Estatal de Campinas) y Colombia (con empresas como Ecopetrol y universidades como la Universidad de los Andes y la Universidad Nacional de Colombia) dentro un panorama tan amplio a nivel mundial, permite identificar oportunidades desde la academia e industria latinoamericana para desarrollar trabajos colaborativos que respondan a las necesidades actuales del sector y que permitan avanzar desde las dos partes hacia la exploración, refinación y producción de petróleo más limpia con menos impactos en el medio ambiente y las personas.

Lo anterior permitió identificar que las oportunidades en la región de Santander son amplias y son respaldadas en otros estudios realizados por autores que identifican el potencial de la región. En primera instancia, según el índice Departamental de Innovación en Colombia (IDIC), Santander se encuentra en el tercer lugar, detrás de Bogotá y el departamento de Antioquia. El IDIC mide comparativamente las capacidades y condiciones sistémicas para la innovación en los departamentos del país e identifica las asimetrías entre los departamentos mediante la identificación de sus fortalezas y oportunidades de mejora, para así orientar decisiones de política pública en inversión en ciencia, tecnología e innovación (DNP, 2020). Por otro lado, la *escalera de capacidades* propuesta por (Cirera & Maloney, 2017), es un modelo conceptual que postula que, a partir de la etapa de madurez de su sistema de innovación, las regiones pueden optimizar la inversión en CTI escogiendo la combinación apropiada de instrumentos de política y alineándose con sus necesidades. Según el IDIC del 2019 del departamento y bajo la definición de Cirera y Maloney, Santander actualmente es un sistema en madurez, con oportunidades claras para trazar objetivos en la construcción de capacidades tecnológicas, incentivos hacia proyectos de I+D y vínculos universidad-empresa, los cuales le permitan al departamento avanzar en sus objetivos departamentales y contribuir en el desarrollo y la madurez tecnológica nacional.

Adicionalmente, desde el Plan de desarrollo Departamental (PDD) 2020-2023, Santander apunta a reforzar la conexión entre los nodos de la región, con los mercados nacionales e internacionales, en el marco de una estrategia de desarrollo competitivo, incluyente y ambientalmente sostenible, de forma que se fomente la diversificación productiva en el sector de hidrocarburos. Por tal razón, desde Santander la relación estará enfocada en “lograr un dinamismo de doble vía que permita llegar a ser un departamento tanto receptor como oferente de cooperación, cofinanciando iniciativas, fortaleciendo alianzas y redes de aliados, buenas prácticas y transferencia de conocimiento, que a su vez inciden en el desarrollo socio económico de Santander y más específicamente en el sector” (PDD ‘SANTANDER PARA EL MUNDO’ 2020-2013,” 2020)

Por otro lado, el 26 de diciembre de 2019 fue emitido el acto legislativo que modifica el artículo 361 de la Constitución Política de Colombia por medio del cual se reforma el Sistema

General de Regalías. Entre los principales cambios se destaca que las regiones que exploten recursos naturales no renovables pasarán de recibir un 11,2 % a un 20 % y se destinó, por primera vez, el 1 % para la conservación de áreas ambientales estratégicas (Colombia, 2019). Lo que significa mejores ingresos para Santander por concepto de regalías debido a su importante participación en la industria de los no renovables con su potencial en la extracción y refinación de hidrocarburos; y que, respaldados en una correcta toma de decisiones desde los gobiernos locales, representan oportunidades potenciales para el desarrollo de proyectos de inversión de I+D para los sectores que realmente aportan al desarrollo de la región y que promuevan el bienestar social.

Desde Santander, la Universidad Industrial de Santander consolidada como la segunda mejor universidad pública de Colombia, según la más reciente edición del Ranking Mundial de Universidades (Times Higher Education - The World University Rankings 2021), posicionada como una de las mejores 1000 universidades a nivel global y a nivel latinoamericano ocupa la posición 91; participa en redes nacionales e internacionales que permiten desde sus procesos misionales fomenta la investigación, la innovación y la gestión del conocimiento para contribuir al logro de altos niveles de desarrollo logrados con equidad, responsabilidad y justicia social (Proyecto Institucional UIS, 2018). Así las cosas, la UIS “crea condiciones para la transformación productiva y fomenta, al construir alianzas con múltiples actores del sistema de ciencia y tecnología, la innovación y el emprendimiento como requisitos de la competitividad regional y nacional” (Proyecto Institucional UIS, 2018).

### **5.5. Aspectos importantes a tener en cuenta en los trabajos colaborativos universidad-empresa**

La sociedad del conocimiento ha avanzado, considerando a las instituciones de educación superior, bajo un rol fundamental en el proceso de globalización de las industrias; donde se requiere de una formación profesional, de investigación científica, que ayude a generar procesos de innovación que sirvan para desarrollar nuevos conocimientos y enfrentar los retos que exige el mundo moderno. La vinculación universidad-empresa como un proceso dinámico y cambiante, les

permite a ambas partes contribuir al desarrollo responsable y sostenible de la academia y la industria.

Sin embargo, aunque actualmente hay numerosos ejemplos de colaboraciones, son muy pocos los que han alcanzado altos niveles de participación exitosa durante un largo período de tiempo, que incluyen no solo a universidades, sino que también incorporan las CON (compañías nacionales de petróleo), las COI (compañías internacionales de petróleo) y los ministerios, este último como representación del gobierno. Este punto se enfatiza en varios componentes poco comunes pero identificados como esenciales en las asociaciones entre las universidades y demás socios de la industria. (Van Kirk, 2011)

Sin embargo, hay muchas “buenas formas de avanzar” y ninguna forma única es óptima para todos. Se debe tener en cuenta que cada país, cada universidad y cada nuevo proyecto requiere y merece una alianza que esté preparada para encontrar las mejores oportunidades de acuerdo a sus capacidades. No obstante, tener documentadas las experiencias es de gran valor para futuras alianzas a desarrollar, y basado en lo encontrado en esta revisión, existe poca investigación sobre cómo la cooperación universidad-empresa, puede ajustarse con precisión a circunstancias regionales específicas.

En ese contexto, a partir del análisis realizado de la información obtenida de las experiencias documentadas, se identificaron tres componentes a tener en cuenta en los procesos de planeación y formulación de trabajos colaborativos universidad-empresa en el sector petróleo y gas, desarrollados a continuación:

- **Modo de innovación.**

Es relevante mencionar que un factor influyente al momento de crear alianzas entre la universidades y empresas es el modo de innovación dominante en la industria regional, ya que esta puede marcar la pauta para las universidades para desempeñar el desarrollo dentro de la industria

(Isaksen & Karlsen, 2008). De ese modo se ha considerado la distinción entre dos modos de aprendizaje e innovación, el Modelo Science, Technology and Innovation (STI) y el modelo Doing, Using, Interacting (DUI) (Jensen et al. , 2007). El Modelo STI, se sustenta en que la innovación y los procesos de aprendizaje en las empresas se dan por los aportes de inversiones en actividades de I+D, es decir “capital humano de alta calidad y la cooperación tecnológica con centros e instituciones de Ciencia y tecnologías y educación superior, inversores en ciencia y tecnología, fundaciones, entre otras modalidades institucionales” (Lepratte, Blanc, & Rodriguez, 2017) . Por otro lado, el modelo DUI por su parte, se caracteriza por la generación y circulación de conocimientos tácitos obtenidos a través de la experiencia para la resolución de problemas técnicos e ingenieriles, basando la innovación en procesos de aprendizaje haciendo, usando e interactuando. En su interacción con el entorno cobran relevancia los proveedores, clientes e incluso los competidores. (Lepratte, Blanc, & Rodriguez, 2017)

En este sentido, a partir de lo anterior, la universidad cumple unos posibles roles que son definidos en el documento *The Role of Universities in Strengthening Local Capabilities for Innovation* (Westnes, P., Hatakenaka, S., Gjelsvik, M. et al , 2009) , los cuales son:

- Ser la fuente para el desarrollo de nuevas industrias.
- Contribuir a la adquisición de inversiones externas.
- Ayudar a la diversificación tecnológica de las industrias existentes
- Ayudar a mejorar industrias regionales existentes.

Ante estos roles, las universidades son las encargadas de adaptar estos a la característica distintiva de los procesos de innovación de las industrias en la región.

- **Aspectos esenciales para el desarrollo de una alianza.**

Basados en el éxito de varias alianzas documentadas se encuentran los siguientes aspectos esenciales para el desarrollo de una alianza (Van Kirk, 2011; Baughman, G. L. et al , 2010; Liang, Chen, Wu, & Yuan, 2011) :

- **Una financiación significativa** desde el principio, y asegurar que estos recursos se deben seguir proporcionando para que se puedan tomar decisiones saludables cuando se necesiten.
- **Ambiente y Cultura.** Debe incluir un ambiente con una cultura de trabajo en equipo, comunicación abierta, curiosidad fresca, expectativas realistas para todos en el campus e igualdad de oportunidades para que todos tengan éxito; por lo que es importante que los que los participantes de cada parte mantengan un contacto cercano y frecuente.
- **Integración multidisciplinar.** Es necesario formar asociaciones internacionales saludables de equipos multidisciplinarios integrados con experiencias globales y diversas, y conocimiento de las mejores prácticas.
- **Grupos asesores.** Es necesario que se establezcan grupos asesores compuestos por partes interesadas, los cuales son esenciales para proporcionar aportes, comentarios, pronósticos, críticas, recomendaciones, ideas y una amplia variedad de apoyo.
- **Divulgación.** Es importante para la industria y las demás instituciones crear espacios de divulgación que permitan compartir resultados y lecciones aprendidas durante su trabajo colaborativo. Estas actividades deben organizarse, coordinarse, apoyarse y recompensarse.
- **Decisiones a largo plazo,** decisiones miopes para una satisfacción rápida y fácil deben ser reemplazadas por una visión, planes, compromisos y equilibrio a largo plazo para lograr programas universitarios saludables y sostenibles.
- **Investigación,** Los tipos de actividades de investigación deben cubrir una amplia gama de áreas de interés y necesidades nacionales, incluida la investigación teórica básica y

especialmente, la investigación práctica, que los patrocinadores están dispuestos a valorar con facilidad.

- ***Intercambio del personal***, facilitará el entendimiento mutuo de las fortalezas y debilidades de cada uno, permitiendo tener un panorama claro de las capacidades de cada parte y que se encuentran disponibles para su aprovechamiento dentro de la alianza. Por ejemplo, Wallin(2014) recomienda tener sesiones interactivas con el fin de que los involucrados trabajen juntos en problemas importantes, se facilite la comunicación entre ellos, y aumente el conocimiento mutuo sobre sus intereses y dinámicas.
- ***Fomentadores(incubadores) de tecnología***, la creación de centros de incubación de tecnología está muy cerca de las instituciones académicas que podrían contribuir a fomentar un desarrollo tecnológico saludable.
- ***Parques científicos***, la idea de contar con parques científicos es ubicar nuevos sitios industriales cerca de las universidades para facilitar la aplicación de la ciencia y la innovación tecnológica.
- **Promoción**. Estimular y gestionar el flujo de conocimiento y tecnología entre universidades, instituciones de I + D, empresas industriales y mercados con oportunidades de mejora y con posibilidades de avanzar desde sus operaciones.
- ***Valoración de conflictos / diferencias***. Se deben discutir abiertamente sus diferencias y verlas como un medio para mejorar la toma de decisiones. Siendo necesario negociar adecuadamente y establecer acuerdos claros respecto a la confidencialidad, la distribución de propiedad intelectual y el pago de regalías por el licenciamiento de patentes son aspectos críticos para un proceso de cooperación exitoso y de beneficio mutuo (Hincapié, 2015).

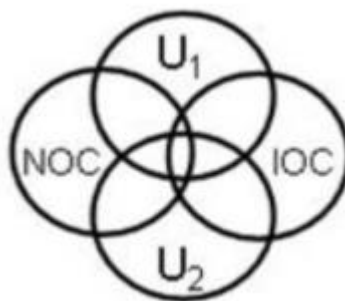
- **Posibles participaciones para la formulación de trabajo colaborativo.**

Los estudios que vinculan la universidad, empresa y gobierno comenzaron a realizarse por los investigadores Etzkowitz y Leydesdorff (1995), desarrollando el modelo de la Triple Hélice, el cual plantea “un nuevo paradigma del accionar de una universidad, emprendedora y creadora de conocimiento, la cual juega un papel primordial entre la relación empresa y gobierno” (Ojeda & Pizarro, 2017).

Así entonces, es relevante resaltar la importancia de cada uno de los actores en una alianza. Como ejemplo el modelo propuesto por por el Dr. Craig, de las alianzas de 4 vías mostrada en la figura 22, expuesto como el modelo óptimo e ideal para obtener resultados favorables. Según el Dr., este modelo debe estar conformado por al menos dos universidades junto con la compañía nacional y al menos una compañía internacional del sector, lo cual le permitirá obtener un potencial ilimitado para crear colaboraciones innovadoras que sean sostenibles y expandibles (Van Kirk, 2011).

**Figura 20.**

*Modelo de trabajo colaborativo de 4 vías.*



*Nota:* Modelos de colaboración para socios universitarios y de la industria petrolera con enfoque en MENA - Craig W. Van Kirk, SPE, Escuela de Minas de Colorado

U1 y U2 representar dos universidades diferentes

NOC = Compañía Nacional de Petróleo

COI = Compañía Petrolera Internacional

Sin embargo, aunque existen muchos puntos en común entre las necesidades y soluciones de las asociaciones entre la universidad y la industria, cada proyecto debe recibir una nueva mirada considerando las diferencias en las necesidades y objetivos, seleccionando el camino idóneo, minimizando las posibilidades de fracaso y maximizando las probabilidades de éxito significativo y sostenible.

No obstante, parte del éxito es gracias a la complementación de capacidades entre las instituciones, con una injerencia mínima del Estado y la sociedad. Ha implicado para ellas superar o buscar alternativas a obstáculos normativos; conciliar divergencias culturales, estratégicas y de propiedad intelectual; flexibilizar procesos, y crear mecanismos para garantizar buenos flujos de comunicación y participación (Ojeda & Pizarro, 2017).

### **5.6. Análisis de los resultados de las alianzas universidad-empresa**

Para satisfacer la creciente demanda de energía del mundo, la industria del petróleo y el gas ha empujado la exploración de hidrocarburos a entornos más exigentes como las aguas profundas. Estos entornos presentan nuevos retos para el funcionamiento y mantenimiento a lo largo de la cadena de exploración y producción en la industria del petróleo y el gas (Kalia et al., 2017). El desarrollo y el despliegue de estas tecnologías avanzadas requieren una combinación de conocimientos de ciencia de la información y conocimientos de dominio en operaciones de campos petroleros. Formar y gestionar con éxito una alianza estratégica entre la industria y las universidades pueden ser una solución eficaz para formar un centro de desarrollo de tecnologías óptimas para el avance del sector.



ciencia de la información y conocimientos de dominio en operaciones de campos petroleros, gestión de riesgos y gestión ambiental, de modo que permitan desarrollar e introducir tecnologías efectivas en los sistemas productivos actuales, de forma que impacten de manera positiva económica, social y ambientalmente.

Así las cosas, a lo largo de la literatura de gestión de la tecnología se ha resaltado la importancia de la cooperación para la adquisición de conocimiento y tecnología. Para esto, los agentes académicos y productivos han comprendido la importancia de la innovación y han generado diferentes estrategias para impulsarla.

Por esto, en las relaciones de cooperación, tanto la universidad como la empresa aumentan en gran medida las experiencias de gestión de ambas partes, mediante el intercambio de datos e información durante la cooperación y en este caso permite una formación de capital humano, ingenieros de petróleos que respondan a las necesidades actuales del sector y que estén capacitados para desempeñarse idóneamente dentro de la industria (Rwechungura et al., 2012; Gupta and Poppelreiter, 2010; Chokshi, R, 2014).

De ese modo, la transferencia de conocimiento desde la industria a la academia y viceversa, las alianzas que promueven la creación de programas de educación nuevos y el fortalecimiento de los programas existentes, le permiten a la academia y a la región, ser más competitivos y eficientes en una industria y una sociedad basada en el conocimiento.

Así mismo, el desarrollo de modelos matemáticos que trabajan bajo condiciones ideales durante la fase de diseño de proyectos y que permitan desarrollar estrategias para el desarrollo de nuevas tecnologías y estrategias de mejoras para tecnologías ya existentes (Ershaghi et al., 2016; Maroto,J et al, 2013). Modelos que le permitan a la industria apostar hacia los beneficios empresariales e institucionales, traducidos en la reducción de impactos desfavorables económicos y ambientalmente, reflejados principalmente en reducción de costos operacionales y mitigación de riesgos.

Por otro lado, la cooperación entre industria y universidad permite que se desarrollen trabajos cuyo resultado sea la identificación de los retos, oportunidades y posibles obstáculos del

sector para lo cual es válido una alianza que permita obtener varios conceptos y soluciones en forma de un plan de acción, de modelos, de capacitaciones, etc. La experiencia enriquecedora que permite al conjunto de educandos y profesionales que participan, compartir información para proyectar los esfuerzos, y así brindarle la oportunidad a cada una de las partes de comprender desde cero el desarrollo de prácticas novedosas en el sector, que respondan a las necesidades de forma responsable y que permitan impactar de manera favorable económica, social y ambientalmente la sociedad.

### **5.7. Análisis de impactos económicos, sociales y ambientales.**

La codificación de los impactos generados de las experiencias seleccionadas, definidos en el marco de la investigación como económicos, sociales y ambientales, permitió identificar la relevancia dentro de la investigación del componente ambiental y así mismo su importancia general dentro del desarrollo de trabajos colaborativos universidad-empresa, que responden a las necesidades actuales del sector, que se alinean con los objetivos de desarrollo científico y tecnológico del mismo y así mismo a los ODS definidos por la ONU para la industria, innovación e infraestructura (ONU,2015). En este sentido, una de las prioridades en el desarrollo científico y tecnológico es la transición a una energía sostenible y respetuosa con el medio ambiente y una mayor eficiencia en la recuperación y procesamiento avanzado de materias primas de hidrocarburos, generando como resultado, no solo la creación de un sector de I + D equilibrado y estable en este campo, sino que también garantizará la competitividad entre las empresas que operan en el mercado mundial. (Aksyutin, 2019; Abai et al., 2015; Marais et al., 2016).

Por otro lado, dentro del análisis realizado de los impactos generados, en respuesta a lo declarado por la Organización de las Naciones Unidas y los objetivos de desarrollo sostenible enfocados a la salud y bienestar, se identificó dentro del componente social en los trabajos colaborativos, la relevancia que actualmente tiene tanto las personas dentro de las empresas (trabajadores), cómo las personas que rodean las instalaciones productivas. Eso último reflejado en los enfoques de los esfuerzos hacia a la disminución de impactos sociales desfavorables, que pongan en situación de riesgo la salud del ser humano ( Yeck et al., 2016; Radtke C, et al., 2017; Di Martino et al., 2017).



## 6. Propuesta de categorización

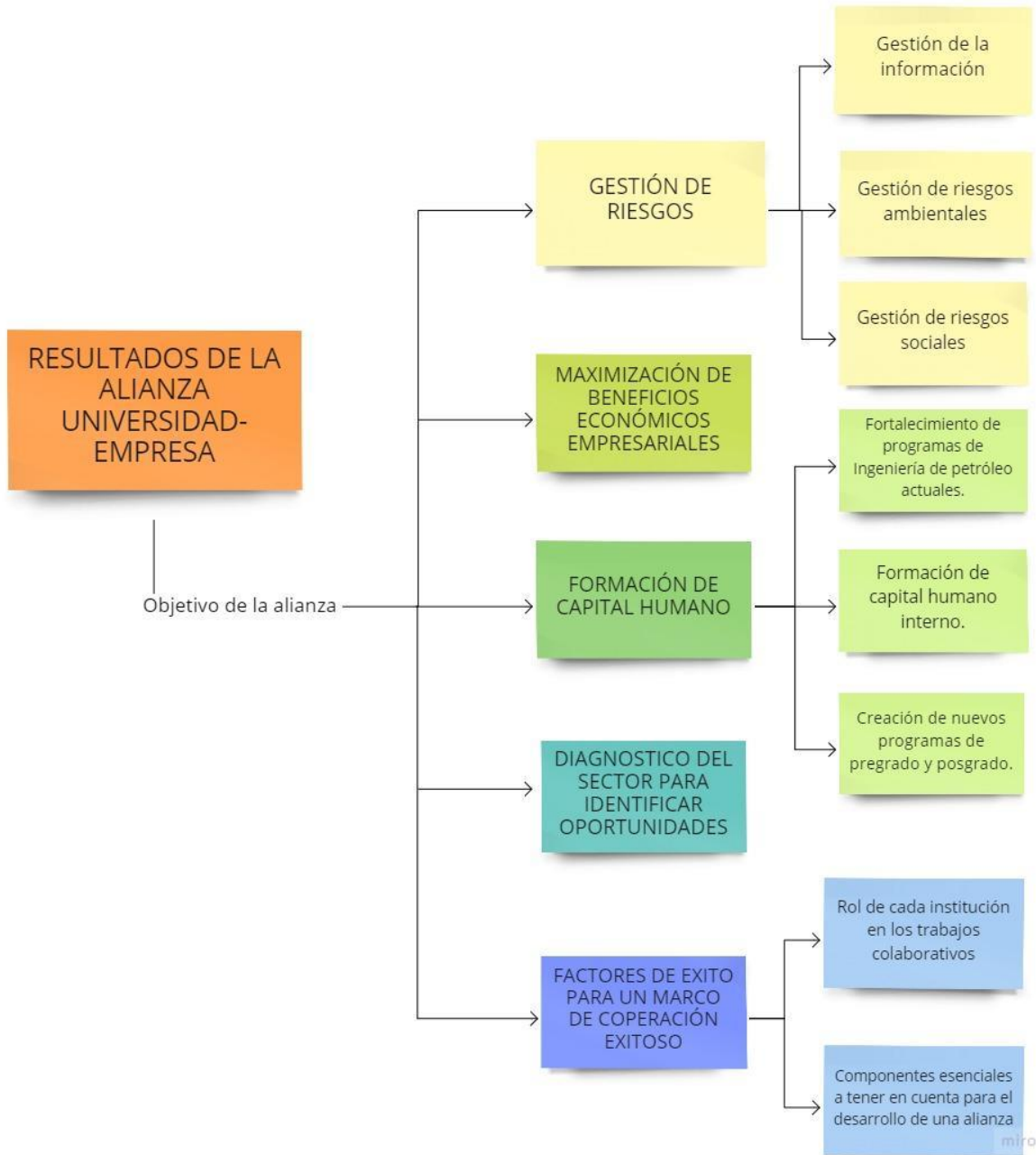
El proceso de categorización de la información se suele utilizar para dar validación a las investigaciones y se entiende como ordenador epistemológico y de unidades significativas que dan sentido a los datos y permiten reducirlos, compararlos y relacionarlos (Galeano, Matiz, Congote, & Duarte, 2004).

En el capítulo 3 se define el marco conceptual de los impactos social, económico y ambiental desde los cuales se desarrolla la categorización propuesta. Como unidad de análisis se contemplan los objetivos de cada una de las experiencias documentadas revisados en la fase previa. De ese modo, a través de un razonamiento inductivo, a partir del análisis realizado de las experiencias documentadas, se realiza una propuesta de categorización que permita dar cumplimiento a uno de los objetivos del presente proyecto de investigación.

En la *figura 26* se presenta el consolidado de la categorización propuesta basada en los objetivos de cada una de las experiencias documentadas.

**Figura 23.**

*Propuesta de categorización desarrollada en la investigación.*



*Nota:* Elaboración propia

En ese sentido para de categorización, se proponen 4 categorías principales desarrolladas a continuación:

### **6.1. Gestión de riesgos**

La Gestión de los Riesgos del Proyecto, “incluye los procesos relacionados con llevar a cabo la planificación de la gestión, la identificación, el análisis, la planificación de respuesta a los riesgos, así como su monitoreo y control en un proyecto” ( PMBOK GUIDE, 2017 ). Sin embargo, debe valorarse la actitud que desea mantener la empresa frente a los riesgos identificados, en cuanto a aceptarlos, evitarlos, reducirlos o transferirlos. En ese contexto los objetivos de la gestión de los riesgos de los proyectos llevados a cabo en la cadena de producción del petróleo son aumentar la posibilidad y el impacto de eventos positivos, y disminuir la probabilidad y el impacto de eventos negativos.

Por otro lado, se determina el riesgo como una función de dos variables, la amenaza y la vulnerabilidad o susceptibilidad de ser perjudicado. Ambas son condiciones necesarias para expresar el riesgo, el cual se define como la probabilidad de pérdidas, en un punto geográfico definido y dentro de un tiempo específico y determinado. Mientras que los sucesos naturales no son en su mayor parte controlables, la vulnerabilidad ofrece una posibilidad de mitigación o contrarrestarse.

En ese contexto, el enfoque integral de la gestión del riesgo pone énfasis en las medidas previas y posteriores a los sucesos y depende esencialmente de: la identificación y análisis del riesgo; la concepción y aplicación de medidas de prevención y mitigación con el fin de eliminar o reducir los efectos provenientes; la protección financiera mediante la transferencia o retención del riesgo; y finalmente los protocolos de preparación y acciones para las fases posteriores de atención, rehabilitación y reconstrucción.

De ese modo, a partir de la revisión realizada y el análisis obtenido en la fase previa, para la presente propuesta de categorización se decide abarcar esta categoría desde 3 líneas:

### ***6.1.1. Gestión de la información.***

Asegurarse de que las personas de una organización estén bien conectadas es vital para intercambiar información, influir en las actitudes y mejorar la seguridad. Si bien es cierto, el intercambio de información es una parte vital para mejorar la seguridad en las empresas energéticas (Lingard, Pirzadeh, Blismas, Wakefield y Kleiner, 2014), es un primer paso para desarrollar el conocimiento de quienes no están directamente involucrados en un incidente.

La confianza dentro de un equipo es un factor importante para respaldar la discusión de los problemas de seguridad, lo que permite a cada miembro del equipo utilizar el conocimiento de los demás y adaptarlo con el suyo. Las conexiones con otras personas fuera del equipo inmediato aportan nuevos conocimientos y perspectivas a las discusiones sobre incidentes permitiendo ampliar y complementar los saberes.

### ***6.1.2. Gestión de riesgos ambientales.***

Toda actividad humana tiene influencia sobre el entorno sobre el que se ejecuta, de modo que las empresas como consecuencia de su actividad influyen sobre el medio ambiente generando un impacto ambiental en el sitio el cual opera. Las operaciones de las industrias petroleras generan consecuencias directas sobre el ambiente, entre las que se encuentran las emisiones atmosféricas, los efluentes líquidos y los desechos sólidos y peligrosos. En los últimos años estas industrias han comenzado a preocuparse por los asuntos ambientales, buscando minimizar los impactos sobre el ambiente, las comunidades y las personas (BID, 1991).

Así mismo, la identificación de los aspectos ambientales relevantes mejora la comprensión que la organización tiene en relación con el ambiente, por lo cual contribuye a la mejora continua de su desempeño ambiental y empresarial dentro de su cadena de valor. Así, trabajar en proyectos alineados a la gestión ambiental, permite controlar y reducir los impactos adversos asociados con ellos. En este sentido, “las organizaciones deben determinar y trabajar sobre los aspectos ambientales de sus actividades, productos y servicios que puede controlar y de aquellos en los que

puede influir, y sus impactos ambientales asociados, desde una perspectiva de ciclo de vida” (ISO 14001:2015).

### **6.1.3. Gestión de riesgos sociales.**

El riesgo social “se refiere a todas aquellas condiciones sociales autogeneradas por el ser humano a partir de amenazas potenciales que tienen la posibilidad de concretarse” (Grande, 2011) y que, de suceder, pueden causar una crisis social y afectar las capacidades de las personas. Por lo cual, enfocar esfuerzos en el conocimiento y análisis de la zona y de las amenazas presentes en el área de un determinado proyecto, la identificación de la infraestructura económica y social de naturaleza vulnerable, en consideración, son criterios adecuados para sus procesos de identificación y planeación.

## **6.2. Maximización de beneficios económicos empresariales**

Siempre se ha concebido que son varios factores los que convergen para que el petróleo se establezca en un valor y en otro. Esta naturaleza volátil del precio del petróleo propone a las empresas que se dedican a la producción de este recurso, un reto en cuanto a los costos de producción de tal manera que, al vender el recurso, el ejercicio financiero de cifras positivas y con alto margen de ganancia para las compañías.

Por otro lado, y hablando de la actualidad, la alta sobreoferta de petróleo como consecuencia de la pandemia del COVID-19, ha hundido los precios a niveles no observados desde hace dos décadas, y ha generado una crisis en el sector mucho más grave que la observada en 2014, y cuyo efecto ya no se sabe si será transitorio o se mantendrá, incluso después de superada la pandemia (CAMPETROL, 200). En ese sentido la industria tiene el doble reto de innovar en sus prácticas y métodos de tal manera que sus costos de producción permitan balancear las pérdidas y enfrentar el incierto futuro del sector.

### **6.3. Diagnóstico del sector para encontrar oportunidades de mejora.**

Los cambios en correspondencia a las necesidades y las tendencias actuales dentro las operaciones de exploración, refinación y producción de petróleo requieren de esfuerzos por parte de las empresas para identificar oportunidades de mejora que le permitan responder de manera asertiva y ser competitivos en un entorno global. En ese contexto con los avances tecnológicos y oportunidades de exploración que están expandiendo la viabilidad comercial de muchos de los campos, las empresas deben apostarle al desarrollo e implementación de tecnología dentro de sus perspectivas actuales y futuras.

### **6.4. Formación de capital humano.**

Un entorno dinámico, donde prevalece un enfoque renovado en los procesos productivos con aplicaciones más complejas y diversas, se exige un cambio en orden a las tendencias actuales en aspectos tales como: la forma de pensar y actuar, en la de impulsar al capital humano, en lograr que este sea coherente con las condiciones actuales y lo suficientemente flexible para afrontar el futuro en las estrategias organizacionales. (Castellanos, C. 2010)

En ese contexto, por un lado, existe la necesidad crítica de aumentar y mejorar los planes de estudios de ingeniería petrolera actuales que incluyan una educación más profunda y amplia en tendencias actuales y que permita construir una sólida base de ingenieros actualizados, especialmente aptos para aplicar los conocimientos teóricos en la vida real. Ingenieros de petróleos que además de responder a las necesidades actuales del sector, estén capacitados para desempeñarse idóneamente dentro de la industria.

De forma paralela, por otro lado, el desarrollo del talento humano dentro de las organizaciones ha tomado relevancia, debido a la tendencia del predominio del conocimiento como requisito fundamental para el éxito de estas, para lo cual es necesario contar con el diseño, implementación e implantación de sistemas de gestión que garanticen el desarrollo de los procesos de formación en función del incremento de las competencias de las personas que se desempeñan

en las organizaciones, de forma que contribuyan a que las organizaciones sean eficientes y eficaces, y capaces de enfrentarse a los nuevos retos del entorno.

De ese modo se proponen las subcategorías desde los 3 puntos de vista mencionados:

- Fortalecimiento de programas de ingeniería actuales.
- Creación de nuevos programas de pregrado y posgrado.
- Formación de capital humano interno.

### **6.5. Determinar factores de éxito para un marco de cooperación universidad-empresa exitoso.**

Si bien es cierto, aunque existen muchos puntos en común entre las necesidades y soluciones de las asociaciones entre la universidad y las empresas, cada proyecto debe recibir una nueva mirada considerando las diferencias en las necesidades y objetivos, de forma que se minimicen las posibilidades de fracaso y maximizando las probabilidades de éxito significativo y sostenible de la asociación.

De ese modo a partir del estudio de casos para la identificación de factores de éxito se proponen subcategorías desde 2 puntos:

#### ***6.5.1. Rol de cada institución en los trabajos colaborativos.***

La contribución de las instituciones de educación superior al desarrollo regional es un tema que ha atraído cada vez más atención en los últimos años. Cada vez es más común que las universidades busquen contribuir a través del desarrollo y el fortalecimiento de las capacidades locales de innovación, lo que compete a las necesarias para concebir, desarrollar y / o producir nuevos productos y servicios, implementar nuevos procesos de producción y mejorar los que ya existe (Lester, 2005). Se considera que estas capacidades son una fuerza impulsora en la construcción de ventajas competitivas locales (Tura y Harmaakorpi, 2005).

### ***6.5.2. Componentes esenciales a tener en cuenta para el desarrollo de una alianza.***

Identificar los componentes poco comunes pero esenciales de las asociaciones de colaboración innovadoras y exitosas entre las universidades y los socios, apoyará los procesos en la toma de decisiones durante la formulación de nuevas asociaciones.

## **7. Conclusiones**

En Latinoamérica y especialmente en Colombia, la investigación sobre el desarrollo de alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas es escasa, en comparación con países como Estados Unidos, China e Inglaterra donde el número de publicaciones indexadas en revistas internacionales crece progresivamente. Podría afirmarse entonces que, en Latinoamérica a pesar de las oportunidades en la industria y academia, se ha desaprovechado un mecanismo de gestión estratégica que tiene la capacidad de mejorar e impulsar la economía de cada región o en su defecto la poca documentación del tema no permite un estudio de los casos con mayor rigurosidad.

La naturaleza de los documentos y la información que se desarrolla a partir de los trabajos colaborativos universidad-empresa, su confidencialidad, sus usos comerciales y los actores involucrados no permite una divulgación abierta de los mismos; limitando de esta manera el enriquecimiento de los casos a revisar.

La creación de alianza universidad-empresa en el sector petróleo y gas, proporciona un apoyo a las instituciones de educación superior en la generación de recursos, fortalecimiento de programas de investigación y reconocimiento institucional, lo cual representa un factor positivo, especialmente en las universidades públicas, dadas las dificultades de financiamiento que actualmente existen. Adicionalmente la creación de estas les brinda a las empresas la oportunidad de hacer uso de espacios de servicios especializados como parques científicos y tecnológicos en los que convergen diferentes actores de la academia e industria que permiten apuntar al desarrollo científico-tecnológico.

De ese modo el análisis de las empresas del sector y de las universidades a nivel mundial, aunque se encontró mayor participación por parte empresas y universidades en USA, China y Reino Unido, permitió identificar que empresas latinoamericanas como PETROBRAS y ECOPETROL, actualmente apuntan al desarrollo de tecnologías que le permitan mejorar sus procesos operacionales de forma responsable con el medio ambiente y la sociedad, y que apoye el desarrollo sostenible de las regiones.

Adicionalmente, la presencia de ECOPETROL, el Centro de tecnología e innovación de ECP-ICP y la Universidad Industrial de Santander representa oportunidades para el fortalecimiento del que actualmente es el clúster más grande de la industria petróleo y gas de Colombia, permitiéndole así al departamento contribuir en el aumento de capacidades de I+D del sector.

Por otro lado, actualmente, a nivel mundial, los trabajos colaborativos entre las empresas del sector de petróleo y gas, y universidades, enfocan gran parte de sus esfuerzos en el desarrollo de estrategias para la mitigación de riesgos sociales, ambientales y económicos, trabajos que le permita responder a las necesidades actuales del sector de forma responsable con todos los interesados. Sin embargo, adicional a lo anterior a través de la revisión realizada, se identificó la relevancia que actualmente tienen para los afiliados los aspectos ambiental y social sobre el aspecto económico dentro de los objetivos internos de las alianzas, de manera que les permita ser más competitivos antes las necesidades actuales y más eficientes en una industria y una sociedad basada en el conocimiento y a su vez desde sus procesos misionales apoyar el cumplimiento de los ODS.

Asimismo, se identificó que resulta importante realizar un detenido análisis de los actores dentro del sector (empresas, universidades e instituciones gubernamentales), de modo que le permita a cada una de las partes identificar el "compañero" idóneo según sus objetivos, impactos y logros que se desean alcanzar con el proyecto. De ese modo se hace relevante poder contar con la documentación de los factores que permiten el éxito en este tipo de cooperaciones de modo que estas sirvan como material de apoyo bien sea para estudios como este o para futuras colaboraciones.

## **8. Recomendaciones**

Basados en la evidencia obtenida a través de la revisión de literatura acerca de las alianzas universidad-empresa en el sector petróleo y gas, se recomienda formular investigaciones relacionadas al análisis de las experiencias documentadas, así como investigaciones enfocadas hacia la validación de modelos de trabajo colaborativos en el sector y factores de éxito, de forma que contribuyan a la creación de alianzas innovadoras y directamente al desarrollo sostenible del sector. Así mismo, aportar la clarificación de conceptos y a una correcta utilización de las herramientas disponibles. Por otro lado, debido a la naturaleza de la investigación, para futuros trabajos, se recomienda dirigirse a fuentes de información primarias como universidades y empresas.

Dada la relevancia que tiene cada uno de los actores de las relaciones universidad-empresa, se recomienda realizar un análisis de los actores dentro del sector, de forma que apoye los procesos de creación y planeación de nuevas alianzas universidad-empresa que sean exitosas y que contribuyan al desarrollo de este. Así mismo se recomienda apoyar e incentivar el estudio de casos exitosos de alianzas a nivel mundial, que trabajen como referencia y como apoyo en los procesos de planeación para la toma acertada de decisiones.

Por otro lado, la universidad como ente generador de conocimiento, debe establecer mecanismos estructurados de transferencia de conocimiento de doble vía, por lo que se recomienda que la universidad genere espacios propicios de relacionamiento de representantes de las empresas nacionales e internacionales con los estudiantes. Así entonces, enfocados en la Universidad Industrial de Santander, teniendo en cuenta el alto nivel académico con el que actualmente se cuenta y su ubicación geográfica, se recomienda apoyar e incentivar la formulación de alianzas estratégicas con empresas del sector petróleo y gas a nivel nacional e internacional que apunte al aprovechamiento de las capacidades a nivel institucional y regional. Adicionalmente en el departamento de Santander, dado el índice Departamental de Innovación en Colombia (IDIC), se

recomienda seguir trabajando en mejorar las capacidades y condiciones sistémicas para la innovación, con el fin de orientar decisiones de política pública en inversión en ciencia, tecnología e innovación.

Dado el enfoque seleccionado para la propuesta de caracterización basado en los enfoques y los impactos económicos, sociales y ambientales de las alianzas, se recomienda el uso de la categorización realizada como herramienta de apoyo para procesos de planeación, gestión y formulación de proyectos en el marco de alianzas universidad-empresa del sector petróleo y gas. Adicionalmente como posibles futuros proyectos de investigación se recomiendan que se valide la categorización propuesta con profesionales a nivel regional, nacional e internacional y que cuenten con experiencia en la participación de alianzas universidad-empresa.

Finalmente es relevante que se tenga en cuenta que por la naturaleza de la información y para obtener un panorama más amplio de esta, se realice una búsqueda y análisis de patentes realizadas entre alianzas universidad y empresa o en las mismas instituciones y compañías, con el fin de darle mayor rigurosidad a los datos en investigaciones futuras del tema.

**Referencias bibliográficas**

- Abai, M., Mohd Shariff, S., Hassan, A., & Cheun, K. Y. (2015). *An ionic liquid for mercury removal from natural gas*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84979937512&partnerID=40&md5=ff6ab31de0a69c2fcecab6a7f68bf112>
- Aguilera, R., & Harding, T. G. (2011). *GFREE research program*. 5, 4014–4035. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84856726199&partnerID=40&md5=ebc17673f97e7082f172beb98b664297>
- Aksyutin, O. E. (2019). Scientific and Technical Problems in Natural Gas Recovery, Transport, and Processing. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 89(2), 91–95. <https://doi.org/10.1134/S1019331619020011>
- Arenas, Piedad;, Arias, C., Mantilla, A., Ordoñez, A., Carreño, F., & Uribe, M. P. (2016). Alianza estratégica de investigación “bajo el mismo techo” entre la Universidad Industrial de Santander y el Instituto Colombiano del Petróleo- Ecopetrol. *Quinto Congresos Internacional de Gestión Tecnológica y de La Innovación*.
- Arenas, Piedad., Cajias, S. O., Santos, N. F., Carrilo, E., Benavides, J., Ferreira, S., & Jolonch, X. (2013). Plan Estratégico Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- BAUTISTA, A. C. G. (2017). *IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DE ÉXITO EN LA CREACIÓN DE EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA, GENERADAS A PARTIR DE LA PRODUCCIÓN ACADÉMICA DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN EN COLOMBIA*.

Belfroid, S. P. C., Golliard, J., & Korst, H. J. C. (2013). Prevention of pulsations caused by flexible risers. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 5(October), 4043–4054. <https://doi.org/10.2118/166424-ms>

BP. (2020). *Statistical Review of World Energy 2020*. Obtenido de <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

Bravo, I. A. (2009). *Manejo del Riser de Perforación*.

Brunnel, J., D'Este, P., y Salter, A. (2010). Investigating the factors that diminish the barriers to university-industry. *Research Policy* (39), 858–868.

Burdge, Rabel, y Frank Vanclay (1996), “Social Impact Assessment: A Contribution to the State of the Art Series”, *Impact Assessment*, (14)1, pp. 59-86

Cabrera, D., Martínez, A., & Cruz, R. D. La. (2004). Metodología Para La Caracterización Y Tipificación De Sistemas Ganaderos. *Uco.Es*, 1, 1–9.

CAMPETROL. (Abril de 200). *BALANCE PETROLERO, Cierre 2019 e Incertidumbre 2020*. Obtenido de <https://campetrol.org/wp-content/uploads/2020/04/BALANCE-PETROLERO-2019-Afiliados-final.pdf>

Cañadas, M. C. (2002). Razonamiento inductivo puesto de manifiesto por alumnos de Secundaria. Trabajo de Investigación Tutelada. Universidad de Granada, España.

Castellanos Machado Carlos Alberto. (2010, julio 15). Formación y desarrollo del capital humano en las empresas. Recuperado de <https://www.gestiopolis.com/formacion-y-desarrollo-del-capital-humano-en-las-empresas/>

Chadwick, K., & Cashen, L. (2019). The ‘berth’ of a maritime management program: A case study on value creation through industry–university collaboration. *Industry and Higher Education*. <https://doi.org/10.1177/0950422219885866>

Chesbrough, H. (2004). Managing Open Innovation. *Research-Technology Management*, 47(1), 23–26. <https://doi.org/10.1080/08956308.2004.11671604>

Chokshi, R. N., Lane, W. C., Dunn-Norman, S., & Chumkratoke, C. (2014, October 27). Service Industry & University Collaboration in Teaching Production Optimization with Artificial Lift. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/170646-MS

Colombia, E. C. (2019). *Obtenido de ACTO LEGISLATIVO N°5: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/ACTO%20LEGISLATIVO%20No%2005%20DEL%2026%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202019.pdf>*

Comisión Regional de Competitividad. (2018). *Plan Regional de Competitividad (PRC) de Santander 2018-2032*. 44.

DANE. (2019). *Producto Interno Bruto Proyecciones sobre el crecimiento del Producto Interno Bruto En resumen Orden*. 30.

De Britto Pires, A. M., Lima Cruz Teixeira, F., Hastenreiter Filho, H. N., & Góes Oliveira, S. R. (2013). The challenge of building effective hybrid organizations in Brazil. *Journal on Chain*

*and Network Science*, 13(1), 83–97. <https://doi.org/10.3920/JCNS2013.x223>

Definición de impacto económico. (2019). Recuperado de <https://definicion.de/impacto-economico/>

Di Martino, E., Lo Nigro, A., & Kolios, A. (2017). *Pirm-dms: A decision making tool for pipeline integrity and risk management*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85051492695&partnerID=40&md5=df2d916d407621906b61825af2b001c6>

DNP, D.N.(2020). Índice departamental de Innovación. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/IIndice-Departamental-Innovacio%CC%81n-Colombia-IDIC.pd>

ECOPETROL. (2014, noviembre 9). Refinería de Barrancabermeja. Recuperado 10 de abril de 2020, de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/quienes-somos/lo-que-hacemos/refinacion/complejo-barrancabermeja>

Ecopetrol, S. A. (2015). *convenioMarcoUIS-ECP*.

Ershaghi, I., Paul, D., Hauser, M., Crompton, J., & Sankur, V. (2016). *CiSoft and smart oilfield technologies*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84995532083&partnerID=40&md5=ebcd5f91e6487c3757f36cf4301fbeb7>

Etzkowitz, H. (2003). Innovation in innovation: The Triple Helix of university-industry-government relations. *Social Science Information*, 42(3), 293–337. <https://doi.org/10.1177/05390184030423002>

BP. (2020). Statistical Review of World Energy.

FORTUNE. (2020). GLOBAL 500. Obtenido de (<https://fortune.com/global500/2020/search/>)

Galeano, C. M., Matiz, J. L., Congote, L. M., & Duarte, P. V. (2004). Caracterización de las metodologías utilizadas en la enseñanza del cálculo en la Universidas EAFIT. *Revista Universidad EAFIT*. Obtenido de <https://definicion.de/impacto-economico/#:~:text=La%20idea%20de%20impacto%20econ%C3%B3mico,un%20pa%C3%ADs%20o%20el%20mundo>

Grande, E. (2011). Riesgos globales y gobernanza preventiva. En D. Innerarity & J. Solano (Eds.), *La humanidad amenazada: Gobernar los riesgos globales* (pp. 107-140). Madrid: Instituto de Gobernanza Democrática.

Gupta, A., & Poppelreiter, M. (2010). Innovative field camp for education and industry-academic collaboration in geology-based reservoir model building for carbonate reservoirs in the Middle East. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 3, 2537–2546. <https://doi.org/10.2118/134453-ms>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación*.

Helen Lingard, Payam Pirzadeh, Nick Blismas, Ron Wakefield & Brian Kleiner (2014) Exploring the link between early constructor involvement in project decision-making and the efficacy of health and safety risk control, *Construction Management and Economics*, 32:9, 918-931, DOI: 10.1080/01446193.2014.911931

Hincapié, D. R. (2015). Factores que intervienen en la relación universidad – empresa para la

I+D+i a partir de la creación de una Spin-off: Estudio de Caso Nexentia - Sumicol S.A.S. - Universidad de Antioquia.

Hurtado León, I. y Toro Garrido, J. (2007). Paradigmas y métodos de investigación en tiempos de cambio. Caracas: CEC.

Inc Altair Engineering, I. (2016). Mejorando el Diseño de Sistemas de Risers Submarinos. *Petroquimex*, 58-64. Obtenido de [http://petroquimex.com/PDF/EneFeb16/Altair%20tecnolog%C3%ADa\\_articulo.pdf](http://petroquimex.com/PDF/EneFeb16/Altair%20tecnolog%C3%ADa_articulo.pdf)

Isaksen, A., & Karlsen, J. (2010). *Different modes of innovation and the challenge of connecting universities and industry: Case studies of two regional industries in Norway*. *European Planning Studies*, 18(12), 1993–2008. <https://doi.org/10.1080/09654313.2010.516523>.

Jensen, M. B., Johnson, B., Lorenz, E., & Lundvall, B. Å. (2007). *Forms of knowledge and modes of innovation*. *Research Policy*, 36(5), 680-693. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.006>

Kalia, A., Song, G., Lara, M., & Patil, D. (2017). *AN INNOVATIVE DAMPER FOR SUBSEA PIPELINE AND JUMPER*.

Lepratte, L., Blanc, R., & Rodriguez, M. A. (2017). MODOS DE INNOVACIÓN STI Y DUI EN KIBS DE INSUMOS ESPECIALIZADOS. *ALTEC 2017*. Obtenido de [http://altec2017.org/pdfs/ALTEC\\_2017\\_paper\\_365.pdf](http://altec2017.org/pdfs/ALTEC_2017_paper_365.pdf)

Lester, R.K. (2005) ‘Universities, innovation, and the competitiveness of local economies’, MIT IPC Working Paper 005–010.

Liang, L., Chen, L., Wu, Y., & Yuan, J. (2011). The role of Chinese universities in enterprise–university. *Scientometrics*, 253-269.

Marais, A., Martini, M., Lepoivre, F., Ould-Metidji, M., Collet, A., Tillement, O., Hurtevent, C., & Baraka-Lokmane, S. (2016). Time-resolved fluorescence for real-time monitoring of both scale and corrosion inhibitors: A game-changing technique. *Society of Petroleum Engineers - SPE International Oilfield Scale Conference and Exhibition, January*.  
<https://doi.org/10.2118/179867-ms>

Maroto-Centeno, J., Pérez-Gutiérrez, T. and Fernández-Ruiz-Morón, L., 2013. A fascinating challenge for petroleum industry: New models for predicting fuel economy performance of lubricant oils used in automotive engines. *Crude Oils: Production, Environmental Impacts and Global Market Challenges*, [online] pp.101-105. Available at: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84949793347&origin=inward&txGid=be346ac9fd0627ff76d6205bf245c53f>> [Accessed 10 November 2020].

Martínez, A. M. (2015). *Análisis del Sistema Nacional y Regional de Innovación : España y La Rioja*.

Morikawa, S. R. K., Kato, C. C., & Camerini, C. S. (2012). Omae2012-8 New Advances in Flexible Riser Monitoring Techniques Using. *Omae*, 1–6.

Objetivos de desarrollo sostenible. (2020). Recuperado de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

OCDE. (2014). Estudios de la OCDE de las Políticas de Innovación: Colombia Resumen ejecutivo. *Estudios De La Ocede De Las Politicas De Innovación: Colombia*, 1–45.

OCDE. (2019). *Gross domestic spending on R&D*. Recuperado de <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>.

Ojeda, M. C., & Pizarro, C. A. (2017). PROPUESTAS PARA FACILITAR LA COOPERACIÓN UNIVERSIDAD – EMPRESA EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO DE LA REGIÓN DE COQUIMBO CHILE. *ALTEC 2017, Congreso Iberoamericano de Gestión Tecnológica*.

Perevochtchikova, M. (2012). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gest. polít. pública*, (22), ,

PDD “SANTANDER PARA EL MUNDO” 2020-2023. (2020). *Society*. <http://www.santander.gov.co/index.php/documentos-planeacion/send/2200-plan-de-desarrollo-2020-2023/18467-pdd-santander-para-el-mundo-2020-2023>

Perdomo, J., & Varela, J. (2015). Metodología para la medición de riesgos sociales, *Paradigmas*, 7.

*PMBOK GUIDE*. (2017).

Perevochtchikova, María. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y política pública*, 22(2), 283-312. Recuperado en 12 de diciembre de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-10792013000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001&lng=es&tlng=es)

Pérez Escoda, A. (2019, 9 febrero). WOS Y SCOPUS: Los grandes aliados de todo investigador. Recuperado de <https://www.revistacomunicar.com/wp/escuela-de-autores/wos-y-scopus-los->

grandes-aliados-de-todo-investigador/

PNUD, P. d. (2019). *Informe sobre Desarrollo Humano*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Obtenido de [http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr\\_2019\\_overview\\_-\\_spanish.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_overview_-_spanish.pdf)

Proyecto Institucional UIS. (2018). Obtenido de <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/index.jsp>

Rankings, C. f. (2020). World University Rankings 2020-21. Obtenido de <https://cwur.org/2020-21.php>

Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., ... Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 90(5), 1933–1949.

Rivera, D., & Freddy, A. (2019). Tipología de Métodos para el Análisis de Actores en el Contexto de Spin-Off Universitarias. In *UIS*. UIS.

Rwechungura, R., Bhark, E., Miljeteig, O. T., Suman, A., Kourounis, D., Foss, B., Hoier, L., & Kleppe, J. (2012). Results of the first Norne field case on history matching and recovery optimization using production and 4D seismic data. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 1, 398–426. <https://doi.org/10.2118/157112-ms>

Sánchez Upegüi, A., (2010). Introducción: ¿qué es caracterizar? Medellín, Fundación Universitaria Católica del Norte.

Santiago, B. M., Morikawa, S. R., Carrara, W., Kravetz, A., & Martins, J. A. (2017). Monitoring flexible risers with optical sensors - Operational experience and future perspectives. *OTC*

*Brasil 2017*, 1753–1764. <https://doi.org/10.4043/28080-ms>

*The evaluation of the knowledge transfer in the relationship of cooperation University-Company: seen from a knowledge society context view.* (n.d.).

Tura, T. and Harmaakorpi, V. (2005) ‘Social capital in building regional innovative capability’, *Regional Studies* 39(8): 1111–1125.

UNU-MERIT. (2009). European Innovation Scoreboard 2009. *Innovation*, 1–63.

Vanclay, Frank (2015), *Social Impact Assessment : Guidance for Assessing and Managing the Social Impacts of Projects*, Fargo: IAIA (International Association for Impact Assessment), disponible en: Vanclay.

Van Kirk, C. W., & Baughman, G. L. (2010). Case study of Iraq: Education and training partnerships among international universities, IOCs, and NOCs. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 7, 5599–5607. <https://doi.org/10.2118/135681-ms>

Vankirk, C. (2011). *Collaboration Models for University and Petroleum Industry Partners with Focus on MENA. SPE INTERNATIONAL*

Verduzco Chávez, Basilio, & Valenzuela, M. Basilia. (2019). La medición a pequeña escala de los impactos sociales de proyectos de energía: Problemas metodológicos e implicaciones de política. *Gestión y política pública*, 28(2), 377-406. Epub 30 de mayo de 2020. <https://doi.org/10.29265/gypp.v28i2.624>

Wallin, J., Isaksson, O., y Larsson, A. (2014) Bridging the gap between university and industry: three mechanisms for innovation efficiency. *International Journal of Innovation and*

Technology Management, 11 (1), 1-18.

Westnes, P., Hatakenaka, S., Gjelsvik, M. et al .(2009) The Role of Universities in Strengthening Local Capabilities for Innovation — A Comparative Case Study. High Educ Policy 22, 483–503 (2009). <https://doi.org/10.1057/hep.2009.14>

World Bank. (2020). *World Bank Country and Lending Groups*. World Bank. Obtenido de <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>

Yeck, W. L., Sheehan, A. F., Benz, H. M., Weingarten, M., & Nakai, J. (2016). Rapid response, monitoring, and mitigation of induced seismicity near Greeley, Colorado. *Seismological Research Letters*, 87(4), 837–847. <https://doi.org/10.1785/0220150275>

Zhao, J., Sun, Y., Bai, M., Zhang, J., & Li, S. (2016). Case study of university-industry partnerships on training outstanding petroleum engineers. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 14(1), 20–24. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84960387062&partnerID=40&md5=74dd28378b9666fc8efcb66ea38169d3>