



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Caracterización de las iniciativas para el aprovechamiento de las energías renovables por parte del sector de hidrocarburos

Mateo Alejandro Cano Muñoz

Trabajo final presentado como requisito parcial para obtener el título de:
Magister en Ingeniería – Sistemas Energéticos

Directora:

Ph.D. Lorena Cadavid

Codirector:

Ph.D. Carlos Jaime Franco Cardona

Universidad Nacional de Colombia – sede Medellín
Facultad de Minas
Departamento de Ciencias de la Computación y la Decisión
Medellín, Colombia

2017

A mi madre

Resumen

Actualmente el desarrollo de energías renovables por parte del sector de hidrocarburos a nivel mundial ha tenido un avance pausado, teniendo en cuenta que las empresas que hacen parte de este sector cuentan con gas y combustibles líquidos producidos dentro de su cadena de valor.

El objetivo de este trabajo es identificar y caracterizar las iniciativas adelantadas por las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial para el aprovechamiento de las energías renovables.

Se seleccionaron 10 empresas de las más grandes del mundo del sector de hidrocarburos usando un listado de 21 empresas publicado por Forbes en el año 2015, en el cual se tuvo en cuenta la producción anual de petróleo durante el 2014, año en el cual el precio del crudo bajo considerablemente.

En las empresas se identificaron iniciativas de implementación de energías renovables en energía solar, eólica, hidráulica, biomasa y geotérmica, así como en captura y almacenamiento de carbono, como parte de su desarrollo en materia de sustentabilidad y de nuevos negocios, usando diferentes tipos de estrategias para lograr llevar a cabo su implementación. Posterior a esto se definieron atributos con el fin de poder caracterizar estas iniciativas, con lo cual se encontraron estrategias que pueden ser implementadas por otras empresas del sector.

La caracterización de las iniciativas se realizó relacionando el tipo de energía renovable implementada por parte de las empresas definidas en el ejercicio con la calificación de cada uno de los atributos internos y externos definidos.

Palabras Clave

Energías renovables, benchmarking, sector de hidrocarburos.

Abstract

Currently the development of renewable energies by the hydrocarbon sector worldwide has been slow progress, taking into account that the companies that are part of this sector have gas and liquid fuels produced within its value chain.

The objective of this work is to identify and characterize the initiatives carried out by the main companies in the hydrocarbons sector worldwide for the use of renewable energies.

Ten companies from the world's largest hydrocarbons sector were selected using a list of 21 companies published by Forbes in 2015, which took into account the annual production of oil during 2014, year in which the price of the oil decreased considerably.

In the companies identified initiatives for the implementation of renewable energies in solar, wind, hydro, biomass and geothermal energy, as well as in carbon capture and storage, as part of their sustainability and new business development, using different types of Strategies to achieve implementation. After this, attributes were defined in order to characterize these initiatives, which found strategies that can be implemented by other companies in the sector.

The characteristics of the initiatives were made by relating the type of renewable energy implemented by the companies defined in the exercise with the qualification of each of the internal and external attributes defined.

Keywords

Renewable energy, benchmarking, Oil & Gas sector.

Tabla de contenido

Resumen.....	3
Palabras Clave	3
Abstract	3
Keywords.....	4
Tabla de contenido.....	5
INTRODUCCIÓN	10
Capítulo 1. ANTECEDENTES	12
Introducción del capítulo	12
1.1. Desarrollo de los antecedentes.....	12
Capítulo 2. MARCO TEORICO	18
Introducción del capítulo	18
2.1. Sector de hidrocarburos y gases de efecto invernadero - GEI.....	18
2.2. Energía renovable - RE	19
2.3. Benchmarking.....	25
2.4. Índices de Sostenibilidad.....	28
2.5. Conclusiones del capitulo.....	35
Capítulo 3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	36
Introducción del capítulo	36
3.1. Revisión de los artículos	36
3.2. Conclusiones del capitulo.....	39
OBJETIVO GENERAL.....	41
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	41
Capítulo 4. Metodología.....	42
Introducción del capítulo	42
4.1. Identificación de las empresas objeto del estudio.....	42
4.2. Identificación de las principales iniciativas de uso de energías renovables del sector del Oil & Gas.....	43
4.2.1. Saudi Aramco Oil Co. – Saudi Aramco (Arabia Saudita)	43
4.2.2. Public Joint Stock Company Gazprom - Gazprom (Rusia)	45
4.2.3. Exxonmobil Corporation – ExxonMobil (Estados Unidos).....	47
4.2.4. BP PLC – BP (Reino Unido)	49

4.2.5. Royal Dutch Shell PLC– Shell (Holanda y Gran Bretaña)	53
4.2.6. Chevron Corporation – Chevron (Estados Unidos)	58
4.2.7. Total S.A. - Total (Francia)	62
4.2.8. Petrobras S.A. - Petrobras (Brasil)	67
4.2.9. Lukoil Oil Company - Lukoil (Rusia)	70
4.2.10. Statoil ASA – Statoil (Noruega).....	71
4.2.11. Listado final de iniciativas	74
4.3. Caracterización de las energías renovables en el sector de hidrocarburos	76
4.3.1. Atributos y/o variables definidas para el Benchmarking	77
4.4. Evaluación comparativa de los atributos definidos	78
4.4.1. Evaluación de atributos internos Grupo 1	79
4.4.2. Evaluación de atributos internos Grupo 2	82
4.4.3. Resultados medición de atributos.....	85
4.5. Consolidación de Resultados.....	88
4.5.1. Mapa de posicionamiento.....	88
4.5.2. Caracterización de las iniciativas.....	91
4.6. Conclusiones del capítulo.....	94
Capítulo 5. CONCLUSIONES	97
5.1. Conclusiones asociadas con el logro de los objetivos definidos	97
5.1.1. Objetivo específico 1	97
5.1.2. Objetivo específico 2	99
5.1.3. Objetivo general	100
5.1.4. Limitaciones y trabajos futuros	100
Capítulo 6. REFERENCIAS.....	102

Lista de Figuras

Figura 1-1 Iniciativas OGCI	14
Figura 4-1 Mapa de Posicionamiento	89

Lista de Tablas

Tabla 1-1 Indicadores de energía renovables 2015	15
Tabla 2-1 Clasificación del Benchmarking Fong, 1998	26
Tabla 4-1 Listado resumen de iniciativas	75
Tabla 4-2 Políticas de soporte de energías renovables.....	82
Tabla 4-3 Capacidad instalada país	83
Tabla 4-4 Resultados medición de atributos.....	86
Tabla 4-5 Datos mapa de posicionamiento.....	89
Tabla 4-6 Caracterización de las iniciativas.....	92

Lista de abreviaturas

Abreviatura	Término
CCS	Captura y almacenamiento de carbono
GEI	Gases de efecto invernadero
PCH	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas
PPP	Acuerdos Público Privados
RE	Energías renovables
ESG	Environmental, social and governance

INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles fósiles es la principal fuente de CO₂ (Boden, Andres, & Marland, 2017). El CO₂ es una gas de efecto invernadero resultante de la combustión de carbón, petróleo y gas natural y representa casi el 80% de las emisiones totales de GEI causadas por el ser humano (EIA, 2017). Por lo tanto las energías renovables son por el momento una buena opción para disminuir estas emisiones y minimizar sus efectos en el corto y largo plazo.

Las energías renovables son aquellas fuentes primarias inagotables o con capacidad de regeneración en un periodo de tiempo inferior al de su uso. En general todas las fuentes provenientes directa o indirectamente del sol son consideradas renovables. Adicionalmente se clasifican como fuentes renovables el calor proveniente de la tierra y las mareas ocasionadas por la atracción gravitacional entre la Tierra y la Luna (García, Corredor, Calderón, & Gómez, 2013).

Energías renovables no convencionales como la solar y la eólica son las de mayor uso a nivel mundial para la generación de energía eléctrica tal como lo indican los indicadores de energía renovable del año 2015 (Sawin, Seyboth, & Sverrisson, 2016) . La disminución en los costos de fabricación de los materiales y equipos para la implementación de estas energías ha ido disminuyendo con el paso de los años. Se espera que los precios de la energía solar disminuyan a una tasa del 5-7% anual (Khare, Nema, & Baredar, 2013). Estos factores incluyen el aumento de las economías de escala en la fabricación de equipos y los avances en la tecnología de los productos, que mejoran la eficiencia de conversión de energía solar a electricidad (Khare et al., 2013). Por lo tanto su instalación se vuelve más atractiva y rentable para muchas empresas tanto del sector de hidrocarburos como de otros sectores.

Las pequeñas centrales hidroeléctricas se tendrán en cuenta como parte de las energías renovables para el objeto de este estudio, teniendo en cuenta que no generan emisiones de gases de efecto invernadero en su operación y tampoco generan un gran impacto ambiental como si lo generación las grandes centrales hidroeléctricas. También se tendrán en cuenta los biocombustibles dentro de este análisis por su aporte frente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos biocombustibles contienen componentes derivados a partir de biomasa y proceden comúnmente del azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas.

Dentro de este estudio se va a tener en cuenta la tecnología de Captura y Almacenamiento de Carbono – CCS que es una técnica de reducción de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica y que ha venido creciendo en los últimos años. Esta técnica consiste en capturar el CO₂ en su fuente separándola de otros gases y transportándolo hacia formaciones geológicas subterráneas para que no salgan a la atmosfera.

El objetivo de este trabajo es encontrar las iniciativas que se han desarrollado dentro del sector de hidrocarburos con el fin de caracterizarlas mediante la definición de unos atributos comparables.

La metodología empleada para el desarrollo del trabajo consiste en identificar 10 de las más grandes empresas del sector de hidrocarburos y sus iniciativas en energías renovables mediante la revisión de sus páginas corporativas y literatura académica relacionada con las energías renovables y el sector de hidrocarburos, además de identificar las mejores estrategias y las empresas que más han incursionado en el tema. Con base en esta información se definen 6 atributos relacionados con factores internos como la capacidad instalada en MW, la experiencia en años, los tipos de energía implementados y la estrategia. También se definen atributos relacionados con las políticas energéticas de soporte a las energías renovables y la capacidad instalada en MW de energías renovables de cada país, para evaluarlos y crear un mapa de posicionamiento que indicará cuales de las empresas son las mejores posicionadas en la implementación de las energías renovables. Finalmente, con los resultados de todos los análisis se realizara la caracterización de las incitativas por tipo de energía y atributo

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: Inicialmente se encuentran los capítulos denominados Marco Teórico y Revisión de Literatura los cuales están relacionados con la recopilación de información teórica y académica necesaria para desarrollar el trabajo y cumplir con los objetivos propuestos. Posteriormente se encuentra el capítulo llamado Metodología en el cual se desarrolla todo el trabajo, se reúne información, se analiza, se realizan, gráficas, tablas, entre otras actividades. En la primera parte de esta metodología se definen las 10 empresas del sector de hidrocarburos que van a ser objeto de estudio de un listado de las 21 empresas más grande del mundo basados en la producción de estas empresas durante el año 2014 cuando comenzó la crisis del sector por los bajos precios del barril (Gutiérrez Rubí, 2016). Posteriormente se presentan las iniciativas encontradas en las páginas corporativas de cada una de las 10 empresas y se definen los atributos con los cuales se caracterizarán las iniciativas encontradas y se realizará el estudio de benchmarking con el cual se definen las principales estrategias implementadas por estas empresas para llevar a cabo sus iniciativas. En las secciones siguientes se realizará la evaluación de los atributos definidos para cada una de las empresas y se realizará la caracterización de las iniciativas de las energías renovables como objetivo fundamental del trabajo, de acuerdo con los diferentes resultados obtenidos y con base en las incitativas y atributos. En la última parte del trabajo se presentan las conclusiones finales del estudio y la referencia bibliográfica.

Como resultado del estudio se encontró que todas las empresas del sector de hidrocarburos definidas en el estudio, tienen iniciativas para la implementación de energía renovables y que cuentan con diferentes estrategias para implementarlas a pesar de que esta actividad no es de su núcleo de negocio. Se caracterizaron cada una de las iniciativas con base en la calificación de cada uno de los atributos encontrando las características principales que tiene esas energías para poder ser implementadas en el sector de hidrocarburos.

Este trabajo se limita a la búsqueda de iniciativas de las empresas más grandes del sector de hidrocarburos, mas no al detalle de cada una de estas iniciativas lo cual puede ser objeto de otro trabajo de grado o investigación.

Capítulo 1. ANTECEDENTES

Introducción del capítulo

En esta sección se hace una descripción del entorno relacionado con las energías renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero que son la principal razón de que estas energías existan y se hayan comenzado a implementar en gran escala. Esta información es útil para conocer cuál es la razón del trabajo actual, sus limitaciones y alcance.

1.1. Desarrollo de los antecedentes

Hay un excesivo volumen de gases de efecto invernadero (GEI) en el sistema atmosférico y un amplio consenso de que esto tendrá graves consecuencias en términos de cambio climático. Las emisiones industriales de gases de combustión incluyen dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos, monóxido de carbono (CO), partículas y dióxido de azufre (SO₂), que casi todas son emisiones de GEI. Estas emisiones ponen en peligro la salud humana, los cultivos agrícolas, las especies forestales, los diversos ecosistemas y el medio ambiente en general, ya que mejoran el efecto invernadero y, por tanto, contribuyen al cambio climático mundial. Las emisiones de gases de efecto invernadero contienen alrededor del 77% de CO₂. Según informes recientes del IPCC, la concentración media mundial de CO₂ en la atmósfera es ahora cercana a 400 ppm; Sin embargo, la investigación más completa afirma que el nivel seguro de concentración de CO₂ es inferior a 350 ppm.(Abdul et al., 2017)

Las emisiones de GEI son un problema que concierne a todos los países del mundo. Lo anterior porque estas emisiones generadas por la actividad humana, en particular por el uso de combustibles fósiles, ha liberado cantidades de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero suficientes para retener más calor en las capas inferiores de la atmósfera y alterar el clima. En los últimos 130 años el mundo se ha calentado aproximadamente 0,85°C. El nivel del mar está aumentando, los glaciares se están fundiendo y los regímenes de lluvias están cambiando (World Health Organization, 2016).

A nivel mundial, el número de desastres naturales relacionados con la meteorología se ha más que triplicado desde los años sesenta. Cada año esos desastres causan más de 60.000 muertes, sobre todo en los países en desarrollo (World Health Organization, 2016).

En el mundo, las emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2012 de acuerdo con el Banco Mundial fueron de 52.763.433,246 kt (World Bank, 2016) . En Colombia de acuerdo con el Inventario Nacional y Departamental de Gases de Efecto Invernadero publicado por el IDEAM y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD, las emisiones de gases de efecto invernadero en el año 2012 fueron de 258,8 Mton CO₂ equivalentes donde el 10% de las emisiones corresponden al sector de minas y energía (IDEAM; PNUD, 2016).

Con el fin de comenzar a controlar las emisiones y todo lo relacionado con el cambio climático, las Naciones Unidas generó un tratado internacional conocido como La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) el cual fue presentado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo celebrada en 1992 en Río de Janeiro (Brasil) (United Nations, 2017). El objetivo fundamental de la CMNUCC es impedir la interferencia peligrosa del ser humano en el sistema climático (Organización de las Naciones Unidas, 2014). Esta convención incorporó una línea muy importante de uno de los tratados multilaterales sobre medio ambiente que más éxito han tenido en toda la historia: el Protocolo de Montreal de 1987, en virtud de la cual los estados miembros están obligados a actuar en interés de la seguridad humana incluso a falta de certeza científica. La CMNUCC entró en vigor el 21 de marzo de 1994. La primera adición al tratado, Protocolo de Kyoto, se aprobó en 1997 (UNFCCC, 2014).

El Protocolo de Kioto compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero y su primer periodo de compromiso se cumplió en el año de 2012. Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar fósiles combustibles durante más de 150 años (Organización de las Naciones Unidas, 2012).

Además del Protocolo de Kioto, se firmó otro gran acuerdo denominado el Acuerdo de París en el año de 2015. El objetivo principal del acuerdo universal es mantener el aumento de la temperatura en este siglo muy por debajo de los 2 grados centígrados, e impulsar los esfuerzos para limitar el aumento de la temperatura incluso más, por debajo de 1,5 grados centígrados sobre los niveles preindustriales. Además, el acuerdo busca reforzar la habilidad para hacer frente a los impactos del cambio climático (Organización de las Naciones Unidas, 2015).

Con el fin de apoyar el acuerdo de París, 10 empresas petroleras (BP, CNPC, ENI, PEMEX, Reliance, Repsol, Saudi Aramco, Shell, Statoil, Total) crearon en noviembre de 2016 la Iniciativa Climática de Petróleo y Gas (OGCI por sus siglas en inglés) cuya misión es utilizar los recursos colectivos de las empresas que la componen para acelerar acciones que mitiguen las emisiones de gases de efecto invernadero de la industria del petróleo y gas así como del uso de sus productos, sin dejar de satisfacer las necesidades energéticas mundiales (OGCI, 2015). Las iniciativas de la OGCI son las que se indican en la Figura 1-1.

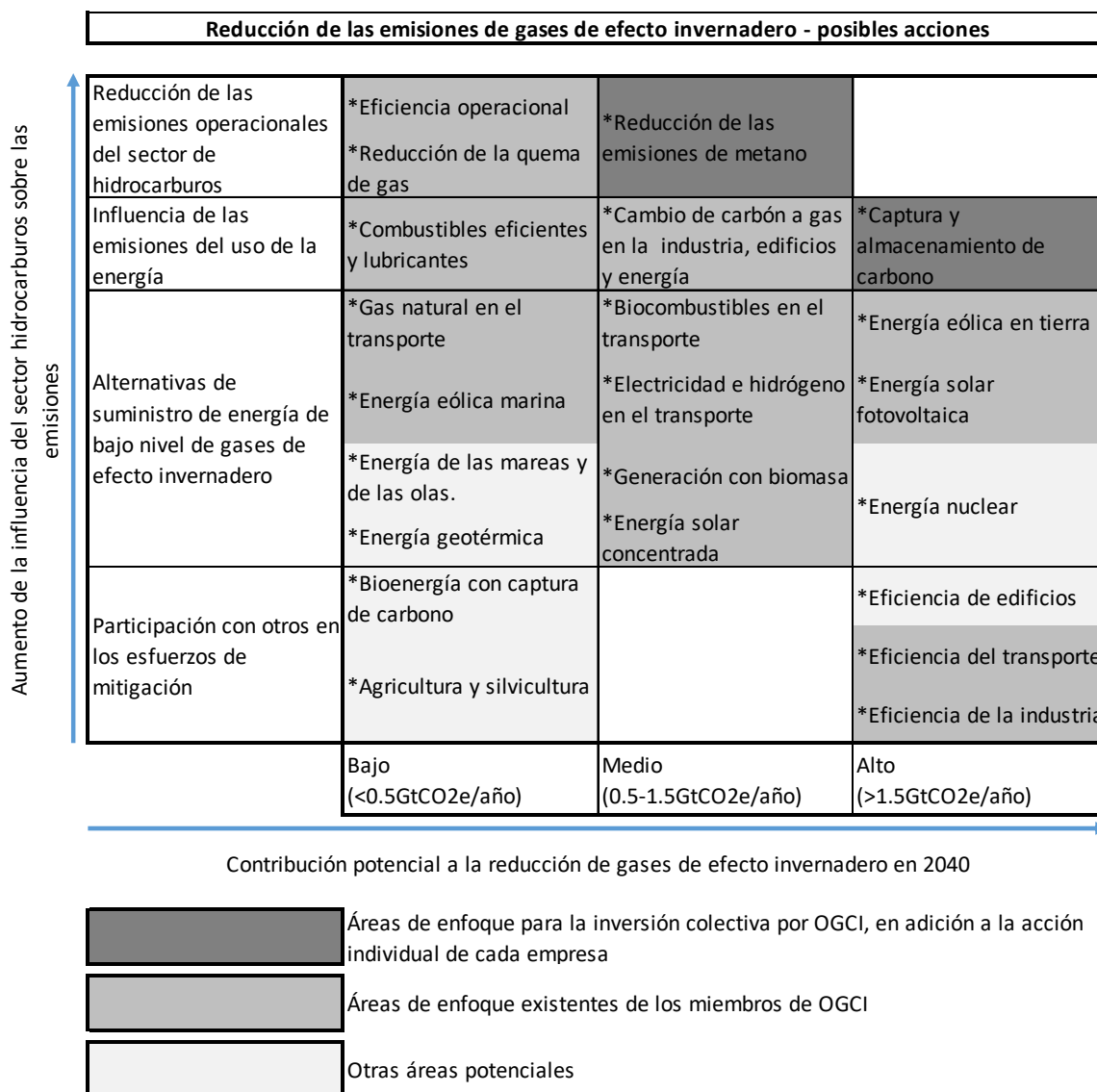


Figura 1-1 Iniciativas OGCI

Fuente: Oil and Gas Climate Initiative (OGCI, 2015) Traducción libre

Dentro de las iniciativas indicadas en la Figura 1-1, se encuentran iniciativas en energías renovables, principalmente en: energía eólica marina y terrestre, biocombustibles, biomasa, y energía solar tanto concentrada como fotovoltaica. Estas iniciativas tienen un enfoque tanto de inversión colectiva por parte de la OGCI como de inversión individual. Esta información nos ilustra un poco para conocer el enfoque actual de las empresas del sector de hidrocarburos.

De acuerdo con la revisión Estadística de BP de 2015, el consumo de energía a nivel mundial aumentó un 0,9%. También se indica que el consumo de todos los combustibles creció hasta alcanzar cifras récord en todos sus tipos, lo cual aumenta la generación de emisiones. El petróleo y sus derivados fueron la principal fuente de combustible para generar energía con un 32,6%, el carbón corresponde al 30% de este consumo y las energías renovables como fuente de energía tuvieron una participación del 9,3 % de los cuales el 6,8% corresponde a hidroeléctricas (BP, 2015).

El año 2015 fue un año notable para la energía renovable, pues contó con las mayores incorporaciones de capacidad mundial vistas hasta la fecha (REN21, 2016). En la Tabla 1-1 se muestran los indicadores de energía renovable 2015.

Tabla 1-1 Indicadores de energía renovables 2015

		2014	2015
ELECTRICIDAD			
Capacidad de energía renovable (total, no incluye hidroeléctricas)	GW	665	785
Capacidad de energía renovable (total, incluye hidroeléctricas)	GW	1.701	1.849
Capacidad de energía hidráulica	GW	1.036	1.064
Capacidad de bioenergía	GW	101	106
Generación de bioenergía (anual)	TWh	429	464
Capacidad de energía geotérmica	GW	19,9	13,2
Capacidad de energía solar fotovoltaica	GW	177	227
Energía solar térmica de concentración	GW	4,3	4,8
Capacidad de energía eólica	GW	370	433
CALOR			
Capacidad de calentamiento solar de agua	GW _{th}	409	435
TRANSPORTE			
Producción de etanol (anual)	billones de litros	94,5	98,3
Producción de biodiesel (anual)	billones de litros	30,4	30,1

Fuente: Reporte de la situación mundial Energías Renovables 2016 (Sawin et al., 2016)

Los indicadores de energía renovable 2015, mostrados en la Tabla 1-1, muestran el crecimiento de las energías a renovables a nivel mundial. Se evidencia un crecimiento importante de la energía fotovoltaica. Esta información da una referencia del estado actual de la capacidad de energía renovable total instalada a nivel mundial y como marco conceptual.

Colombia tiene un gran potencial para generación de energía ya sea con gas, carbón, solar, eólica, biomasa, geotérmica e hídrica, por lo cual es un país privilegiado en este sentido y es dependiente de la energía hídrica la cual representa el 69,93% de la capacidad instalada a diciembre de 2016. En energías renovables no convencionales la capacidad total instalada es del 0,68% que corresponde a 18,4 MW instalados de energía eólica en la Guajira y a 95,8 MW de Biomasa, Biogás y Bagazo (XM, 2016).

El potencial de energía renovables en Colombia es importante, de acuerdo con la UPME el potencial de energía eólica es de alrededor 29,5 GW, de biomasa se podrían generar 14,225 GW, de energía

geotérmica de 1 a 2 GW y de solar se tiene un promedio de radiación de 4,5 kWh/m²/d el cual es más alto que el promedio mundial (UPME & BID, 2015).

En Colombia, empresas como Ecopetrol S.A. ya han realizado los primeros pasos en utilización de energías renovables. En energía solar ya se han instalados paneles fotovoltaicos para calentar agua, dar iluminación y suministrar energía a equipos de comunicaciones y sensores en los oleoductos. En cuanto a la energía Eólica se ha proyectado algunos pilotos en Coveñas. En energía geotérmica también se ha visualizado la generación por medio del agua que producen los pozos, la cual sale a la superficie con una temperatura mayor a los 100°C y por medio de transferencia de energía se puede generar electricidad. Ecopetrol S.A. ha adelantado trabajos con la multinacional Polaris Energy Corporation referente a este tema y la meta es instalar 5 MW en Apiay (José Mauricio Higuera, 2010). Actualmente no se están realizando más pilotos en este tipo de energías y se continúa trabajando en la implementación de contratos de compra de energía que puedan implementar este tipo de energías. En la fabricación de biodiesel y etanol, Ecopetrol S.A. produce y comercializa biocombustibles a través de Ecodiesel Colombia S.A. y Bioenergy S.A., empresas que hacen parte de su grupo empresarial (Ecopetrol, 2014a) y comenzó a incursionar en el tema en el año de 2007 (Ecopetrol, 2014b). En la actualidad Ecopetrol realiza investigaciones en desarrollo de biocombustibles por medio del Instituto Colombiano del Petróleo – ICP y en el 2016 obtuvo una patente de un producto denominado Biocetano® (Ecopetrol, 2017).

La energía renovable que más se ha implementado en el sector de hidrocarburos es la solar, empresas como la Royal Dutch Shell y la British Petroleum desde 1980 han invertido en esta alternativa (Absi Halabi, Al-Qattan, & Al-Otaibi, 2015).

A finales de 2011, BP se convirtió en la segunda de las grandes compañías petroleras de hoy en salir de la industria solar. Antes de BP, fue Shell quien se retiró por completo en 2009. Todavía hay algunas compañías petroleras en la industria, incluido Total con su adquisición más reciente de una participación mayoritaria en SunPower en los Estados Unidos, y Chevron, que se concentra principalmente en la instalación de plantas de energía solar de tamaño mediano. De las grandes petroleras, BP y Shell fueron las que más invirtieron, creando compañías solares integradas verticalmente que en un momento fueron la segunda y la cuarta compañías solares más grandes del mundo. Ambos lo vieron como parte de su estrategia de energía diversificada y una inversión a largo plazo en un futuro de energía renovable (Miller, 2013)

Tanto BP Solar como Shell Solar pronto perdieron sus posiciones en la cima, superadas por empresas emprendedoras que recaudaron fondos de riesgo, crecieron rápidamente para escalar, se hicieron públicas para recaudar más fondos y superaron a los gigantes en ejercicio. Dados los profundos bolsillos de estas compañías petroleras, las marcas poderosas, la influencia de los grupos de presión, las perspectivas a largo plazo y el deseo declarado de diversificar las fuentes de energía, ¿por qué no fueron capaces de convertirse y seguir siendo líderes en la industria solar? Esta cuestión se aborda aplicando la teoría de la innovación a la evidencia extraída de entrevistas y discusiones con antiguos empleados de BP Solar y Shell Solar (Miller, 2013)

El potencial de energías renovables en el sector de hidrocarburos es importante por su ubicación en zonas donde la radiación es buena. Una de las principales aplicaciones que puede ser implementada masivamente es la energía solar térmica en refinerías y plantas de proceso para calentar diferentes productos, también para tratamiento de agua. La energía geotérmica es otra gran fuente que puede ser utilizada para generar calor o electricidad dada la temperatura de las formaciones donde se encuentra el crudo que pueden tener una temperatura entre 130 y 150°C (Absi Halabi et al., 2015).

Con base en lo anterior, existe una gran probabilidad de encontrar iniciativas adelantadas por el sector de hidrocarburos en energías renovables de varios tipos, especialmente por el compromiso de varias empresas con los acuerdos relacionados con el cambio climático.

Este trabajo se limita a buscar estrategias empleadas en la implementación de energías alternativas por parte de empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial mas no entrar en el detalle descriptivo o análisis de cada una de ellas. Como no existe una fuente oficial donde se encuentra la información recopilada de las iniciativas implementadas en energías renovables por parte de las empresas del sector de hidrocarburos, se tuvo que usar lo indicado en sus páginas corporativas.

Los resultados de este trabajo podrían servir como base para analizar el uso de estas estrategias en Colombia por parte de empresas del sector como por ejemplo ECOPETROL S.A.

En la siguiente sección o capítulo se presentará el Marco Teórico en el cual se agruparán los conceptos teóricos relacionados con energías renovables, sector de hidrocarburos y demás conceptos necesarios para la resolución de los objetivos del trabajo de grado.

Capítulo 2. MARCO TEORICO

Introducción del capítulo

En esta sección se presenta la teoría relacionada con el tema de estudio y que sirve como base para resolver y entender el problema que se quiere resolver o solucionar. Dentro de este marco teórico se encuentra la teoría relacionada con energías renovables, sector de hidrocarburos y benchmarking.

2.1. Sector de hidrocarburos y gases de efecto invernadero - GEI

Los gases de efecto invernadero son los constituyentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de la radiación térmica infrarroja emitida por la superficie terrestre, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además, hay una serie de gases de efecto invernadero totalmente humanos en la atmósfera, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromo, que se tratan en el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, el N₂O y el CH₄, el Protocolo de Kyoto se ocupa de los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF₆), hidrofluorocarbonos (HFCs) y perfluorocarbonos (PFCs) (IPCC, 2012).

El efecto invernadero se origina porque la energía que llega del sol está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera, sin mucha resistencia. La energía remitida hacia el exterior, desde la Tierra está formada por ondas de frecuencias más bajas, y es absorbida por los gases, produciendo el efecto invernadero. Esta retención de la energía hace que la temperatura aumente. En forma simple el efecto invernadero provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie elevando la temperatura (Bolin et al., 1986). El rápido incremento de la temperatura global es producto del "efecto invernadero debido a la liberación de GEI de origen antropogénico a la atmósfera. No todos los GEI tienen la misma capacidad de provocar calentamiento global, su intensidad depende de su poder de radiación y el tiempo promedio que la molécula del gas permanece en la atmósfera (Espíndola & Valderrama, 2012).

Como se comentó en los antecedentes, uno de los sectores que más produce gases de efecto invernadero es el de energía, por lo cual es fundamental enfocarse en buscar alternativas de solución para mitigar la generación de estos gases. Una solución de mitigación es la implementación de las energías renovables.

La actividad económica está dividida en sectores económicos. Cada sector se refiere a una parte de la actividad económica cuyos elementos tienen características comunes, guardan una unidad y se diferencian de otras agrupaciones. Su división se realiza de acuerdo a los procesos de producción que ocurren al interior de cada uno de ellos (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

Según la división de la economía clásica, los sectores de la economía son los siguientes: Sector primario o sector agropecuario, sector secundario o sector Industrial, sector terciario o sector de servicios (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

El sector secundario o industrial es donde se encuentra ubicado el sector de hidrocarburos de acuerdo con la siguiente definición del Banco de la República:

- Sector secundario o industrial: Comprende todas las actividades económicas de un país relacionadas con la transformación industrial de los alimentos y otros tipos de bienes o mercancías, los cuales se utilizan como base para la fabricación de nuevos productos. Se divide en dos sub-sectores: industrial extractivo e industrial de transformación. En el sector Industrial extractivo se encuentra la extracción minera y de petróleo (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

El análisis que se va a realizar en este trabajo se centra principalmente en el sector de hidrocarburos. El sector de hidrocarburos, es una cadena que corresponde al conjunto de actividades económicas relacionadas con la exploración, producción, transporte, refinación o procesamiento y comercialización de los recursos naturales no renovables conocidos como hidrocarburos (material orgánico compuesto principalmente por hidrógeno y carbono), dicho conjunto también está conformado por la regulación y administración de estas actividades (ANH, 2013).

La Cadena de Valor de los hidrocarburos, consta de dos grandes áreas: Upstream y Downstream. El upstream también conocido como exploración y producción (E&P) este incluye las tareas de búsqueda de potenciales yacimientos de petróleo crudo y de gas natural, tanto subterráneos como submarinos, la perforación de pozos exploratorios, y posteriormente la perforación y explotación de los pozos que llevan el petróleo crudo o el gas natural hasta la superficie. El downstream se refiere comúnmente a las tareas de refinamiento del petróleo crudo y al procesamiento y purificación del gas natural, así como también la comercialización y distribución de productos derivados del petróleo crudo y gas natural (ANH, 2013).

2.2. Energía renovable - RE

La energía renovable se obtiene de las corrientes continuas o repetitivas de energía que se producen en el medio ambiente natural e incluye tecnologías no relacionadas con el carbono como la energía solar, la energía hidroeléctrica, el viento, la marea y las olas y el calor geotérmico, Tecnologías neutrales como la biomasa (Verbruggen et al., 2010).

RE es cualquier forma de energía procedente de fuentes solares, geofísicas o biológicas que se repone mediante procesos naturales a una velocidad igual o superior a su velocidad de uso. RE se obtiene de los flujos continuos o repetitivos de energía que ocurren en el medio natural e incluye recursos como la biomasa, la energía solar, el calor geotérmico, la energía hidroeléctrica, la marea y las olas, la energía térmica oceánica y la energía eólica. Sin embargo, es posible utilizar la biomasa a una velocidad mayor de la que puede crecer o extraer calor de un campo geotérmico a una velocidad más rápida que los flujos de calor pueden reponerlo. Por otra parte, la tasa de utilización de la energía solar directa no tiene relación con la velocidad a la que llega a la Tierra. Los combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) no entran en esta definición, ya que no se reponen dentro de un plazo que es corto en relación con su tasa de utilización (Edenhofer et al., 2011).

Como se indicó en las definiciones anteriores existen varios tipos de energías renovables que en los siguientes párrafos se definirán.

Bioenergía.

La Bioenergía se define como la energía derivada de cualquier forma de biomasa (Edenhofer et al., 2011). La biomasa se define como el material de origen biológico (plantas o materia animal), excluyendo el material incrustado en formaciones geológicas y transformado a combustibles fósiles o turba. La Agencia Internacional de la Energía (World Energy Outlook 2010) define la biomasa tradicional como el consumo de biomasa en el sector residencial en los países en desarrollo que se refiere al uso a menudo insostenible de madera, carbón vegetal, residuos agrícolas y estiércol animal para cocinar y calentar. El resto del uso de biomasa se define como biomasa moderna: La bioenergía moderna abarca la generación de electricidad y la cogeneración de biomasa y residuos sólidos municipales (MSW), biogás, espacios residenciales y agua caliente en edificios y aplicaciones comerciales a partir de biomasa, MSW, biogás y combustibles líquidos de transporte. Las aplicaciones de la bioenergía industrial incluyen la calefacción mediante la generación de vapor y la autogeneración de electricidad y cogeneración en la industria de la pasta y el papel, los productos forestales, la alimentación y las industrias conexas (Edenhofer et al., 2011).

Dentro de la Bioenergía también se encuentran los biocombustibles cuya definición es la siguiente: cualquier combustible líquido, gaseoso o sólido producido a partir de biomasa, por ejemplo, aceite de soja, alcohol de azúcar fermentado, licor negro del proceso de fabricación de papel, madera como combustible, etc. Los biocombustibles tradicionales incluyen madera, estiércol, hierba y residuos agrícolas (Edenhofer et al., 2011).

Los biocombustibles se dividen en tres generaciones:

- El biocombustible fabricado de primera generación se deriva de granos, semillas oleaginosas, grasas animales y aceites vegetales de desecho con tecnologías de conversión maduras.

- El biocombustible de segunda generación utiliza procesos de conversión bioquímica y termoquímica no tradicionales y materias primas derivadas principalmente de las fracciones lignocelulósicas de, por ejemplo, residuos agrícolas y forestales, residuos sólidos urbanos, etc.
- El biocombustible de tercera generación se derivaría de materias primas como las algas y los cultivos energéticos mediante procesos avanzados todavía en desarrollo (Edenhofer et al., 2011).

Estos biocombustibles de segunda y tercera generación, producidos a través de nuevos procesos, también se denominan biocombustibles de próxima generación o avanzados, o tecnologías avanzadas de biocombustibles (Edenhofer et al., 2011).

Energía Solar

La energía solar se refiere a fuentes de energía que se pueden atribuir directamente a la luz del sol o el calor que genera la luz solar [1] (Timilsina, Kurdgelashvili, & Narbel, 2012)

Las tecnologías de energía solar pueden clasificarse en: pasivo y activo; térmica y fotovoltaica; y concentración y no concentración. La tecnología de energía solar pasiva simplemente recoge la energía sin convertir el calor o la luz en otras formas. Incluye, por ejemplo, maximizar el uso de luz diurna o calor a través del diseño del edificio. Por el contrario, la tecnología de energía solar activa se refiere al aprovechamiento de la energía solar para almacenarla o convertirla para otras aplicaciones y puede clasificarse en dos grupos: (i) fotovoltaica (PV) e (ii) solar térmica. La tecnología fotovoltaica convierte la energía radiante contenida en quanta de luz en energía eléctrica cuando la luz cae sobre un material semiconductor, causando excitación electrónica y potenciando fuertemente la conductividad. Existen dos tipos de tecnología fotovoltaica en el mercado: a) células fotovoltaicas cristalinas a base de silicio y b) tecnologías de película delgada fabricadas a partir de diferentes materiales semiconductores, entre los que se incluyen el silicio amorfo, el telururo de cadmio y el cobre indio Galio diselenide. La tecnología solar térmica utiliza calor solar, que se puede utilizar directamente para la aplicación térmica o de calefacción o generación de electricidad. En consecuencia, se puede dividir en dos categorías: (i) solar térmica no eléctrica y (ii) solar térmica eléctrica. El primero incluye aplicaciones como secado agrícola, calentadores de agua solares, calentadores de aire solares, sistemas de refrigeración solar y cocinas solares por ejemplo, este último se refiere al uso del calor solar para producir vapor para la generación de electricidad, también conocida como energía solar concentrada (CSP). Cuatro tipos de tecnologías CSP están actualmente disponibles en el mercado: Canal Parabólico, Espejo de Fresnel, Torre de Potencia y Colector de Plato Solar (Timilsina et al., 2012).

Energía Geotérmica

Los recursos geotérmicos consisten en energía térmica del interior de la Tierra almacenada tanto en roca como en agua atrapada o en agua líquida y se utilizan para generar energía eléctrica en una central térmica o en otras aplicaciones domésticas y agroindustriales que requieren calor (Edenhofer et al., 2011).

La energía geotérmica es un recurso renovable, ya que el calor extraído de un reservorio activo se restaura continuamente mediante la producción de calor natural, la conducción y la convección de las regiones más cálidas circundantes, y los fluidos geotérmicos extraídos se rellenan mediante recarga natural y por reinyección de los fluidos refrigerados (Edenhofer et al., 2011)

La energía geotérmica se extrae actualmente utilizando pozos y otros medios que producen fluidos calientes de: (a) reservorios hidrotérmicos con permeabilidad naturalmente alta, o (b) Sistemas geotérmicos mejorados o diseñados con vías de fluidos artificiales. La tecnología para la generación de electricidad a partir de los embalses hidrotermales es madura y fiable, y ha estado operando durante unos 100 años. Las tecnologías para la calefacción directa mediante bombas de calor geotérmicas (GHP) para calefacción urbana y para otras aplicaciones también están maduras. Las tecnologías para EGS están en la fase de demostración (Edenhofer et al., 2011)

La energía eléctrica de la energía geotérmica es especialmente adecuada para el suministro de energía de carga base y también puede ser despachada y utilizada para satisfacer la demanda máxima. Por lo tanto, la energía eléctrica geotérmica puede complementar la generación de electricidad variable (Edenhofer et al., 2011)

Dado que los recursos geotérmicos son subterráneos, se han desarrollado métodos de exploración (incluyendo estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos) para localizarlos y evaluarlos. Los objetivos de la exploración geotérmica son identificar y clasificar los depósitos geotérmicos prospectivos antes de la perforación. Hoy en día, los pozos geotérmicos se perforan en una gama de profundidades de hasta 5 km utilizando métodos de perforación rotativa convencionales similares a los de acceso a yacimientos de petróleo y gas. Las tecnologías avanzadas de perforación permiten un funcionamiento a alta temperatura y proporcionan capacidad direccional (Edenhofer et al., 2011)

Los tipos básicos de plantas de energía geotérmica en uso hoy en día son turbinas de condensación de vapor y unidades de ciclo binario. Las plantas de condensación pueden ser de tipo flash o de vapor seco (estas últimas no requieren separación de salmuera, resultando en plantas más simples y baratas) y son más comunes que las unidades binarias. Se instalan en recursos de temperatura intermedia y alta ($\geq 150^{\circ}\text{C}$) con capacidades a menudo entre 20 y 110 MWe (Edenhofer et al., 2011).

Energía hidráulica

La energía hidroeléctrica es una fuente de energía renovable donde la energía se deriva de la energía del agua que se mueve de las elevaciones más altas a las más bajas. Es una tecnología probada, madura, predecible y competitiva en costos. El poder mecánico de la caída de agua es una vieja herramienta utilizada para diversos servicios desde la época de los griegos hace más de 2.000 años. La primera central hidroeléctrica del mundo de 12,5 kW fue puesta en servicio el 30 de septiembre de 1882 en Fox River en la Fábrica Vulcan Street en Appleton, Wisconsin, Estados Unidos. Aunque el papel primordial de la energía hidroeléctrica en el suministro global de energía hoy en día es proporcionar generación de electricidad centralizada, las centrales hidroeléctricas también operan

aisladamente y suministran sistemas independientes, a menudo en áreas rurales y remotas del mundo (Edenhofer et al., 2011).

En una central hidroeléctrica, la transformación de la energía potencial en energía cinética se logra mediante la caída del agua. El agua que cae pasa por unas turbinas que se acoplan a un generador. Estas convierten la energía cinética en energía mecánica (UPME, 2015).

El generador tiene como función transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Esta transformación se consigue gracias a la interacción de los dos elementos principales que lo componen: la parte móvil llamada rotor, y la parte estática que se denomina estator (UPME, 2015).

Cuando un generador eléctrico está en funcionamiento, el rotor genera un flujo magnético que actúa como inductor para que el estator transforme la energía mecánica en energía eléctrica (UPME, 2015).

Existen varios tipos de centrales hidroeléctricas:

Central de agua fluyente: Estas centrales se construyen en los lugares en que la energía hidráulica debe emplearse en el instante en que se dispone de ella, para accionar las turbinas hidráulicas. No cuentan con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado según las estaciones del año. En la temporada de precipitaciones abundantes (de aguas altas), desarrollan su potencia máxima y dejan pasar el agua excedente. Durante la época seca (aguas bajas), la potencia disminuye en función del caudal, llegando a ser casi nulo en algunos ríos en la época del estío (UPME, 2015).

Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)

Cuentan con una capacidad instalada entre 500 y 20.000 kW, operación a filo de agua, aplicable a zonas no interconectadas y zonas interconectadas (sin posibilidad de participar en el despacho eléctrico, menores a 500 kW, y con posibilidad de hacerlo las mayores a 10.000 kW) (UPME, 2015).

Central con embalse o de regulación En este tipo de centrales se embalsa un volumen considerable de agua mediante la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales; el embalse permite regular la cantidad de agua que pasa por las turbinas, con el fin de unificar las variaciones temporales de los caudales afluentes en el río. Las centrales con almacenamiento o regulación exigen, por lo general, una inversión de capital mayor que las de filo de agua y facilitan el incremento de la producción energética, disminuyendo el costo de la energía generada (UPME, 2015).

Central de acumulación por bombeo: Disponen de dos embalses situados a diferente nivel; cuando la demanda de energía eléctrica alcanza su máximo nivel a lo largo del día, el agua almacenada en el embalse superior hace girar el rodete de la turbina asociada a un alternador funcionando como una central convencional generando energía. Después el agua queda almacenada en el embalse inferior. Durante las horas del día en las que la demanda es menor el agua se bombea al embalse superior para que inicie nuevamente el ciclo productivo. Para ello la central dispone de un grupo de

motores-bomba o, alternativamente, sus turbinas son reversibles de manera que puedan funcionar como bombas y los alternadores como motores (UPME, 2015).

Centrales mareomotrices: La energía de las mareas se transforma en electricidad en las denominadas centrales mareomotrices, que funcionan como un embalse tradicional de río. El depósito se llena con la marea y el agua se retiene hasta la bajamar para ser liberada después a través de una red de conductos estrechos, que aumentan la presión, hasta las turbinas que generan la electricidad. Sin embargo, su alto costo de mantenimiento frena su proliferación. El lugar ideal para instalar una central mareomotriz es un estuario, una bahía donde el agua de mar penetre. La construcción de una central mareomotriz es solo posible en lugares con una diferencia de al menos 5 metros entre la marea alta y la baja (UPME, 2015).

Energía Eólica

La energía eólica es la energía cinética asociada con el movimiento de grandes masas de aire. Este movimiento resulta de un calentamiento irregular de la atmósfera por el sol, creando temperatura, densidad y diferencia de presión. La potencia eólica es la conversión de la energía eólica en una forma útil de energía, como el uso de turbinas eólicas para hacer energía eléctrica, molinos de viento para la energía mecánica, bombas de viento para el bombeo o drenaje de agua o velas para propulsar barcos (Khare et al., 2013).

Un parque eólico, un proyecto eólico o una central eólica es un grupo de turbinas eólicas interconectadas a un sistema de utilidad común a través de un sistema de transformadores, líneas de distribución y (normalmente) una subestación (Edenhofer et al., 2011).

En la sección siguiente se indicará la teoría referente a benchmarking que es la técnica con la cual se busca comparar los diferentes atributos de las iniciativas de las energías renovables de cada empresa.

Captura y almacenamiento de dióxido de carbono - CCS

La captura y el almacenamiento y/o secuestro de carbono se define como la eliminación de CO₂ directamente de las plantas industriales o de servicios públicos y su posterior almacenamiento en un medio seguro. Es una de las tecnologías más importantes que se pueden emplear para reducir las emisiones de CO₂. Hasta la fecha, CCS es la técnica más prometedora para la reducción de CO₂, y es factible para grandes fuentes de CO₂ (Abdul et al., 2017).

Los métodos para mitigar las emisiones de CO₂ pueden clasificarse en métodos basados en la fuente de carbono, en la minimización de las emisiones de carbono y en los sumideros de carbono. Las técnicas de captura y secuestro de carbono entran en la tercera categoría, ya que el CO₂ se coloca en un medio de almacenamiento en lugar de emitirse a la atmósfera. En general, el enfoque en CCS es capturar CO₂ en la fuente de carbono, transportarlo a un sitio de inyección, a continuación, secuestrar en el almacenamiento a largo plazo en cualquiera de una variedad de medios de almacenamiento (Abdul et al., 2017).

En la tecnología CCS, las emisiones de CO₂ capturadas a partir del combustible fósil utilizado en puntos fuente de gran escala tienen que ser transportadas a un almacenamiento geológico seguro en lugar de emitirse a la atmósfera. En los Estados Unidos, las tuberías de CO₂ se utilizan para transportar el CO₂ desde donde se extrae hasta donde será secuestrado (Abdul et al., 2017).

En el sector de hidrocarburos este tipo de tecnología se ha implementado para la disminución de emisiones, existen estudios de implementación

Este tipo de tecnología se tendrá en cuenta para el análisis como un tipo de energía renovable teniendo en cuenta su relación directa con las emisiones que produce el sector de hidrocarburos en donde ya se ha implementado para la generación de energía eléctrica y también en refinación (Leeson, Mac Dowell, Shah, Petit, & Fennell, 2017).

2.3. Benchmarking

Benchmarking es el proceso por el cual las compañías miran el "mejor" en la industria y tratan de imitar sus estilos y procesos. Esto ayuda a las empresas a determinar lo que podrían estar haciendo mejor. La decisión de iniciar el benchmarking es valiosa para las empresas al abrir muchas ideas diferentes a los procesos, enfoques y preocupaciones (Allan, 1997).

Benchmarking se ha definido como la búsqueda de las mejores prácticas de la industria que conducirán a un rendimiento superior (Camp, 1989 citado por Carpinetti & de Melo, 2002). Esta definición ha sido acuñada por Robert Camp, quien primero escribió un libro sobre el tema basado en su experiencia en Xerox Corporation en los Estados Unidos (Carpinetti & de Melo, 2002).

De manera más elaborada, el Comité de Diseño de la Cámara de Compensación de Benchmarking Internacional define el benchmarking como "... un proceso sistemático y continuo de medición, un proceso de medición y comparación continua del proceso empresarial de una organización contra líderes empresariales en cualquier parte del mundo para obtener información que ayude a la organización a tomar medidas para mejorar su desempeño" (Lema and Price, 1995 como se citó en Carpinetti & de Melo, 2002).

El equivalente en español de benchmarking es evaluación comparativa. Dicho término ha sido ampliamente acogido, por lo cual se usa esta palabra en inglés.

Tipos de Benchmarking

Con el fin de encontrar el tipo de benchmarking que se debe usar, se revisará la teoría de varios autores lo cual se indica en los párrafos siguientes.

Fong et al. (1998) (citado por (Anand & Kodali, 2008) ha establecido un esquema de clasificación de la evaluación comparativa como se muestra en la Tabla 2-1 (Anand & Kodali, 2008)

Tabla 2-1 Clasificación del Benchmarking Fong, 1998

Clasificación	Tipo	Significado
Naturaleza del referente otros	Interno	Comparando dentro de una organización el desempeño de unidades o procesos de negocios similares
	Competidor	En comparación con los competidores directos, ponerse al día o superar su rendimiento general
	Industria	Comparación con la empresa de la misma industria, incluidos los no competidores
	Genérico	En comparación con una organización que trasciende los límites de la industria
	Global	Comparando con una organización donde su ubicación geográfica se extiende más allá de los límites de los países
Contenido del benchmarking	Proceso	Perteneciente a procesos de trabajo y sistemas operativos discretos
	Funcional	Aplicación del benchmarking de procesos que compara funciones empresariales específicas en dos o más organizaciones
	Desempeño	Respecto a las características del resultado, cuantificables en términos de precio, velocidad, fiabilidad, etc.
	Estratégico	Implicar la evaluación de asuntos estratégicos en lugar de operacionales
Propósito de la relación	Competitivo	Comparación para ganar superioridad sobre otros
	Colaborativo	Comparación para desarrollar una atmósfera de aprendizaje y compartir conocimientos

Fuente: Benchmarking the benchmarking models (Anand & Kodali, 2008).

Hay cuatro tipos diferentes de benchmarking que consisten en: benchmarking interno, benchmarking competitivo, benchmarking funcional o de la industria, y proceso o benchmarking genérico (Elmuti & Kathawala, 1997).

El primer tipo básico de benchmarking es el benchmarking interno. Esto es un benchmarking contra las operaciones. Es una de las formas más simples, ya que la mayoría de las empresas tienen funciones similares dentro de sus unidades de negocio. La determinación de los estándares internos de desempeño de una organización es el objetivo principal del benchmarking interno. Esto permite compartir una multitud de información. El beneficio inmediato proviene de la identificación de los mejores procedimientos internos y la posibilidad de transferirlos a otras partes de la organización. A menos que se utilice más adelante como referencia para el benchmarking externo, las compañías que implementan este tipo pueden a menudo conservar una visión introvertida (Matters y Evans, 1997) (Elmuti & Kathawala, 1997).

El benchmarking competitivo es un tipo usado con competidores directos. Hecho externamente, el objetivo del benchmarking competitivo es comparar compañías en los mismos mercados que tienen productos, servicios o procesos de trabajo en competencia. Un ejemplo sería McDonald's versus Burger King. Bajo este tipo de estrategia, es ventajoso ver cuál es el rendimiento relacionado de una empresa. Sólo bajo ciertas condiciones con los competidores directos, la información sería fácil de alcanzar. Particularmente la información en el dominio público sería la más accesible. Los competidores pueden optar por hacer que sea muy difícil obtener su inestimable información (Finch y Luebbe, 1995) (Elmuti & Kathawala, 1997)

El benchmarking funcional o de la industria se realiza externamente contra los líderes de la industria o las mejores operaciones funcionales de ciertas compañías. Los socios de benchmarking son generalmente aquellos que comparten algunas características tecnológicas y de mercado comunes. También parecen concentrarse en funciones específicas. Debido a que no hay competidores directos involucrados, el socio de benchmarking está más dispuesto a contribuir y compartir. Una desventaja puede ser el costo y la programación de las compañías ya comparadas (Matters y Evans, 1997) (Elmuti & Kathawala, 1997)

Por último, el proceso o el benchmarking genérico se centra en los mejores procesos de trabajo. En lugar de dirigir el benchmarking a las prácticas empresariales de una empresa, se enfatizan los procedimientos y funciones similares. Este tipo se puede utilizar a través de organizaciones diferentes. Aunque se cree que es extremadamente eficaz, es difícil de implementar. El benchmarking genérico requiere una amplia conceptualización de todo el proceso y una cuidadosa comprensión de los procedimientos (Finch y Luebbe, 1995; Matters y Evans, 1997) (Elmuti & Kathawala, 1997).

De acuerdo con Camp (como se citó en Carpinetti & de Melo, 2002) Las clasificaciones de benchmarking que se encuentran en la literatura son:

1. Benchmarking interno: Comparando el desempeño de unidades o departamentos dentro de una organización. Aun cuando no sea explícito en esta definición, también se pueden hacer comparaciones de productos o servicios similares de unidades de negocios similares (Carpinetti & de Melo, 2002).
2. Benchmarking competitivo: Comparando el desempeño de un competidor directo del producto. En este caso, la comparación puede hacerse de productos o servicios y procesos de negocio. La ingeniería inversa es un término más apropiado para el benchmarking de productos (Carpinetti & de Melo, 2002).
3. Benchmarking funcional: Comparación de funciones específicas con la mejor práctica. Es una aplicación de benchmarking de procesos que compara una función de negocio particular en dos o más organizaciones de la misma industria (Carpinetti & de Melo, 2002).
4. Benchmarking genérico: buscar la mejor práctica independientemente de la industria. Es similar al benchmarking funcional, aunque el objetivo es comparar con los mejores de la clase sin importar la industria (Carpinetti & de Melo, 2002).

2.4. Índices de Sostenibilidad

En las últimas dos décadas, el concepto de sostenibilidad ha ganado prominencia en todo el mundo. Si bien la comprensión de la sostenibilidad varía, la definición más comúnmente aceptada proviene del Informe Brundtland (1987) que establece que "el desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades" (Siew, 2015).

Ha habido varios intentos de proporcionar un significado más preciso de sostenibilidad en el contexto empresarial. IISD (1992) da una definición representativa, 'adoptando estrategias y actividades comerciales que satisfagan las necesidades de la empresa y sus partes interesadas hoy a la vez que protegen, sostienen y mejoran los recursos humanos y naturales que se necesitarán en el futuro'. Székely y Knirsch (2005) definen la sostenibilidad para las corporaciones como 'el crecimiento económico sostenido y en expansión, el valor para los accionistas, el prestigio, la reputación corporativa, las relaciones con los clientes y la calidad de los productos y servicios (Siew, 2015).

A pesar de la multiplicidad de definiciones, existe un entendimiento común de que para medir cómo está funcionando una corporación con respecto a la sostenibilidad, debe ser medible (Özdemir et al., 2011 como se citó en Siew, 2015). Las partes interesadas demandan cada vez más divulgaciones no solo sobre el desempeño económico sino también sobre las prácticas ambientales y sociales de una corporación (Waddock, 2003 como se citó en Siew, 2015). Este ha sido el motivador clave para el desarrollo de herramientas de informes de sostenibilidad corporativos (SRT) (Siew, 2015).

Los SRT corporativos se pueden dividir en algunas categorías: marcos; estándares. Los marcos suelen referirse a los principios, iniciativas o directrices proporcionados a las empresas para ayudarlos en sus esfuerzos de divulgación. Los estándares tienen una función similar a los marcos, existen en la forma de una documentación más formal que detalla los requisitos, las especificaciones o las características que pueden utilizarse para garantizar que los esfuerzos de sostenibilidad se consigan consistentemente. Las calificaciones e índices son una evaluación de terceros de la sostenibilidad de una empresa o el rendimiento de ESG (Siew, 2015).

A continuación se indican los diferentes marcos existentes e índices de sostenibilidad.

Marcos de trabajo

- ***Global Reporting Initiative (GRI)***

El GRI fue fundado en 1997 por la Coalición para Economías Ambientalmente Responsables (CERES) con la intención de crear un marco de presentación de informes de sostenibilidad aplicable a nivel mundial (GRI, 2011 como se citó en Siew, 2015). Desde entonces, se han publicado dos versiones posteriores de las directrices GRI de tercera generación, a saber, G3 y G3.1 (una versión actualizada de G3). Se utiliza un enfoque de consulta de múltiples partes interesadas para crear las directrices

G3.1 con un énfasis más fuerte en la claridad, el propósito de los criterios y el proceso de presentación de informes. Se proporcionan suplementos sectoriales que son directrices específicas para diferentes sectores industriales. Más recientemente, una guía de cuarta generación (G4) ha sido desarrollada. G4 incluye cambios propuestos a temas tales como Emisiones Anticorrupción y Gas de Efecto Invernadero (GEI). Estas pautas no son legalmente vinculantes y son de naturaleza voluntaria (Adams y Narayanan, 2007 como se citó en Siew, 2015).

- ***El Pacto Mundial***

El Pacto Mundial de las Naciones Unidas (ONU) promueve diez principios en áreas tales como derechos humanos, trabajo, medio ambiente y lucha contra la corrupción. Busca la cooperación de las corporaciones para adoptar y apoyar estos principios dentro de su esfera de influencia (Siew, 2015).

Estos principios son (UNGC, 2011 como se citó en Siew, 2015):

Derechos humanos:

- ✓ Principio 1: Las empresas deben apoyar y respetar la protección de los derechos humanos aclamados internacionalmente.
- ✓ Principio 2: Asegúrate de que no sean cómplices de los abusos contra los derechos humanos (Siew, 2015).

Laboral:

- ✓ Principio 3: Las empresas deben defender la libertad de asociación y el reconocimiento efectivo de los derechos a la negociación colectiva.
- ✓ Principio 4: La eliminación de todas las formas de trabajo forzoso u obligatorio.
- ✓ Principio 5: La abolición efectiva del trabajo infantil.
- ✓ Principio 6: La eliminación de la discriminación con respecto al empleo y la ocupación (Siew, 2015).

Ambiental:

- ✓ Principio 7: Las empresas deben apoyar un enfoque preventivo a los desafíos ambientales.
- ✓ Principio 8: Empezar iniciativas para promover una mayor responsabilidad ambiental.
- ✓ Principio 9: Fomentar el desarrollo y la difusión de tecnologías respetuosas con el medio ambiente (Siew, 2015).

Anticorrupción:

- ✓ Principio 10: Las empresas deben trabajar juntas contra la corrupción en todas sus formas, incluidas la extorsión y el soborno (Siew, 2015).

- ***Carbon Disclosure Project (CDP)***

El CDP es una corporación independiente sin fines de lucro que posee una de las bases de datos más grandes sobre divulgación de emisiones de gases de efecto invernadero, uso del agua y estrategias de cambio climático a escala global. Los puntajes de divulgación de carbono evalúan corporaciones basándose únicamente en la calidad y completitud de sus revelaciones (CDP afirma que estos puntajes no son una medida indicativa del desempeño corporativo porque no hace ningún juicio sobre la acción de una corporación para mitigar el cambio climático) (CDP, 2010 como se citó en Siew, 2015). Los factores considerados incluyen los riesgos específicos de la corporación y las oportunidades potenciales que surgen del cambio climático y las buenas prácticas internas de administración de datos para ayudar a la corporación a comprender sus emisiones de GEI (Siew, 2015).

- ***Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD)***

El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) está formado por las principales corporaciones del mundo en una amplia gama de sectores industriales. WBCSD ofrece una gama de herramientas para apoyar la inclusión de la sostenibilidad en la estrategia y las operaciones corporativas, como el Protocolo de GEI, el Juego de Herramientas de Finanzas Forestales Sostenibles y el Marco de Impacto de Medición del WBCSD, por nombrar algunos. De particular importancia es el Marco de Impacto de Medición del WBCSD que comenzó en 2006 como resultado de que las corporaciones miembro del WBCSD solicitaran un marco de medición que los ayudara a medir el impacto en cualquier etapa del ciclo de vida de una operación a diferencia de las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) que se llevan a cabo más para la diligencia debida (WBCSD e IFC, 2008). El resultado es un marco que se basa en un enfoque que mide lo que hace una corporación en términos de sus actividades en cuatro áreas, a saber, la gobernanza y la sostenibilidad, los activos, las personas y los flujos financieros (Siew, 2015).

- ***Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Protocolo GHG)***

El Protocolo de Gases Invernadero (GHG) se inició a través de una colaboración conjunta entre el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y el Instituto Mundial de Recursos (WRI) para desarrollar programas efectivos para enfrentar el cambio climático. El Estándar de contabilidad e informes corporativos del Protocolo de GEI (WBCSD y WRI, 2004) proporciona una guía paso a paso para que las empresas cuantifiquen e informen sobre sus emisiones. Estos pasos incluyen: establecer objetivos corporativos e inventario; establecer límites corporativos - decidir si se debe adoptar un enfoque de participación accionaria o enfoque de control (ver WBCSD y WRI, 2004 para más detalles); establecer límites operacionales e comprender las emisiones del alcance 1, 2 y 3 de una corporación; seguimiento de emisiones a lo largo del tiempo; gestionar la calidad del inventario; contabilizando reducciones de GEI; verificar las emisiones de GEI y establecer objetivos de GEI (Siew, 2015).

Ratings e Índices de Sostenibilidad Corporativa

- ***KLD***

KLD evalúa el desempeño ambiental, social y de gobierno de una corporación. Su clasificación está diseñada usando una escala binaria donde un valor de "1" indica la presencia de un problema en particular, mientras que "0" indica la ausencia de un problema. KLD tiene su propio personal de investigación independiente equipado con especialidades industriales y de temas en áreas tales como el medio ambiente, las relaciones con la comunidad, los programas para empleados y la diversidad, la seguridad y accesibilidad del producto, las relaciones laborales, los derechos humanos y la gobernanza. Los criterios explorados se dividen en dos amplias categorías conocidas como "fortalezas" y "preocupaciones". Por lo general, una calificación KLD se obtiene restando las "preocupaciones" de las "fortalezas" para llegar a un único valor neto (ver Hillman y Keim, 2001 como se citó en Siew, 2015).

- ***EIRIS***

EIRIS funciona como una corporación independiente, con fines de lucro, que se enorgullece de ser un proveedor líder mundial de investigación sobre los criterios ambientales, sociales y de gobernanza corporativos. Cubre aproximadamente 87 criterios, incluidos el cambio climático, los derechos humanos, las normas laborales de la cadena de suministro, las relaciones con los clientes y los proveedores, el compromiso de las partes interesadas, las prácticas de la junta y la gestión de riesgos. Cada ítem se clasifica en una escala de intervalos de la siguiente manera: -3 (Alto negativo), -2 (Negativo medio), -1 (Negativo bajo), 0 (Neutro), 1 (Positivo bajo), 2 (Positivo medio) y 3 (Positivo alto) (EIRIS, 2011 como se citó en Siew, 2015).

- ***SAM***

SAM despliega un conjunto de cuestionarios específicamente dirigidos a los CEO, las relaciones con los inversores, los departamentos de sostenibilidad y los asuntos públicos. Las calificaciones obtenidas a través de estas encuestas se ponderan en consecuencia y forman la base para la inclusión en el Dow Jones Sustainability Index (DJSI), uno de los principales índices mundiales utilizados para rastrear líderes en empresas impulsadas por la sostenibilidad (PNUMA, 2011 como se citó en Siew, 2015).

- ***Clasificación de Sostenibilidad Asiática (ASR)***

ASR emplea un conjunto propietario de 100 criterios relacionados con la sostenibilidad y se agrupa en cuatro criterios principales: general, ambiental, social y de gobierno. El puntaje es realizado por un grupo de analistas de inversión con experiencia en Singapur, donde se otorga un punto por cada criterio en la lista. Las evaluaciones se realizan únicamente en base a información disponible públicamente, como presentaciones regulatorias y sitios web corporativos, y los datos deben presentarse dentro de los 18 meses posteriores al período de evaluación (ASR, 2011 como se citó en Siew, 2015).

- **Índice de Sustentabilidad Dow Jones (DJSI)**

DJSI se lanzó por primera vez en 1999 como un punto de referencia de sostenibilidad global. En primer lugar, se invita a las 2500 corporaciones principales en términos de capitalización bursátil ajustada por fluctuación de precios en todas las industrias / sectores a participar en una evaluación corporativa de sostenibilidad basada en el cuestionario de SAM. Las corporaciones se filtran como parte del proceso de construcción de DJSI. El rendimiento de las acciones de las principales empresas del mundo en términos sociales, económicos y ambientales (la familia DJSI) se supervisa de forma continua (Siew, 2015).

Con el tiempo, también se han creado índices regionales. El Dow Jones STOXX Sustainability Index (DJSI) para los líderes de sostenibilidad de Europa se creó en 2001, el DJSI North America (DJSINA) se creó en 2005 y el índice Dow Jones Sustainability Asia Pacific se creó a principios de 2009 (DJSI, 2011a como se citó en Searcy & Elkhawas, 2012). Como se señala en su sitio web, "Los índices Dow Jones de sostenibilidad (DJSI) se establecieron para rastrear el desempeño de las empresas que lideran el campo en términos de sostenibilidad corporativa" (DJSI, 2011a como se citó en Searcy & Elkhawas, 2012). El desempeño de la empresa se rastrea a través de una evaluación corporativa de sostenibilidad cuyo objetivo explícito es "medir y verificar el desempeño corporativo de sostenibilidad de las empresas en el universo de inversión" (DJSI, 2011^a como se citó en Searcy & Elkhawas, 2012). Se ha afirmado que el DJSI es uno de los mejores índices de sostenibilidad del mundo y que emplea el mejor proceso de evaluación en la práctica (Beloe et al., 2004 como se citó en Searcy & Elkhawas, 2012).

- **Índices MSCI ESG**

MSCI proporciona herramientas de soporte de decisiones de inversión a más de 5000 clientes en fondos de pensiones y fondos de cobertura. MSCI genera puntajes para cada criterio aplicable (ambiental, social y de gobierno). Estos puntajes se agregan para formar un puntaje ESG compuesto que se asigna a una escala de letras, muy similar a la estructura de informes de crédito donde AAA representa el rendimiento de sostenibilidad más alto, mientras que C representa el rendimiento de sostenibilidad más bajo (MSCI, 2011 como se citó en Siew, 2015).

- **Índice FTSE4Good**

Los criterios de inclusión de FTSE4Good se desarrollaron con objetivos similares a los de todas las otras herramientas, que son proporcionar a los inversores un medio por el cual puedan identificar e invertir en corporaciones que cumplan con los requisitos mínimos de prácticas socialmente responsables. Para ser incluidas en la Serie de Índice FTSE4Good, las corporaciones deben cumplir con los requisitos básicos en cinco áreas principales: trabajar por la sostenibilidad ambiental, defender y apoyar los derechos humanos universales, garantizar buenas normas laborales de la cadena de suministro, contrarrestar el soborno y mitigar el cambio climático. Se relaciona con expertos en EIRIS y otra red de socios internacionales para investigar sobre el desempeño corporativo en ESG. Algunos de los mecanismos de investigación mencionados son una revisión de

los informes anuales, la investigación de sitios web corporativos y mediante cuestionarios escritos y material disponible al público (FTSE, 2011 como se citó en Siew, 2015).

- **Trucost**

Trucost crea perfiles ambientales de corporaciones que representan 464 sectores industriales en todo el mundo y monitorea alrededor de 100 tipos diferentes de impactos ambientales (Trucost, 2013). Hay cuatro pasos principales en el proceso de evaluación. El primer paso implica realizar un análisis segmentario para identificar las actividades de una corporación y, en consecuencia, asignar ingresos y costos a cada una de estas actividades. El segundo paso implica crear un perfil ambiental que describa los impactos ambientales directos y de la cadena de suministro de la corporación. El tercer paso consiste en mejorar el perfil desarrollado mediante la incorporación de fuentes disponibles públicamente, como informes anuales y sitios web. Además, durante este paso, las empresas están invitadas a verificar los perfiles ambientales creados para ellos. En el cuarto y último paso, Trucost genera un informe sobre los impactos ambientales de una corporación y sugiere áreas que requieren atención para reducir estos impactos (Trucost, 2013 como se citó en Siew, 2015).

- **Ethibel Sustainability Index ESI**

El Ethibel Sustainability Index se creó en 2002 en asociación con Standard and Poor's y está diseñado para aproximarse a las ponderaciones del sector en el S & P Global 1200 (Sustainable Investment Institute, 2006). El Índice en realidad comprende cuatro índices ponderados de flotación libre que contienen las mejores compañías en su clase con respecto a la sostenibilidad en todos los sectores y regiones a nivel mundial, en Europa, América y Asia Pacífico. El enfoque de ESI es doble: desarrollo sostenible y participación de los interesados (Sustainable Investment Institute, 2006 como se citó en Hartman et al., 2014):

El proceso de evaluación de Ethibel consta de cuatro áreas de evaluación: política social interna, política ambiental, política social externa y política económica ética. Al contrario de otros índices, Ethibel no aplica criterios negativos; en consecuencia, la participación o participación de una empresa en áreas particulares de producción, tecnologías o prácticas no conduce automáticamente a la exclusión (Hartman et al., 2014).

Indicadores de sostenibilidad Energía Renovables

En los índices de sostenibilidad Dow Jones se encuentra un indicador de sostenibilidad relacionado con las energías renovables y se muestra a continuación:

- ***S&P/Tsx Renewable Energy and Clean Technology Index:***

El Índice de Tecnología Renovable y Energía Renovable de S & P / TSX mide el desempeño de las compañías que cotizan en la Bolsa de Toronto (TSX), cuyo negocio principal es el desarrollo y la implementación de tecnologías ecológicas. Incluye unidades comunes de acciones e ingresos confiables, y se calcula en tiempo real (Indices & Methodology, 2015)

Existen además otros indicadores de sostenibilidad relacionados con las energías renovables que pueden ser usados para análisis por las empresas, países e investigadores. A continuación se muestran algunos de estos indicadores:

- ***ECO13 Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad***

Porcentaje de las energías renovables en el suministro total de energía primaria (STEP), consumo final total (CFT) y generación de electricidad y capacidad de generación (con exclusión de la energía no comercial) (Internacional, 2008).

- ***Indicadores del Banco Mundial (World Bank)***

Hay siete indicadores calificados en energía renovable que abarcan aspectos multidimensionales de políticas y regulaciones (Banerjee, Moreno, Sinton, Primiani, & Seong, 2016):

- ✓ Marco legal para la energía renovable
- ✓ Planificación para la expansión de la energía renovable
- ✓ Incentivos y apoyo regulatorio
- ✓ Atributos de incentivos financieros y regulatorios
- ✓ Conexión de red y acceso
- ✓ Riesgo de contraparte
- ✓ Fijación de precios y monitoreo del carbono (Banerjee et al., 2016).

- ***Indicadores clave de sostenibilidad de tecnologías de energía renovable***

- ✓ Precio de generación de electricidad
- ✓ Emisiones de gases de efecto invernadero
- ✓ Disponibilidad y limitaciones tecnológicas
- ✓ Eficiencia de la generación de energía
- ✓ Uso del suelo
- ✓ Consumo de agua
- ✓ Impactos sociales (Evans, Strezov, & Evans, 2009)

2.5. Conclusiones del capítulo

Se incluyó en este capítulo toda la teoría necesaria para la elaboración y conceptualización del trabajo. Esta teoría servirá de base para lograr el cumplimiento de los objetivos.

Las energías renovables tienen en común la finalidad de disminuir los gases de efecto invernadero que se producen en la producción de energía. Hay de varios tipos: energía solar, energía eólica, energía hidráulica, energía geotérmica y biomasa, todas usan componentes diferentes de la naturaleza para la generación de energía.

Existen varias definiciones de benchmarking y todas se centran en tomar lo “mejor” como referencia. De igual manera hay varios tipos de benchmarking, los cuales varían de acuerdo con las necesidades que se tengan y a lo que se desea mejorar o comparar, ya sean mejorar internas de los procesos y/o productos comparadas con procesos internos, con empresas del mismo tipo o con empresas de otras industrias.

Actualmente debido a la importancia de la sostenibilidad en las corporaciones se han creado diferentes marcos, índices e indicadores que miden la forma en que las diferentes empresas o corporaciones trabajan de manera sostenible en sus diferentes procesos.

En el siguiente capítulo se realizará la revisión de literatura de estudios similares que se hayan realizado con anterioridad o con características similares.

Capítulo 3. REVISIÓN DE LITERATURA

Introducción del capítulo

En este capítulo se hace referencia a trabajos de literatura académica que se han adelantado relacionados con el objeto del trabajo y que ayudan al cumplimiento de los objetivos propuestos y al fortalecimiento de los conceptos. Estos trabajos estarán también relacionados con las teorías identificadas en el marco teórico.

Al momento de realizar la investigación de la búsqueda de trabajos similares relacionados la elaboración de benchmarking de implementación de energías renovables en el sector de hidrocarburos no se encontró ninguno específico. Por lo tanto, la revisión de literatura se hará con base en trabajos de implementación de energías renovables en el sector de hidrocarburos y experiencias de diferentes empresas en su incursión en el tema.

3.1. Revisión de los artículos

Absi Halabi, Al-Qattan y Al-Otaibi (2015) revisaron la aplicación de la energía solar en la industria petrolera con el fin de poner en relieve las posibles contribuciones de la energía solar para satisfacer las necesidades energéticas de la industria del petróleo y el gas. Este artículo revisa los diversos esfuerzos realizados en el desarrollo de tecnologías solares y diferentes aplicaciones que se encuentran en campo de demostración en la industria del petróleo y gas. Para desarrollar el estudio los autores examinaron los consumos actuales de energía del sector de hidrocarburos así como las proyecciones al año 2035, evaluaron las fuentes de suministro existente y los impactos ambientales de la industria. Con estos datos analizaron los potenciales de las energías renovables de acuerdo a los requerimientos del sector y las nuevas aplicaciones de energía solar específicas para procesos del sector y para aplicaciones en el downstream. De manera conceptual analizaron el rol que juegan las compañías en el desarrollo de tecnologías de energías renovables, la economía que genera su utilización y las perspectivas futuras en la industria (Absi Halabi et al., 2015).

Absi Halabi, Al-Qattan y Al-Otaibi (2015) concluyen que las tecnologías de energía renovable representan una oportunidad tecnológica emergente para la industria de las energías renovables en el sector de hidrocarburos, también que ya existen aplicaciones que incluyen plantas de energía fotovoltaica a gran escala y plantas de vapor solares térmicas. Exponen además que la investigación y desarrollo de tecnologías de energía renovable ha mermado en cuanto a décadas pasadas y que la tendencia es actual de las empresas del sector es adquirir, asociarse o forma alianzas con empresas especializadas en energías renovables (Absi Halabi et al., 2015).

Pinkse y van den Buuse (2012) realizaron un análisis comparativo de las estrategias empleadas por varias empresas del sector de hidrocarburos en relación con las inversiones realizadas en la

implementación de tecnología solar fotovoltaica. Su objetivo principal fue examinar el enfoque estratégico de las empresas establecidas en la industria del petróleo y gas para el desarrollo y la comercialización de la tecnología solar fotovoltaica. Para realizar esta investigación los autores realizaron un estudio de casos múltiples centrándose en tres empresas del sector de hidrocarburos: BP, Shell y Total. Los resultados indican que las empresas de este sector tienen dificultades para integrar la tecnología solar fotovoltaica en su cadena de suministro (Pinkse & van den Buuse, 2012).

Miller (2013) realizó un análisis de dos compañías petroleras BP y Shell, las cuales invirtieron en energía solar cuando aún esta estaba en una infancia relativa y no tuvieron éxito. Para el desarrollo del análisis, el autor usó la teoría de la innovación con el fin de explorar las razones por las cuales las grandes corporaciones tradicionales normalmente no logran comercializar innovaciones disruptivas a escala. El análisis concluyó como propuesta, que de acuerdo con la teoría de innovación disruptiva, las grandes organizaciones generalmente enfrentan un desajuste entre su base de costos y los márgenes de beneficio delgados que se pueden esperar de este tipo de innovaciones, donde se lucha por asignar recursos pero esto no les genera crecimiento dado que ya son organizaciones grandes. La recomendación que deja el estudio es que en lugar de administrar la energía solar como una división dentro de una compañía de petróleo y gas, podría ser escindir de una organización independiente cuyo tamaño coincida con el del mercado solar. En última instancia, las conclusiones sugieren que las compañías petroleras hubieran hecho mejor para tratar sus negocios solares como entidades separadas independientes (Miller, 2013).

Hansen y Steen (2015) analizaron la motivación de las empresas del sector Offshore de petróleo y gas noruego para participar en la generación de energía eólica marina usando material empírico sustancial que para ellos contribuyó a comprender la dinámica entre los sectores maduros y emergentes de la industria. Los autores se propusieron en este trabajo contribuir a la comprensión de las transiciones sociotécnicas y de la interacción régimen-nicho, centrándose en la motivación de los actores del régimen (en este caso las empresas del sector offshore de petróleo y gas) a participar en un nicho (el sector eólico offshore). Exponen que las motivaciones que subyacen a la participación de las empresas del sector noruego de petróleo y gas en el viento en alta mar pueden dividirse en cuatro categorías. En primer lugar, los proyectos eólicos marinos se enmarcan como un negocio de hoy y como una actividad complementaria al offshore del sector de hidrocarburos. En segundo lugar, "hacer" el viento en alta mar es actualmente una forma de posicionar y desarrollar recursos para futuros negocios en un mercado que se espera que crezca en los próximos años, mientras que el nivel de actividad en petróleo y gas se espera que decline en algún momento. Los resultados de acuerdo con lo indicado por los autores, implican que el estudio de la transición tecnológica, como un proceso en que las empresas que pertenecen a un régimen o un nicho de lucha para ganar la parte superior es algo superficial y engañosa, así como que las empresas en lugar de ser evaluadas como máquinas preprogramadas, maximizadoras de utilidades deben ser evaluadas como conglomerados de individuos por parte de los diseñadores de políticas e investigadores académicos (Hansen & Steen, 2015).

Leeson, Mac Dowell, Shah, Petit y Fenell (2017) presentaron una revisión sistemática y en profundidad de la tecnología CCS aplicada a cuatro de los sectores industriales más importantes (la industria siderúrgica, la industria del cemento, la refinería de petróleo y la industria de la pulpa y el papel). Para el desarrollo del estudio realizaron una revisión literaria y usaron datos de los cuatro sectores para proyectar los costos por tonelada de CO₂ evitada para un despliegue hasta el año 2050 de CCS y efectuaron un análisis de sensibilidad para evaluar que variables tuvieron el mayor impacto en el costo total de la implementación. Como conclusiones el estudio indica que de las industrias modeladas, el sector del cemento es capaz de captar la mayor proporción de emisiones en comparación con las refinerías de petróleo y que los factores que tuvieron el mayor impacto general fueron el coste inicial de CCS al inicio del despliegue y la fecha de inicio en la que se inicia el despliegue a gran escala, mientras que una tasa de despliegue inicial más lenta después de la fecha de inicio también conduce a un aumento significativo de los costos, por lo tanto, indican que es necesario contar con un fuerte respaldo financiero y compartir el riesgo para la implementación de las CCS industriales del sector público a fin de generar confianza a un nivel suficiente para iniciar un despliegue a gran escala (Leeson et al., 2017).

Csomós (2014) examinó las características de las inversiones en energías renovables de 5 de las empresas más grandes del mundo del sector de hidrocarburos: ExxonMobil, Shell, BP, Chevron y Total. Para desarrollar el artículo el autor analizó el contexto internacional relacionado con las energías renovables y el cambio climático, así como el actual consumo de energía y las proyecciones mundiales. Posteriormente el autor analizó cada una de las 5 empresas en los siguientes aspectos: esfuerzos visibles en la utilización de energías renovables, inversiones importantes en energía renovables y el interés de estas empresas en convertirse en compañías energéticas en vez de empresas solo de petróleo y gas. Como conclusión el autor indica que la mayoría de las compañías de petróleo y gas afirman que, a pesar de lo importante que sea la energía renovable, la creciente demanda mundial de energía sólo podría abastecerse de petróleo y gas, por lo tanto estas empresas centrarán sus inversiones en la exploración de combustibles en todo el mundo, aunque no dejarán fuera sus inversiones hacia las energías renovables. Comenta además que ExxonMobil admite que no quiere abordar las energías renovables menos rentables. En cuanto a BP explica que debido a presiones externas tuvo que vender su negocio en energía solar y que Shell y Chevron poseen notables y diversos intereses en energías renovables. De Total afirma que es la que más interés tiene en estas energías porque no solo utiliza las energías renovables como fuente de energía sino también que a través de filiales de la compañía es un jugador global del mercado de energía renovable (Csomós, 2014).

Korpås, Warland, He y Tande (2012) realizaron un caso de estudio sobre la posibilidad de generar electricidad para una plataforma de Offshore en alta mar mediante un parque eólico operado en paralelo con turbinas de gas. Para el desarrollo del caso de estudio realizaron una simulación de un sistema eléctrico con una demanda de energía de entre 20 MW y 35 MW, la cual es suplida por dos turbinas de gas de 23 MW con diferente eficiencia que varía de acuerdo con las condiciones del gas y de la carga y por 4 turbinas eólicas de 5MW en paralelo, con un nivel de penetración de energía

eólica del 40%. El sistema se simuló con dos estrategias, una en la cual las turbinas de gas compartieron la carga y otra en la cual se apaga una turbina para ahorrar combustible y se apoya del parque eólico. El resultado para un año de simulación indicó que la segunda estrategia es mucho mejor, dado que mejoró la eficiencia de la turbina de la máquina, generó ahorros considerables en combustible y redujo en gran cantidad las emisiones de gases de efecto invernadero. Como principal conclusión del artículo, los autores indicaron que el viento offshore es una opción económica y ecológicamente racional para el suministro de electricidad a plataformas de petróleo y gas y que el tamaño del parque eólico y la estrategia operativa deben ser cuidadosamente seleccionadas para asegurar el funcionamiento técnico estable y económico (Korpås, Warland, He, & Tande, 2012).

Nilsen (2017) estudió a una de las empresas más grandes del sector de hidrocarburos en Europa: Statoil y sus decisiones estratégicas que determinan qué tipo de empresas multinacionales de tecnología energética eligen invertir o adquirir. Para llegar al resultado del estudio, el autor realizó diferentes entrevistas con personal de las áreas de New Energy Solutions y Research and Technology and Future Value Chains de Statoil, y definió dos caminos para el análisis, un camino que denomina energía negra que se refiere a la producción continua de hidrocarburos y a las inversiones en tecnología avanzada necesarias para crear una producción económica y el camino verde que corresponde al del cuidado del medio ambiente. Indicó que el camino de la energía verde representa una diversificación en energías renovables y tiene el potencial de contribuir a esfuerzos específicos que, paso a paso, cerrarán la brecha entre los caminos negro y verde y lograrán una industria energética más respetuosa con el medio ambiente. También analizó las inversiones realizadas por Statoil en proyectos de gas, energía eólica y la creación de un fondo de riesgo en nuevas energías renovables. Como conclusión principal expuso que a pesar de las nuevas iniciativas que se han tomado para cerrar la brecha entre los caminos fósiles y renovables de Statoil mediante la implementación de diferentes estrategias, la empresa ha prolongado su estrategia corporativa al aumento de las inversiones en petróleo y gas. En cuanto al nuevo fondo de inversiones creado por Statoil el autor no da conclusiones dado que apenas este se creó en el año de 2016 (Nilsen, 2017).

3.2. Conclusiones del capítulo

La energía solar y la energía son los dos tipos de energía que más se ha implementado en el sector de acuerdo con lo indicado en los artículos anteriormente descrito. Existe una nueva tecnología que está cogiendo fuerza y es la de CCS la cual puede ayudar mucho a la reducción de emisiones de CO₂.

De acuerdo con los estudios anteriores, el sector de hidrocarburos aún no está listo para implementar a gran escala las energías renovables, a menos que definan una estrategia diferente a la implementaron por ejemplo BP y Shell en energía solar. Total y Statoil están implementando diferentes estrategias en energías renovables alineadas dentro de su estrategia organizacional y bajo un enfoque de apoyo con empresas líderes del mercado de energías renovables.

La metodología usualmente utilizada por los artículos revisados presenta un enfoque más hacia el análisis de casos específicos que a trabajos numéricos. Se centra en el análisis de algunas empresas del sector para realizar los análisis de comparación, los cuales hacen a profundidad. En cuanto a las tecnologías no se centran en muchas para desarrollar los estudios.

OBJETIVO GENERAL

- ✚ Caracterizar las iniciativas adelantadas por las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial para el aprovechamiento de las energías renovables

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Identificar las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial y sus principales iniciativas en el uso de energías renovables.
- ✚ Definir atributos que caractericen las iniciativas identificadas.

Capítulo 4. Metodología

Introducción del capítulo

El objetivo de este capítulo es mostrar la metodología empleada para realizar la caracterización de las iniciativas adelantadas por las principales empresas del sector de hidrocarburos para el aprovechamiento de las energías renovables. Esta metodología consiste inicialmente en la identificación de las empresas más grandes del mundo del sector de hidrocarburos y a partir de esto definir una población objetivo de 10 empresas que ya cuenten con iniciativas de implementación de energías renovables, ya sea como estrategia de negocio o como estrategia para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica y térmica. Luego se muestran los resultados de la revisión de las iniciativas mostradas en sus páginas corporativas para caracterizarlas a partir de unos atributos definidos. Finalmente se efectuará un estudio de benchmarking con los diferentes atributos y características definidas en el paso anterior, con el fin de definir cuál es la empresa líder en implementación de energías renovables en el sector de hidrocarburos y conocer sus estrategias.

El tipo de benchmarking que se va a utilizar es el benchmarking funcional o genérico dado que este tipo de benchmarking se enfoca en la búsqueda o identificación de las mejores prácticas realizadas por las empresas líderes de una industria o sector sin necesidad de que las empresas que se encuentran en el mismo sector sean competencia directa. Como la implementación de energías renovables normalmente no es un objetivo estratégico de las industrias del sector de hidrocarburos esto hace que no exista por el momento competencia entre las empresas de este sector.

4.1. Identificación de las empresas objeto del estudio

El ranking utilizado para este trabajo es el publicado por la revista Forbes (Media, 2017). El listado fue realizado en el año 2015 y se fundamenta en la producción diaria de cada empresa después del comienzo de la crisis del precio del petróleo que comenzó en 2014 (Gutiérrez Rubí, 2016). La lista muestra las siguientes empresas con su producción en miles de barriles equivalentes de crudo por día:

1. Saudi Aramco – 12 mbpce (miles de barriles equivalentes de crudo).
2. Gazprom – 8.3 mbpce
3. National Iranian Oil Co. – 6 mbpce
4. ExxonMobil – 4.7 mbpce
5. Rosneft – 4.7 mbpce
6. PetroChina – 4 mbpce

7. BP – 3.7 mbpce
8. Royal Dutch Shell – 3.7 mbpce
9. Petróleos Mexicanos – 3.6 mbpce
10. Kuwait Petroleum Corp. – 3.4 mbpce
11. Chevron – 3.3 mbpce
12. Abu Dhabi National Oil Co. – 3.1 mbpce
13. Total – 2.5 mbpce
14. Petrobras – 2.4 mbpce
15. Qatar Petroleum – 2.4 mbpce
16. Lukoil – 2.3 mbpce
17. Sonatrach – 2.2 mbpce
18. Ministerio iraquí de Petróleo – 2 mbpce
19. PDVSA – 2 mbpce
20. ConocoPhillips – 2 mbpce
21. Statoil – 2 mbpce

Para definir el listado de las 10 empresas que serán objeto del estudio se tuvieron en cuenta como parámetros de selección además de su producción, que hubieran implementado algún tipo de energía renovable y que hicieran parte de la OGCI (OGCI, 2015)I. El resultado es el siguiente:

1. Saudi Aramco
2. Gazprom
3. Exxon Mobil
4. BP
5. Royal Dutch Shell
6. Chevron
7. Total
8. Petrobras
9. Lukoil
10. Statoil

Con base en el anterior listado se realizará la descripción y caracterización de las iniciativas de las empresas, de acuerdo con la información disponible en sus páginas corporativas.

4.2. Identificación de las principales iniciativas de uso de energías renovables del sector del Oil & Gas

4.2.1. Saudi Aramco Oil Co. – Saudi Aramco (Arabia Saudita)

Saudi Aramco es la empresa petrolera estatal del Reino de Arabia Saudita y fue fundada en 1933. En los últimos 80 años se ha convertido en un líder mundial en la exploración, producción,

refinación, distribución y comercialización de hidrocarburos. Lidera la industria en escala de producción, confiabilidad operacional y avances técnicos. Es la mayor exportadora mundial de crudo, produciendo aproximadamente uno de cada ocho barriles de petróleo del mundo. Maneja reservas probadas de crudo convencional y condensado de 261.100 millones de barriles. Su producción diaria promedio de crudo es de 10.2 millones de barriles por día (bpd), y administra reservas de gas natural de 297.6 billones de pies cúbicos estándar (scf). Su sede principal es en Dhahran, Arabia Saudita. Cuenta con oficinas y operaciones en todo el Reino, y emplea a más de 65.000 trabajadores en todo el mundo (Saudi Aramco, 2017b).

4.2.1.1. Estrategia en energías renovables y/o limpias

Saudi Aramco dentro de su negocio, en el área de sostenibilidad tiene como estrategia invertir en investigación, desarrollo, e innovación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, avanzar en la captura y el almacenamiento de carbono y aumentar la participación de las energías renovables.

Como estrategia enfocada en captura y almacenamiento de CO₂, Saudi Aramco realizó un proyecto piloto en cual espera evaluar para su futura aplicación en otras instalaciones y campos petrolíferos del Reino de Arabia Saudita.

4.2.1.2. Experiencia en energías renovables

- Energía Eólica

Saudi Aramco ya comenzó a incursionar en la implementación de energías renovables. El 17 de enero de 2017 se dio la puesta en marcha de la primera turbina de energía eólica del Reino, que suministra electricidad a su planta de producción a granel en Turaif, en el noroeste de Arabia Saudita. El proyecto, desarrollado en asociación con GE, marcó un nuevo hito en el plan de Saudi Aramco para realizar los 9,5 gigavatios (GW) de energía renovable nacional definido en la Visión Saudita 2030 (Saudi Aramco, 2017a).

Desde hace varios años, Saudi Aramco ha invertido para desarrollar sitios de alto potencial para la energía eólica en Arabia Saudita. Los sitios en todo el Reino tienen potencial de recursos significativos, y pueden generar parte de la electricidad de menor costo a nivel mundial (Saudi Aramco, 2017a).

A nivel nacional, el compromiso del Reino de Arabia Saudita con las energías renovables es parte del Plan Nacional de Transformación (NTP) y Visión 2030. A través de NTP, el Reino está encamionado en 3.45GW de energía renovable en el 2020, en camino a 9.5GW en 2023. El Ministerio de Energía Está liderando el lanzamiento del Programa Nacional de Energías Renovables, que será gradual y sistémico en su búsqueda de metas a largo plazo, donde Saudi Aramco es una parte clave en este esfuerzo (Saudi Aramco, 2017a).

El proyecto de demostración de la turbina eólica Saudi Aramco-GE impulsará las instalaciones de Saudi Aramco en Turaif, proporcionando electricidad directamente a la planta. Una turbina eólica genera suficiente energía para abastecer 250 viviendas, puede desplazar 19.000 barriles de petróleo equivalente y generar 2.75MW, reduciendo así la demanda de electricidad de la red nacional. La turbina eólica está conectada al sistema de distribución eléctrica de Turaif Bulk Plant para reducir la cantidad de energía comprada a Saudi Electricity Company y reducir el diésel actualmente consumido para suministrar energía a la planta (Saudi Aramco, 2017a).

El aerogenerador GE 2.75-120 ha sido suministrado con un paquete de protección para el desierto diseñado específicamente para las condiciones "calientes y duras" del Reino. La torre tiene 85 metros de altura, capturando energía con palas de 120 metros de diámetro. Las puntas del rotor de la turbina alcanzan 145 metros del suelo. Las palas de la turbina están construidas a partir de materiales compuestos ligeros, parecidos a grandes alas aerodinámicas de un planeador. El proyecto de turbinas eólicas fue desarrollado por especialistas de Power Systems de Saudi Aramco, con GE seleccionado para diseñar, suministrar y construir el proyecto de demostración (Saudi Aramco, 2017a).

- Captura de CO2

En 2015 Saudi Aramco implemento un proyecto piloto de captura de CO2 el cual diariamente captura y procesa 45 millones de pies cúbicos estándar de CO2 en una planta en Hawiyah. El CO2 se canaliza luego a 85 km del campo petrolífero de Uthmaniyah y se inyecta en el yacimiento de petróleo, secuestrando el gas mientras también ayuda a mantener la presión en el embalse y recuperar más petróleo (OGCI, 2016).

- Energía Solar

En energía solar, Saudi Aramco puso en servicio en 2015 su primera implementación de energía solar a pequeña escala, instalando en sus oficinas principales de Power Systems (PS) 144 módulos fotovoltaicos interconectados al sistema eléctrico existente que generan aproximadamente 35 kW de potencia (Saudi Aramco, 2015).

4.2.2. Public Joint Stock Company Gazprom - Gazprom (Rusia)

Gazprom es una compañía global de energía enfocada en la exploración geológica, producción, transporte, almacenamiento, procesamiento y venta de gas, condensado de gas y petróleo, ventas de gas como combustible para vehículos, generación y comercialización de calor y energía eléctrica. Posee las mayores reservas de gas natural del mundo. La participación de la Compañía en las reservas mundiales y rusas de gas asciende a 17 y 72 por ciento, respectivamente. Gazprom representa el 11% y el 66% de la producción mundial y nacional de gas. Tiene el sistema de transmisión de gas más grande del mundo con una longitud total de 171,2 mil kilómetros (Gazprom, 2017a). Gazprom fue fundada en 1989 y tiene su sede central en Moscú, Rusia (BNamericas, 2017c).

4.2.2.1. Estrategia en energías renovables

Gazprom ve la energía renovable como un riesgo para su generación de energía con gas y por lo tanto lo tiene mapeado en su gobernanza corporativa:

- **Riesgos de energía renovable**

Se espera que la producción de energía renovable aumente en algunos países, lo que puede reducir el consumo de gas en estos mercados. El uso del gas natural, entre otros, para la generación de energía, ofrece a los consumidores beneficios económicos, tecnológicos y ambientales que, según PJSC Gazprom, respaldarán al gas natural como fuente de energía más común. En la mayoría de los casos, la generación de energía renovable complementa la generación de electricidad de otras fuentes y puede implicar ciertos riesgos para el mercado de gas natural si se mantienen políticas agresivas de subvencionar las energías renovables a nivel nacional y / o supranacional (Gazprom, 2017c).

En este sentido Gazprom, como generador de energía ve la necesidad de continuar en la búsqueda de gas como transición de las energías renovables. Gazprom tiene la ventaja de ser simultáneamente un productor y proveedor de energía que posee una base de recursos potente y una infraestructura de transporte de gas múltiple (Gazprom, 2017f). Posee activos generadores de energía que representan alrededor del 17 por ciento de la capacidad instalada total del sistema energético nacional (Gazprom, 2017a).

Sus activos generadores se consolidan en Gazprom Energoholding “Gazprom Energy”, filial de Gazprom. La estrategia de generación de energía del Grupo para el mercado ruso fue adoptada en 2007. En la actualidad, la construcción de una central térmica en Pancevo, Serbia, es el principal proyecto internacional de Gazprom Energoholding (Gazprom, 2017d).

Sin embargo Gazprom respalda el uso de energías renovables cuando es económica y técnicamente factible, concretamente en zonas remotas o aisladas tecnológicamente (Estates, 2014).

Gazprom Group desarrolla sus actividades de comercialización de electricidad en Europa a través de la filial Gazprom Marketing and Trading Ltd (Gazprom, 2017d). Mediante esta filial, Gazprom en abril de 2012 firmo un acuerdo de compra de energía- PPA con el grupo Infinis, el cual es uno de los principales generadores de energía renovable en el Reino Unido (Gazprom, 2012).

4.2.2.2. Experiencia en energías renovables

Gazprom, tiene principalmente experiencia en implementación de energía renovable a pequeña escala dentro de sus instalaciones. Por ejemplo en el 2015 se instaló un sistema modular de energía eólica y solar de 5 kW para el sistema de control distribuido (DCS por sus siglas en ingles) y la iluminación en una Estación de Distribución de Gas (Gazprom, 2015). Bajo este esquema Gazprom

opera más de 100 sistemas de energía autónoma basados en energía renovable, incluyendo aquellos con paneles solares y turbinas eólicas (Estates, 2014).

Esta empresa tiene una característica diferenciadora que genera una gran ventaja sobre las demás petroleras y consiste en que ya cuenta desde el 2006 con una filial llamada “Gazprom Energy”. Esta filial tiene como núcleo de negocio proveer gas y energía eléctrica a pequeñas, medianas, grandes industrias y corporaciones mediante varios esquemas dentro de los cuales se pueden nombrar: contratos de energía, gestión de emisiones de carbono, acuerdos de compra de energía - PPA, acuerdos de comercio de energía (ETAs), generación distribuida, entre otros (Gazprom, 2017e).

Es de resaltar que dentro de uno de los esquemas de negocio de energía que ofrece Gazprom Energy, se tiene relación directa con las energías alternativas y los nuevos esquemas de generación de energía. Este esquema se denomina “Embedded Generation” o generación distribuida donde la empresa ofrece a sus clientes la oportunidad de escoger de una amplia gama de fuentes la energía que mejor le parezca. Esta gama de fuentes es la siguiente:

- Hidráulica
- Biomasa
- Gas de relleno sanitario
- Eólica
- Digestión anaeróbica
- Solar
- Combustión de residuos (Gazprom, 2017b)

Así mismo ofrece servicios de agrupación de sitios de generación de diferentes tecnologías (Gazprom, 2017b).

Gazprom en 2012 firmó un acuerdo de compra de energía – (PPA) renovable generada en rellenos sanitarios por un total de 16 MW con la empresa Infinis (Gazprom, 2012).

4.2.3. Exxonmobil Corporation – ExxonMobil (Estados Unidos)

ExxonMobil es una de las petroleras más grandes del mundo y tiene operaciones en varios países de cuatro continentes. Los principales enfoques de negocio de ExxonMobil son los siguientes:

- Exploración, desarrollo, producción, comercialización de energía y gas natural e investigación
- Refinación y distribución, combustibles, comercialización de especialidades y lubricantes, e ingeniería e investigación
- Químicos (ExxonMobil, 2017c).

La empresa se constituyó el 30 de noviembre de 1999 a partir de la fusión de Exxon y Mobil (BNamericas, 2017b).

4.2.3.1. Estrategia en energías renovables

El panorama energético que proyecta ExxonMobil en generación de energía de acuerdo al crecimiento de la demanda al 2040, muestra la relevancia que están tomando las energías alternativas para las empresas petroleras. Dicha relevancia se demuestra al ver como en sus proyecciones de energía no se evidencia que la forma de suplir la demanda sea con petróleo o derivados del petróleo (core de su negocio) si no que muestran que parte de esta demanda de energía va a ser suplida por energías renovables. Lo anterior muestra el nuevo enfoque al que deben seguir las industrias petroleras si quieren seguir liderando el tema energético.

A continuación se muestran los aspectos más importantes de este panorama de ExxonMobil que pueden impulsar el uso de energías renovables:

- ✓ Factores que impulsan la demanda de electricidad y los combustibles que la generan:

El crecimiento económico estimula la demanda mundial de electricidad: Las evoluciones en la tecnología y el surgimiento de las naciones en desarrollo llevan a un aumento en el número de fábricas, hogares y edificios, impulsando un crecimiento de 60% en la demanda mundial de electricidad.

- ✓ La demanda mundial de electricidad aumentará un 60% para 2040.
- ✓ Muchas fuentes de energía pueden ayudar a suplir la demanda pero el foco está en las fuentes de menor generación de emisiones como son la solar, la eólica y gas.
- ✓ El gas natural reduce las emisiones de CO2 hasta un 60% cuando se utiliza en la generación de energía
- ✓ Se estima un incremento en el 360% de generación de electricidad por medio de energía solar y eólica, así como una disminución del 10% en de la generación eléctrica por medio del carbón.
- ✓ Para el 2040 el gas natural se acercará al carbón como la mayor fuente de electricidad a nivel mundial.

Debido a la fuerte demanda de potencia, se necesitará más energía para crear electricidad en 2040 que en la actualidad. Sin embargo, el aumento de las fuentes de energía como el gas natural, el viento, la energía solar y nuclear ayudará a mantener las emisiones bajas mientras sigue satisfaciendo las necesidades de electricidad del mundo (ExxonMobil, 2017e).

Similar a Gazprom, ExxonMobil centra su estrategia en la exploración y comercialización de gas:

En las próximas décadas, se espera que el gas natural desempeñe un papel cada vez más importante en el crecimiento económico mundial. ExxonMobil está activo en toda la cadena de valor del gas natural en la mayoría de los principales mercados, esto proporciona una ventaja competitiva importante y posiciona ExxonMobil fuertemente para ayudar a satisfacer las crecientes demandas de gas natural y energía del mundo (ExxonMobil, 2017d).

4.2.3.2. Experiencia en energías renovables

La experiencia que ha tenido ExxonMobil en energías renovables de acuerdo con lo que se evidencia en su página corporativa no es con una fuente de energía renovable propiamente dicha, sino que es una tecnología sustentable que disminuye los gases de efecto invernadero. Esta tecnología se denomina Captura y Almacenamiento de Carbono, en inglés Carbon capture and storage – CCS, y ExxonMobil es una de las que la ha implementado.

ExxonMobil en las últimas tres décadas ha trabajado en aplicaciones de CCS en todos sus componentes tecnológicos, incluyendo la participación en varios proyectos de inyección de dióxido de carbono. En 2015, ExxonMobil capturó 6,9 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono para el secuestro - el equivalente a eliminar las emisiones anuales de gases de efecto invernadero de más de 1 millón de vehículos de pasajeros (ExxonMobil, 2017a).

Los científicos de ExxonMobil han estado buscando nuevas tecnologías que podrían reducir los costos asociados con los actuales procesos de CCS al aumentar la cantidad de electricidad producida por una planta de energía mientras se producen simultáneamente reducciones significativas en las emisiones de dióxido de carbono (ExxonMobil, 2017a).

El avance de esta tecnología desarrollada por ExxonMobil es de gran importancia para la reducción considerable de las emisiones de gases de efecto invernadero en la generación de energía eléctrica. Se puede concluir que aunque esta tecnología aplica para energías convencionales su aporte a la reducción de emisiones genera un valor importante para la finalidad de controlar el cambio climático, el cual es uno de los baluartes en la implementación de las energías renovables. Por lo tanto puede ser una gran opción a ser implementada como transición a un futuro sin emisiones abanderado por las energías renovables.

En cuanto a Biocombustibles ExxonMobil ha invertido constantemente en Investigación y Desarrollo de biocombustibles avanzados como es el caso de algas y en programas de biomasa alternativas como biomasa celulósica (ExxonMobil, 2011).

Para el caso de energía solar, Exxon en 1973 creó Solar Power Corporation, empresa encargada de la fabricación de paneles solares. Los investigadores de Exxon redujeron en esa época considerablemente los costos de fabricación de los paneles solares. Actualmente ExxonMobil fabrica resinas de copolímero Escorene™ Ultra EVA para celdas fotovoltaicas (ExxonMobil, 2017b).

4.2.4. BP PLC – BP (Reino Unido)

BP es una de las principales compañías integradas de petróleo y gas del mundo y fue fundada en 1909. La empresa cuenta con operaciones en más de 70 países, tiene 79.800 empleados, una producción de 3.3 millones de barriles de crudo equivalente por día y una reservas de 17.180 millones de barriles de crudo equivalente, según datos de finales de 2015 (BP, 2017a).

4.2.4.1. Estrategia en energías renovables

BP ha estado produciendo energía renovable por más de una década. Su estrategia es invertir en energía renovable donde pueden construir negocios comercialmente viables a escala. Su enfoque es en los biocombustibles y el viento. Gestionan directamente estos negocios, desde la fabricación de biocombustibles desde la caña de azúcar hasta la generación y distribución de energía eólica (BP, 2017c).

4.2.4.2. Experiencia en energías renovables

✓ Energía Solar

En 1999, BP estableció la mayor empresa de energía solar fotovoltaica – PV verticalmente integrada. Dentro de BP, la tecnología fotovoltaica fue construida como un producto separado desde 1980, lo cual eventualmente llevo al establecimiento de la división de Energía Alternativa de BP en 2005. El proceso de crecimiento de BP Solar hacia su posición actual en 2012 como una de las compañías más grandes a nivel mundial ha sido por el establecimiento de una división solar aparte de sus actividades petroleras (Absi Halabi et al., 2015).

El primer hito en las actividades de BP solar fue en 1980, cuando BP ingreso en el mercado solar a través de la adquisición de la compañía Lucas Energy System. Este paso fue parte de una más amplia estrategia diversificada (BP también ingreso al negocio del carbón, minerales y tecnología de la información), debida a la crisis petrolera de los años 70. El segundo hito fue el discurso del presidente ejecutivo de BP John Browne en la universidad de Stanford en 1997, donde el prometió aumentar la inversión en solar de \$100 millones a \$1 billón de dólares por año. Este compromiso no fue considerado como una diversificación si no como parte de una estrategia para responder al problema del cambio climático. Esta promesa duro hasta 1999, cuando BP solar se convirtió en la empresa vertical más grande del mundo al adquirir a Solarex (Absi Halabi et al., 2015).

Un factor crucial para el desarrollo de la tecnología solar de BP ha sido sus adquisiciones de empresas conjuntas. En 1989, BP se unió con Tata Energy para establecer posición en el mercado Indio, mientras en 2005 BP Solar se asoció con SunOasis una empresa solar con sede en China para construir su posición en el mercado Chino. Una de las estrategias de BP para ser más costo eficientes fue la de manufacturar los paneles. Esta manufactura comenzó realmente en 1997, cuando BP anuncio inversiones de \$20 millones de dólares para construir una planta centralizada para el mercado estadounidense. En 2008, BP decidió enfocarse en actividades de manufactura en las cuatro plantas más grande de Estados Unidos, España, China e India (Absi Halabi et al., 2015).

La British Petroleum - BP, estableció en 1999 la mayor empresa de energía solar fotovoltaica – PV verticalmente integrada. Dentro de BP, la tecnología fotovoltaica fue construida como un producto separado desde 1980, lo cual eventualmente llevo al establecimiento de la división de Energía Alternativa de BP en 2005. El proceso de crecimiento de BP Solar hacia su posición actual en 2012

como una de las compañías más grandes a nivel mundial ha sido por el establecimiento de una división solar aparte de sus actividades petroleras (Absi Halabi et al., 2015).

BP también se enfocó en plantas de energía en Portugal y España para beneficiarse de las tarifas. En Portugal construyó una planta de 62 MW con 350.000 paneles solares para suministrar energía a 22.000 hogares y en España construyó 278 pequeñas plantas de 18 a 25 MW para suministrar energía a 12.500 hogares (Absi Halabi et al., 2015).

Sin embargo a finales de 2011, BP salió de la energía solar. Incluso antes de eso, durante un período de tres años, BP Solar había comenzado un proceso de cierre gradual de sus plantas y haciendo que sus 1750 trabajadores fueran redundantes. Al explicar su salida, BP dijo simplemente que no podía "ganar dinero" con la energía solar. Específicamente, BP buscó echarle la culpa a los precios mundiales abruptos de los paneles solares, apuntando específicamente a la competencia de bajo costo de China, y al hecho de que la energía solar es un negocio "commoditizado" en el que veían poco futuro (Macalister, 2011, como se citó en Miller, 2013).

En 2011, BP indicó que la energía solar se había convertido en un mercado de productos básicos de bajo margen, y comenzó a liquidar sus operaciones solares restantes a medida que se prepararon para salir del negocio (BP PLC., 2011).

En 2012, Tata compró el porcentaje de BP en Tata BP Solar India y anunció su cambio de nombre a TATA Power Solar System Limited (Tata Power Solar) y desde ese momento es propiedad absoluta de Tata Power ("Tata Power Solar | News," 2012).

BP en su informe anual de 2012, indicó que la salida de su negocio solar como se anunció en diciembre de 2011, se había completado sustancialmente (BP PLC., 2012).

- **Biocombustibles**

En Brasil BP produce etanol de caña de azúcar y electricidad de residuos de caña de azúcar. Después de la expansión de la planta Tropical en 2014, se produjeron 795 millones de litros de etanol equivalente (que incluye el etanol y el azúcar) en 2015. Esto representa un aumento del 47% (BP, 2017d)

BP está invirtiendo en el desarrollo de biobutanol, en conjunto con su socio DuPont. En comparación con otros biocombustibles, el biobutanol se puede mezclar con combustibles en proporciones más altas, y es más fácil de transportar, almacenar y administrar (BP, 2017d).

El etanol de caña de azúcar tiene un ciclo de vida de emisiones de gases de efecto invernadero que es un 70% más bajo que los combustibles de transporte convencionales. BP exporta alrededor de 667 gigavatios hora de energía verde a la red local usando el bagazo resultante de la producción del etanol (BP, 2017d).

- **Energía eólica**

BP tiene el mayor negocio de energía renovable operado de cualquier gran compañía internacional de petróleo y gas. En los Estados Unidos, sus activos renovables incluyen 14 parques eólicos terrestres ubicados desde la isla hawaiana de Maui hasta el noreste de Pennsylvania. Los parques eólicos estadounidenses de la compañía tienen una capacidad de generación bruta de 2.259 megavatios (BP, 2017e).

BP opera directamente 13 parques eólicos en Colorado, Idaho, Indiana, Kansas, Pensilvania, Dakota del Sur y Texas (BP, 2017e).

Los parques eólicos de BP Wind Energy son los siguientes:

- ✓ Colorado: BP Wind Energy es el socio operativo del parque eólico Cedar Creek 2 en el condado de Weld. Este sitio de 30,000 acres tiene 122 turbinas con una capacidad total para generar más de 248 MW de energía eólica. Esto es suficiente electricidad para alimentar aproximadamente 65,000 hogares promedio por un año (BP, 2017b).
- ✓ Hawái: Situada en un sitio de 5.400 acres en la isla de Maui, el parque eólico de Auwahi utiliza ocho aerogeneradores para generar 21 MW de electricidad. Su producción puede alimentar el equivalente de 5.600 hogares cada año. BPWE es el socio operativo de Auwahi (BP, 2017b).
- ✓ Kansas: BP Wind Energy posee y opera el parque eólico Flat Ridge 1 y es el socio operativo en el parque eólico Flat Ridge 2, ambos ubicados al oeste de Wichita. Con más de 70.000 acres en los condados de Barber, Harper, Kingman y Sumner, estas dos granjas cuentan con 314 turbinas con capacidad para generar 520 MW de electricidad, o lo suficiente para abastecer a unos 140.000 hogares promedio (BP, 2017b).
- ✓ Idaho: BP Wind Energy es el socio operativo del parque eólico de Goshen North. Situado en unas 11.000 hectáreas en el Condado de Bonneville, justo al este de Idaho Falls, los 83 aerogeneradores de Goshen pueden generar hasta 124,5 MW de electricidad. Esto es suficiente para alimentar a unos 33.000 hogares promedio anualmente (BP, 2017b).
- ✓ Indiana: En el condado de Benton, BP Wind Energy opera los parques eólicos Fowler Ridge 1, 2 y 3. Con una extensión de más de 42.000 acres, estas granjas tienen 355 aerogeneradores con 600 MW de capacidad de generación total, que puede alimentar alrededor de 160.000 viviendas durante un año (BP, 2017b).
- ✓ Pensilvania: BP Wind Energy es el socio operativo del parque eólico de Mehoopany. El sitio de 9.000 acres en el condado de Wyoming cuenta con 88 aerogeneradores con la capacidad

de generar 141 MW de potencia - suficiente para proporcionar electricidad a 38.000 hogares promedio anualmente (BP, 2017b).

- ✓ Dakota del Sur: Situado en 7.500 acres en el condado de la mano, el parque eólico Titan 1 es de propiedad total de BP Wind energy, así mismo su operación. La granja cuenta con 10 turbinas con la capacidad de generar 25 MW de energía eólica - suficiente para alimentar unos 6.700 hogares promedio anualmente (BP, 2017b).
- ✓ Texas: BP Wind Energy posee y opera cuatro parques eólicos en Texas, incluyendo una granja en la cual es un propietario parcial. Con 223 turbinas, los sitios abarcan 63.400 acres en cinco condados y pueden generar hasta 582,5 MW - lo suficiente como para alimentar 157,000 hogares promedio. Dos de estas granjas están situadas al oeste de Dallas / Fort Worth: Silver Star 1 en condados de Eastland y Erath y el parque eólico de Trinity Hills en los condados de Archer y Young. Los parques eólicos Sherbino 1 y 2 están ubicados en el condado de Pecos, al este de Fort Stockton (BP, 2017b).

4.2.5. Royal Dutch Shell PLC– Shell (Holanda y Gran Bretaña)

Shell es una empresa del sector de petróleo y gas fundada en 1907 y su sede está en La Haya, Holanda. La sociedad matriz del grupo Shell es Royal Dutch Shell plc, que está constituida en Inglaterra y Gales. Shell opera en más de 72 países, cuenta con aproximadamente 92.000 empleados, producen 3.7 millos de barriles de crudo equivalentes por día y 57,1 millones de toneladas de gas natural licuado de petróleo (Shell, 2017g).

4.2.5.1. Estrategia en energías renovables

Dentro de los temas estratégicos de Shell, se está construyendo un nuevo portafolio en nuevas energías de acuerdo con las actividades que ya se ejecutan en biocombustibles de baja emisión de carbono e hidrógeno y en inversiones en energía solar y eólica (Shell, 2017e).

Shell ha interiorizado la necesidad de disminuir emisiones de CO₂ dentro de su estrategia corporativa, por lo cual actualmente está implementando diferentes tecnologías, invirtiendo en investigación y participando en grandes proyectos para lograrlo. No solo ha pensado en energías renovables sino en tecnologías nuevas que disminuyen las emisiones tanto en la generación de energía como en combustibles. De igual manera que ExxonMobil y Chevron, Shell piensa que por ahora la implementación de energías alternativas no va a crecer de una manera tal que pueda suplantar a los hidrocarburos y sus derivados en la matriz de energía mundial y que por ahora lo principal es enfocarse en el uso de gas para la generación de energía con menos emisiones de CO₂.

A continuación se muestra en enfoque de Shell en disminución de emisiones de CO₂:

- **Gas natural**

El gas natural produce la mitad de CO₂ que el carbón cuando se utiliza para la generación de electricidad. El reemplazo de una planta de carbón por una planta de gas que tiene captura y almacenamiento de carbono (CCS) puede reducir las emisiones de CO₂ hasta un 90%. La rápida implantación del gas natural en lugar del carbón, junto con un mayor uso de las energías renovables, podría reducir significativamente las emisiones del sector eléctrico (Shell, 2017c).

El uso del gas natural en el sector energético es casi con seguridad la forma más rápida y económica en la que algunos países pueden reducir sus emisiones de CO₂ a corto plazo, como han demostrado tanto el Reino Unido como los Estados Unidos. El gas natural en forma licuada también puede utilizarse como combustible de transporte capaz de reducir los costes para los clientes, reducir la contaminación atmosférica a partir de los niveles actuales y ayudar a reducir las emisiones mundiales de CO₂ (Shell, 2017c).

Hoy en día, el gas natural, el hidrocarburo más limpio, constituye más de la mitad de su producción. Shell cree que el gas natural será vital para construir un futuro energético sostenible, especialmente en la generación de energía, donde produce alrededor de la mitad del CO₂ y sólo una décima parte de los contaminantes del aire que produce el carbón (Shell, 2017d).

- **Captura y almacenamiento de carbón – CCS**

Shell está involucrado en varios proyectos para capturar y almacenar con seguridad CO₂ para mitigar el uso de hidrocarburos. Estos dependen del apoyo gubernamental para ser financieramente viables y extenderse. El reemplazo de una central eléctrica a carbón por una planta de gas que tiene CCS puede reducir las emisiones de CO₂ hasta un 90%. También cuentan con una década de experiencia en energía eólica, con participación en nueve proyectos en América del Norte y Europa (Shell, 2017d).

La perspectiva de Shell va más allá de la generación de energía, además de continuar y crecer con su núcleo de negocio tiene una visión clara de cuál debe ser el futuro en el tema energético y su relación con el desarrollo de las grandes ciudades de una manera cada vez más limpia. Es consciente del continuo crecimiento y del aumento de la demanda energética para satisfacer las necesidades de una población que cada vez aumenta su nivel de vida y por lo tanto su consumo de energía.

Así mismo, Shell actualmente está interesado en la energía solar y eólica:

- **Energía Eólica:**

Shell tiene interés en ocho proyectos eólicos en Norteamérica y uno en Europa. Su participación es de alrededor de unos 500 MW (Shell, 2015).

- **Energía Solar:**

En cuanto a energía solar, Shell nuevamente está interesada, mediante la empresa GlassPoint en la cual ha invertido. GlassPoint utiliza tecnología solar para generar vapor que se inyecta a los pozos para mejorar la recuperación de petróleo (Shell, 2015).

Los escenarios de Shell sugieren que la sociedad necesitará aumentar su participación en energías renovables en torno al 80% de un sistema energético mucho mayor que el actual. Esto si el mundo piensa en completar una transición energética para lograr un objetivo a largo plazo de cero emisiones netas para el 2100 (Shell, 2017c).

4.2.5.2. Experiencia en energías renovables

- Energía solar

Similar a BP, Shell le ha apostado desde hace varios años a la implementación de energías alternativas dentro de su negocio, posee experiencia en solar y en eólica. Aunque en la actualidad se ha enfocado más en la energía eólica, Shell realizó grandes inversiones en energía solar en la década de los 90 y principios del 2000.

La Royal Dutch Shell tuvo su primer gran hito en energías renovables en 1997 cuando se comprometió a invertir \$250 Millones de dólares en energía solar en los próximos 5 años. Esto fue considerado como una manera de posicionar la empresa en el cambio climático tal como lo hizo BP (Levy and Kolt). Esto se anunció como el quinto negocio central de Shell (Boulton, 1997).

En cuanto a las estrategias de Shell en energía solar fotovoltaica, en 2001 Shell Solar creó una empresa conjunta con Siemens y EON en tecnología basada en celdas cristalinas. En 2002 Shell adquirió el 100% de esta empresa. Después de esta adquisición Shell transformó a Shell Solar como una empresa integrada verticalmente en la cual la investigación y el desarrollo, fabricación y mercadeo de energía solar y celdas fotovoltaicas. En conjunto instalaron 60 MW de energía solar para 1100 personas (Jäger-Waldau, 2004).

Shell Solar entre 1997 y 2001, participó en dos mercados diferentes: sistemas de energía solar interconectados a la red y electrificación rural (Absi Halabi et al., 2015).

En 2006 Shell realizó una serie de desinversiones hasta 2009 que tomaron como decisión final en dejar de invertir en todas las energías renovables incluyendo la solar, la eólica y la de hidrógeno (Absi Halabi et al., 2015).

Aunque en gran escala Shell dejó de estar interesado en la energía solar, actualmente la utiliza dentro de sus instalaciones a pequeña escala como por ejemplo en el depósito de Karachi en Pakistán donde cuentan con un sistema de generación de energía solar de 100 kW (Shell, 2015).

- Energía eólica

En cuanto a energía eólica, en diciembre de 2016 Shell firmo un acuerdo de suministro de energía:

Shell Energy Europe Ltd., una de las principales empresas integradas de mercadeo y comercialización de energía en Europa, ha firmado un acuerdo de suministro del 100% de la energía generada por el parque eólico offshore Egmond aan Zee ("OWEZ"), ubicado en la costa holandesa del Mar del Norte. Shell Energy Europe suministrará la energía generada desde el parque eólico a clientes industriales y comerciales de Europa que buscan satisfacer sus necesidades de negocio con energía renovable (Shell, 2017f).

"Este acuerdo nos permite desarrollar nuestra experiencia en la gestión de energía eólica, así como establecer a Shell Energy Europe, como un participante activo en el mercado de electricidad renovable en Europa", dijo Jonathan McCloy, Director General de Europa del Noroeste para Shell Energy Europe. "Nuestra experiencia y crecimiento en el comercio de energía y la gestión de activos de energía nos permite maximizar el valor de un activo y optimizar el suministro y la salida de las plantas de generación" (Shell, 2017f).

OWEZ comenzó operaciones en 2006. OWEZ es operado por NoordzeeWind, una empresa conjunta 50/50 entre Nuon (parte de Vattenfall) y Shell (Shell, 2017f). Esta granja eólica está compuesta por 36 turbinas eólicas con una capacidad de generación de 3 MW cada una para un total de 108 MW que suministran energía a 100.000 hogares ("NoordzeeWind » Project," 2017).

El acuerdo está en consonancia con la intención de Shell de desarrollar su capacidad en ciertas áreas relacionadas con las nuevas energías, como se establece en la presentación del Shell's Capital Markets Day en junio (Shell, 2017f).

- Biocombustibles

Shell es uno de los mayores productores de biocombustibles de baja emisión de carbono a partir de caña de azúcar, los cuales mezclan con sus combustibles a nivel mundial. En 2014 Shell mezcló alrededor de 9 mil millones de litros de biocombustibles en sus productos. Shell está desarrollando biocombustibles avanzados hechos con plantas no comestibles y residuos de cultivos (Shell, 2017a).

Shell produce uno de los biocombustibles de bajo contenido de CO₂ disponibles hoy en día a través de su empresa conjunta Raízen, que produce etanol de caña de azúcar en Brasil. Este biocombustible puede reducir las emisiones de CO₂ en alrededor del 70% en comparación con la gasolina (Shell, 2017a).

Raízen fue la primera empresa en certificar una planta de caña de azúcar utilizando el estándar de sostenibilidad Bonsucro en 2011. Bonsucro es un estándar robusto que certifica la caña de azúcar a nivel mundial por sus criterios sociales y ambientales. Trece de sus 24 fábricas de caña de azúcar tienen certificación Bonsucro (Shell, 2017a).

Biocombustibles avanzados

El principal enfoque para el crecimiento de las energías alternativas en Shell son los biocombustibles avanzados. Una planta piloto en su centro tecnológico de Houston, EE.UU., está probando la conversión de plantas no alimenticias en combustibles que se pueden mezclar en proporciones más altas con gasolina y diésel que los biocombustibles actuales. Una segunda planta piloto en Houston está probando un proceso para producir etanol celulósico que podría proporcionar rendimiento beneficioso y rendimiento operativo (Shell, 2017a).

En Brasil, en 2014, Raízen completó la construcción de una planta para producir biocombustibles avanzados a partir de residuos de caña de azúcar. Se espera que la planta produzca 38 millones de litros de etanol a partir de residuos de caña de azúcar cada año (Shell, 2017a).

- Captura y almacenamiento de carbón – CCS

Shell, con sus socios de proyectos de inversión, tiene un proyecto de CCS a gran escala en Canadá llamado Quest, que capturó y almacenó de manera segura un millón de toneladas de CO₂ en su primer año de operación. La Agencia Internacional de la Energía dice que el costo de abordar el cambio climático podría ser un 40% más alto sin CCS y, con el tiempo, la CCS podría representar más de la mitad de las reducciones de CO₂ necesarias para alcanzar el nivel neto en 2100 (Shell, 2017c).

Los principales proyectos en ejecución son los siguientes:

✓ Gorgon, Australia

En los campos de gas Gorgon frente a la costa de Australia Occidental, el gas natural viajará a través de tuberías submarinas a una planta de gas natural licuado en la cercana isla Barrow (Shell, 2017b).

Una vez que las operaciones de inyección estén a plena capacidad, 3 a 4 millones de toneladas al año de CO₂ natural producido con el gas natural serán capturados e inyectados en una formación de arenisca con una profundidad de alrededor de 2,5 kilómetros bajo la isla. Chevron lidera el proyecto Gorgon, con Shell y ExxonMobil como socios. Gorgon es el proyecto CCS más grande del mundo (Shell, 2017b).

✓ Quest, Canadá

Quest es un proyecto de CCS completamente integrado, diseñado para capturar, transportar y almacenar más de un millón de toneladas de CO₂ anualmente bajo tierra (Shell, 2017b).

Quest es la primera aplicación comercial de CCS en la industria de las arenas petrolíferas. Es parte del proyecto Athabasca Oil Sands, una empresa conjunta con Shell (operador y propietario del 60%) Chevron Canada y Marathon Oil Canada Corp. Además, Quest recibió un apoyo

significativo de los gobiernos de Alberta y Canadá, que proporcionó 745 millones de dólares canadienses y 120 millones de dólares canadienses, respectivamente (Shell, 2017b).

4.2.6. Chevron Corporation – Chevron (Estados Unidos)

Chevron es una petrolera estadounidense que se dedica a la exploración, producción, fabricación, transporte, refinación, almacenamiento y comercialización de petróleo crudo, gas y sus derivados. Asimismo, participa en el mercado del carbón, generación eléctrica y energías renovables y fue fundada en 1879. Posee más de 22.000 puntos de ventas en 6 continentes. Entre sus productos se incluyen: petroquímicos, gas natural, gas licuado, gasolina, parafina, diésel, aditivos, lubricantes, entre otros. Chevron está presente en Argentina, Brasil, Colombia, Trinidad & Tobago y Venezuela. Cuenta con cerca 1.500 estaciones de servicio en la región y tiene una alta participación en el mercado de los lubricantes (BNamericas, 2017a).

4.2.6.1. Estrategia en energías renovables

Chevron en cuanto a su perspectiva frente al cambio climático definió cuatro principios como guía para su política de cambio:

- Principio Uno:

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es un problema mundial que requiere un compromiso y una acción a nivel mundial (Chevron Corporation, 2014).

- Principio Dos:

Las políticas deben ser balanceadas y medidas para asegurar que las necesidades económicas, ambientales y de seguridad energética a largo plazo se cumplan, que los costos se asignen de manera equitativa, gradual y predecible y las acciones consideren la mitigación de los GEI y la adaptación al cambio climático (Chevron Corporation, 2014).

- Principio Tres:

La investigación continua, la innovación y la aplicación de tecnología son esenciales para permitir mitigaciones significativas y rentables a los riesgos del cambio climático a largo plazo (Chevron Corporation, 2014).

- Principio Cuatro:

Los costos, los riesgos, los compromisos y las incertidumbres asociados con la reducción de los GEI y los esfuerzos y políticas de adaptación al cambio climático deben ser transparentes y comunicarse abiertamente a los consumidores mundiales (Chevron Corporation, 2014).

La estrategia de Chevron en energías alternativas consiste en encontrar tecnologías de energía renovable que aprovechen sus fortalezas y que puedan implementarse con retornos económicos competitivos. Estas tecnologías incluyen biocombustibles avanzados, energía eólica y energía solar, además de tecnologías de eficiencia energética. Chevron realiza investigaciones internas y colabora con gobiernos, empresas y académicos en la investigación y desarrollo de fuentes de energía alternativa y renovable (Chevron Corporation, 2017e).

4.2.6.2. Experiencia en energías renovables

La experiencia de Chevron en energías renovables es diversa, como se muestra a continuación:

- Energía Solar

Chevron ha invertido en cinco instalaciones solares fotovoltaicas en California, Arizona y Texas, las cuales, a su máxima capacidad, generan un total de 73 megavatios de energía renovable (Chevron Corporation, 2017e).

Los proyectos fotovoltaicos de Chevron en Questa, Nuevo México, y en el Valle de San Joaquín, California, continúan probando y evaluando tecnologías solares. La instalación en Questa, por ejemplo, utiliza lentes para enfocar la luz solar en células solares de tres capas. Desde su inicio en abril de 2011 hasta finales de 2015, el proyecto Questa ha producido 7,2 millones de kilovatios-hora de energía renovable (Chevron Corporation, 2017e).

El Proyecto Brightfield, en Bakersfield, California, ha evaluado siete tecnologías fotovoltaicas para ayudar a determinar la posible aplicación de energía renovable en otras instalaciones propiedad de la compañía. El proyecto actualmente opera en el sitio de una antigua refinería Chevron (Chevron Corporation, 2017e). Las empresas que están probando sus tecnologías en este proyecto son: Abound Solar, MiaSolé, Schüco, Solar Frontier, Sharp e Innovalight (Chevron Corporation, 2010). Se instalaron 7.700 paneles solares que generaran aproximadamente 740 kW de electricidad (Chevron Corporation, 2010).

Chevron cuenta con una división denominada Chevron Technology Ventures (CTV) es una que identifica, evalúa y demuestra tecnologías emergentes (Chevron Corporation, 2017c).

- Energía Geotérmica

La energía Geotérmica ha representado la mayor parte la energía renovable de Chevron, y ha sido uno de los mayores productores del mundo. Las operaciones se desarrollaron en Indonesia y Filipinas (Chevron Corporation, 2017f).

Estas Geotérmicas se encuentran en Indonesia y Filipinas

1. Filipinas

Las operaciones geotérmicas en Filipinas convierten a Chevron en uno de los principales productores mundiales de energía geotérmica. Por medio de una empresa conjunta, Chevron opera campos de vapor que utilizan el calor de la tierra para suministrar energía a las plantas que sirven a los principales centros de población del país. Debido a esto Filipinas se convierte en el segundo productor de energía geotérmica en el mundo después de Estados Unidos (Chevron Corporation, 2017d).

En 1971, Chevron Geothermal Philippines Holdings, Inc., se asoció con el gobierno filipino para ser pionero en el desarrollo comercial de los recursos geotérmicos en Filipinas (Chevron Corporation, 2017d).

Chevron tiene un 40 por ciento de interés en Philippine Geothermal Production Company, Inc. (PGPC). PGPC desarrolla y produce energía de vapor para las plantas geotérmicas de Tiwi y Mak-Ban de propiedad de terceros y operadas en el sur de Luzón. Tienen una capacidad de generación combinada de 692 megavatios (Chevron Corporation, 2017d).

2. Indonesia

Dos filiales de Chevron operan proyectos geotérmicos en la isla de Java. Chevron Geothermal Indonesia, Ltd., administra el Darajat y Chevron Geothermal Salak, Ltd., opera el Salak. El proyecto Darajat suministra vapor geotérmico a una planta que genera 270 megavatios de electricidad. Toda la energía del sitio de Darajat se vende directamente a la red nacional. Chevron tiene una participación de 95 por ciento en Darajat (Chevron Corporation, 2017b).

Chevron posee el Salak, una de las operaciones geotérmicas más grandes del mundo. El campo suministra vapor a una planta de energía de seis unidades, tres de los cuales son propiedad de la compañía, con una capacidad operativa total de 377 megavatios (Chevron Corporation, 2017b).

El 23 de diciembre de 2016 Chevron anunció que sus filiales propias han firmado un acuerdo de compraventa con Star Energy Consortium para vender los activos indonesios y filipinos de Geotérmica de Chevron por temas de administración de cartera (Chevron Corporation, 2016).

El 31 de marzo de 2017 Chevron concluyó las ventas de su negocio geotérmico en Indonesia a la empresa Star Energy Consortium y espera que la venta de su negocio en Filipinas esté listo para finales de 2017 (Chevron Corporation, 2017a).

- Energía eólica

Chevron cuenta con un parque eólico desde el año 2009 que está ubicado en Casper Wyoming, Estados Unidos. Casper tiene 11 turbinas que generan 16,5 MW que suministran energía aproximadamente a 4.400 viviendas (Chevron Corporation, 2017f).

- Biocombustibles

Los biocombustibles son una de las áreas de enfoque de energía renovable de Chevron. Los biocombustibles son combustibles de transporte hechos de organismos vivos recientemente. Son renovables, lo que significa que estas fuentes pueden volver a crecer (Chevron Corporation, 2015a). Los biocombustibles se dividen generalmente en tres categorías:

- ✓ Los biocombustibles de primera generación, o convencionales, se hacen en gran medida a partir de azúcares comestibles, almidones y aceites vegetales (Chevron Corporation, 2015a).
- ✓ Los biocombustibles de segunda generación se fabrican a partir de materiales vegetales celulósicos no comestibles (Chevron Corporation, 2015a).
- ✓ Los biocombustibles de tercera generación son producidos por algas y otros microbios (Chevron Corporation, 2015a).

Chevron trabaja en las tres categorías de biocombustibles. Compran y mezclan gran cantidad de biocombustibles de primera generación, principalmente etanol de maíz. Casi toda la gasolina que vende Chevron en Estados Unidos contiene hasta un 10 por ciento de etanol de maíz. También identifican y evalúan tecnologías potenciales para producir biocombustibles de segunda y tercera generación, a los que se refieren como "biocombustibles avanzados" (Chevron Corporation, 2015a).

Chevron está especialmente interesado en líquidos basados en la biomasa con una composición química similar al petróleo crudo, a menudo llamado "bio-aceites". Los bio-aceites pueden convertirse posteriormente en biohidrocarburos, que son productos terminados químicamente idénticos a los combustibles convencionales a base de petróleo. Debido a que son similares a los productos hechos de petróleo crudo, los biohidrocarburos no requieren ninguna infraestructura especial o vehículos para ser enviados, almacenados, procesados, mezclados o utilizados. Y son compatibles con las tecnologías actuales de motores (Chevron Corporation, 2015a).

Chevron está desarrollando métodos para co-procesar líquidos basados en biomasa con combustibles convencionales en algunas de sus refinerías (Chevron Corporation, 2015a).

- Captura y almacenamiento de carbono - CCS

Chevron es parte del Proyecto Quest de Captura y Almacenamiento de Carbono (CCS) - el primer proyecto de CCS en las arenas petrolíferas canadienses. Este innovador proyecto está diseñado para capturar y almacenar con seguridad más de un millón de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) cada año - igual a las emisiones de unos 250.000 automóviles. Quest CCS captura el dióxido de carbono de Scotford Upgrader de AOSP, lo transporta aproximadamente 50 millas (80 km) por tubería y lo almacena permanentemente a más de una milla (2 km) de profundidad. Las operaciones comerciales en el proyecto Quest CCS comenzaron en noviembre de 2015 (Chevron Corporation, 2015b).

4.2.7. Total S.A. - Total (Francia)

Total S.A. es una petrolera francesa que se dedica a la exploración, producción, transporte, refinación, distribución y comercialización de petróleo crudo, gas y sus derivados. Asimismo, participa en el mercado de la energía solar y eléctrica, biocombustibles y petroquímicos. Opera en más de 130 países en 5 continentes y posee más de 16.400 estaciones de servicio a nivel mundial. Entre sus productos se incluyen gas natural, gas licuado de petróleo, gasolina, parafina, diésel, resinas plásticas, lubricantes, adhesivos, caucho, asfalto, fertilizantes, combustible de aviación y etanol. En América Latina está presente en 13 países, realiza actividades de exploración y producción y venta de lubricantes, y cuenta con participaciones en varias empresas transportadores de gas natural. Dentro de los proyectos regionales a corto plazo de Total se cuentan Vega Pléyade (70.000bep/d) en Argentina, Incahuasi (50.000bep/d) en Bolivia y el programa de pruebas de larga duración Libra (50.000bep/d) en Brasil. La empresa convino adquirir al fabricante de baterías Saft por US\$1.100mn que mejorará el desenvolvimiento de Total en los campos de electricidad y energía renovable. Se fundó en 1924 como Compagnie Française des Pétrole y más tarde cambió su nombre a Total. Sus oficinas centrales están en París (BNamericas, 2017d).

4.2.7.1. Estrategia en energías renovables

Dentro de su estrategia empresarial, Total ha integrado varios temas relacionados con el cambio climático. Dentro de estos temas están las energías renovables y especialmente la solar ya que cuenta con una filial especializada en este tema. Esta filial se llama SunPower y su enfoque se encuentra en toda la cadena de valor de la energía solar (Total, 2016).

Dentro de la estrategia de Total se encuentra la comercialización de energía solar, el almacenamiento de energía, la implementación de generación distribuida renovable en África, los biocombustibles y posiblemente la energía eólica terrestre (Total, 2016).

Como estrategia, Total alinea la inversión en energía solar con la estrategia de gas natural fundamentando que son dos fuentes de energía complementarias en términos de disponibilidad y costo, dado que los recursos de gas natural disponibles pueden compensar la naturaleza

intermitente de la energía solar mientras que los precios fijos de la energía solar pueden ayudar a las fluctuaciones de los precios del gas natural (Total, 2017e).

Para Total, contribuir al desarrollo de las energías renovables es tanto una opción estratégica como una responsabilidad industrial. Están haciendo parte de la diversificación de la mezcla energética global invirtiendo en energías renovables, con un enfoque estratégico en energía solar y bioenergías (Total, 2017e).

Como energías del futuro, las energías renovables son un complemento ideal a los combustibles fósiles. Las energías renovables aumentan los recursos energéticos disponibles y apoyan el crecimiento económico mundial, al tiempo que limitan las emisiones de gases de efecto invernadero. Por estas razones, tienen un papel esencial que desempeñar en el escenario de 2 ° C de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Para el año 2035, se prevé que la participación de la energía solar y otras energías renovables en la combinación energética global aumente de 8% a 22% (Total, 2017e).

Total apuesta en Bioenergías, como la única alternativa renovable a los combustibles fósiles para producir combustibles líquidos como el biodiesel, el bioetanol y el combustible de biojet (Total, 2017e).

Las estrategias de Total son las siguientes:

- Ser un líder en energía solar:

Total diseña y fabrica células fotovoltaicas, construye plantas de energía solar a escala industrial y comercializa soluciones solares integradas para generación de energía distribuida en alrededor de 20 países mediante su filial SunPower. Esperan un crecimiento del mercado de más del 10% por lo cual van a triplicar la fabricación de paneles solares para apoyar el mercado de generación distribuida, lo cual hace parte de su estrategia de bajo carbono. Cuentan con 6GW de energía en todo el mundo (Total, 2016).

- Almacenamiento de energía

Como estrategia para incursionar en el almacenamiento de energía, Total adquirió a Saft, que es una empresa que desarrolla tecnologías de almacenamiento de energía con lo cual piensan agregar más valor a su futuro crecimiento en las energías renovables (Total, 2016).

- Soluciones solares para el acceso a la energía

En 2011, Total lanzó un programa para comercializar soluciones solares distribuidas, con el fin de satisfacer la demanda energética de las comunidades con poco o ningún acceso a la red. De esta manera Total también visualiza la disminución de emisiones por el cambio en uso de las

fuentes de energía tradicionales. A finales de 2015, la gama de soluciones solares para iluminación y recarga de teléfonos celulares de Awango by Total estaba disponible en más de 30 países de África y Asia, proporcionando acceso a electricidad a más de 6 millones de personas (Total, 2016).

Sobre la base de un modelo de negocio social, es decir, que aborda un problema social y es financieramente autosostenible, dentro de su estrategia Total sigue ampliando su gama de productos, ensayando servicios energéticos más amplios con la ayuda de múltiples asociaciones con grandes instituciones multinacionales y pequeños negocios locales (Total, 2016).

- **Biocombustibles:**

Total centra gran parte de su estrategia en desarrollar biocombustibles teniendo en cuenta que el transporte representa casi una cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía y dos tercios del consumo final de petróleo (Total, 2016).

4.2.7.2. Experiencia en energías alternativas

A continuación se indica la experiencia en cada tipo de energía renovable manejada por Total:

- **Energía solar**

Total adquirió en 2011 a SunPower quien lleva más de 30 años invirtiendo en energía solar en toda su cadena de valor, tanto en la construcción de plantas de energía solar de gran escala, en la instalación de sistemas residenciales y comerciales, como en la fabricación de paneles solares (Total, 2017e).

Los principales proyectos de energía solar de Total son los siguientes:

- ✓ **Planta Solar Salvador**

Esta planta se encuentra ubicada en Diego de Almagro, en Atacama (Chile), comenzó operaciones en 2015, tiene una capacidad instalada de 68 MW por medio de 160.000 módulos fotovoltaicos y suministra energía solar a un número aproximado de 70.000 hogares. Total tiene una participación del 20% (Total, 2017j).

Esta planta opera con un modelo de comercialización en el cual vende la energía eléctrica al por mayor, al precio del mercado (no por medio de contratos de precio fijo) al Sistema Interconectado Central (SIC) de la red eléctrica nacional (Total, 2017j).

Las ventajas de este modelo son las características únicas de la región, dentro de los cuales se incluyen: abundante sol, costos bajos de producción, aumento de la demanda de la electricidad a nivel nacional (Total, 2017j).

✓ California Valley Solar Ranch

Esta planta se encuentra ubicada en San Luis Obispo County, California (EE.UU), comenzó operaciones en 2013, tiene una capacidad instalada de 250 MW por medio de 750.000 paneles solares y suministra energía solar a un número aproximado de 100.000 hogares. Este es una de las mayores plantas solares del mundo. Es de mencionar que la llanura de Carrizo donde se encuentran ubicados los paneles, ve un promedio de 315 días soleados al año lo cual hace de este lugar un sitio ideal para construir este tipo de plantas. Esta planta fue diseñada y construida por Total (Total, 2017c).

Una característica de esta planta que vale la pena mencionar son las tecnologías de sus paneles motorizados también llamados seguidores, inspirados en el girasol y diseñados y construidos por la filial de Total SunPower. Estos paneles siguen la posición del sol durante todo el día obteniendo como resultado un 25% más de eficiencia que las unidades fijas. Además, debido a que los seguidores hacen posible que el sol, el aire y la lluvia alcancen el suelo debajo de los paneles, las plantas y animales pueden prosperar en el rancho de 1.300 hectáreas, lo cual hace que esta tecnología sea aún más amigable con el medio ambiente (Total, 2017c).

✓ Shams

Esta planta se encuentra ubicada en Madinat Zayed, a unos 120 km al suroeste de Abu Dhabi, en los Emiratos Árabes Unidos, comenzó operaciones en 2013, tiene una capacidad instalada de 100 MW por medio de 258.000 espejos parabólicos y suministra energía solar a un número aproximado de 20.000 hogares. Esta planta fue diseñada y construida entre Total, Abengoa Sola y Masdar (Total, 2017k).

Inaugurada en el desierto de Abu Dhabi en 2013, Shams es la mayor planta de energía solar térmica concentrada en el Medio Oriente, que es una zona con una cantidad excepcional de sol por sus vastas extensiones desérticas (Total, 2017k).

✓ Solar Star

Esta planta se encuentra ubicada en Rosamond, California, EE.UU, comenzó operaciones en 2014, tiene una capacidad instalada de 579 MW por medio de 1.720.000 paneles solares y suministra energía solar a un número aproximado de 255.000 hogares. Total tiene una participación del 100% (Total, 2017l).

SunPower, la filial de Total suministró la administración llave en mano del sitio de construcción Solar Star y ahora opera y mantiene la planta de energía (Total, 2017l).

✓ Central Solar Fotovoltaica de Prieska

Esta planta se encuentra ubicada en Prieska, Sudáfrica, se espera entre en operación en 2017, tendrá una capacidad instalada de 75 MW y suministrará energía solar a un número aproximado de 75.000 hogares. Total tiene una participación del 27% (Total, 2017i).

SunPower está proporcionando servicios de ingeniería, adquisición y construcción. Operará y mantendrá la planta de energía solar ubicada en Prieska, provincia del Cabo Norte. Se usarán paneles seguidores de eje único que giran horizontalmente y siguen la posición del sol (Total, 2017i).

✓ Nanao Solar Power

Esta planta se encuentra ubicada en Nanao, en la isla de Honshu, en Japón, comenzó operaciones en 2017, tiene una capacidad instalada de 27 MW por medio de 80.000 paneles solares de alta eficiencia. Total tiene una participación del 50%. Ya se encuentra totalmente conectada con la red de distribución de energía (Total, 2017g).

• Bioenergías

Las bioenergías son una fuente de energía renovable y almacenable que es una de las soluciones sostenibles para las crecientes necesidades energéticas del mundo. Total ha producido estos biocombustibles desde los años noventa (Total, 2017d).

Los siguientes son los proyectos que Total tiene con relación a Bioenergías:

✓ Microalgas - AlgaePARC

AlgaePARC (Algae Production and Research Center) es un proyecto lanzado en asociación con la Universidad de Wageningen en Bornsesteeg, Países Bajos. Consiste en la fabricación de moléculas usando micro algas. Estos microorganismos producen lípidos que pueden transformarse en combustible o lubricantes a través de la fotosíntesis. El proyecto cuenta con 26 socios industriales (Total, 2017f).

✓ La Mède: Primera Biorefinería de Total

La Mède es la primer biorefinería que se construirá en Francia, se espera que inicie su producción en 2018. Su finalidad es producir 500 toneladas anuales de biodiesel de aceite vegetal hidrotratado (HVO) de alta calidad y bionafta. Este se produce a partir de aceites vegetales, desechos y residuos. Este proyecto está alineado con un proyecto de ley en Francia que exige un aumento de la cuota de biocombustible, así como con la Directiva Europea de Energías Renovables, que exige que el 10% del combustible provenga de energías renovables en 2020 (Total, 2017h).

✓ BioTfuel: Biocombustibles de segunda generación

El proyecto BioTfuel lanzado por Total y cinco socios está diseñado para transformar la biomasa lignocelulósica (paja, desechos forestales, cultivos energéticos dedicados) en biocombustible a través de la conversión termoquímica. El objetivo es desarrollar un conjunto de procesos de extremo a extremo para producir biocombustibles de segunda generación y biocombustibles (Total, 2017b).

El proyecto BioTfuel se centra en desarrollar un proceso innovador para la conversión de biomasa en combustible de biodiesel y biojet de alta calidad. La gasificación permite producir biocombustibles a partir de material lignocelulósico, como subproductos agrícolas, desechos forestales y cultivos energéticos. El proceso también puede convertir materia prima fósil mezclada con biomasa para tener en cuenta las variaciones estacionales en la disponibilidad de recursos. Los biocombustibles resultantes, que no contendrán ningún azufre o aromáticos, serán utilizables puros o mezclados en todos los tipos de motores diésel y turborreactores (Total, 2017b).

✓ Biocombustible

El combustible renovable desarrollado por Total y Amyris, que contiene hasta un 10% de mezclas de biocomponentes, obtuvo la certificación ASTM International en 2014, autorizando su uso en aviación civil en todo el mundo. Desde octubre de 2014, Air France lo ha utilizado para sus demostraciones de tecnología eco-responsable. El combustible se utilizó hasta enero de 2016 para los vuelos semanales entre Toulouse y París y alimentará 23 vuelos entre Niza y París en mayo de 2016 su producción es de aproximadamente 11 millones de toneladas (Total, 2017a).

4.2.8. Petrobras S.A. - Petrobras (Brasil)

Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras) es la energética estatal brasileña que se dedica a la exploración de petróleo y gas; producción, refinación y suministro de crudo y productos petrolíferos; y generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Algunos de los productos que ofrece son petroquímicos, biocombustibles, gasolina, etanol, lubricantes, aceites, asfalto, fertilizantes, GLP, GNL y GNV. Petrobras tiene 7.700 gasolineras, 15 refinерías, 134 plataformas de producción (77 fijas y 57 flotantes), 100 sondas de perforación (48 marítimas), cerca de 15.000 pozos productores, alrededor de 34.600km de ductos, 5 plantas de biocombustibles, 3 fábricas de fertilizantes y una flota naviera de 326 embarcaciones (57 propias). La compañía está presente en 17 países y opera 21 plantas termoeléctricas con una capacidad instalada total de 6.136MW. Petrobras, considerada la cuarta mayor empresa de energía del mundo según la consultora estadounidense PFC Energy, actúa en 12 países de América Latina, entre ellos Chile, México, Perú, Colombia y Bolivia (BNamericas, 2001).

4.2.8.1. Estrategia en energías renovables

“Convertirse en un líder mundial en biocombustibles es una parte explícita de nuestra estrategia”(Matter & Young, 2009).

Petrobras dentro de su estrategia en energías renovables se ha enfocado más en la producción de biocombustibles. Esta empresa dio un paso decisivo en esta dirección con la creación de la filial Petrobras Biocombustível. Su Plan de Negocios para el 2011-2015 previó una inversión de US \$ 1.900 millones para la expansión de la producción de etanol, con la construcción de nuevas fábricas y destilerías, el aumento de la capacidad de molienda y la renovación de las plantaciones. Su objetivo fue ampliar la capacidad de producción de Petrobras (junto con sus socios) de los actuales 1.000 millones a 5.600 millones de litros, alcanzando una participación de 12% en el mercado interno en 2015 (Brazil Oil and Gas Magazine, 2017).

Los pilares fundamentales que guiaron a esta estrategia fueron: seguridad energética, temas ambientales, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y temas sociales, logrando de esta manera ser el mayor productor de etanol de caña de azúcar del mundo (Brazil Oil and Gas Magazine, 2017).

Petrobras desde el año 2004 está apuntando a la producción de etanol de segunda generación usando bagazo y paja, teniendo en cuenta que estas fuentes de celulosa representan dos tercios del potencial energético de una planta de biodiesel de caña de azúcar. El uso de estos residuos puede aumentar en un 40% la producción de etanol. De igual manera estos residuos se usan en dichas plantas para generar vapor y electricidad (Brazil Oil and Gas Magazine, 2017).

Para acelerar la investigación para la producción de etanol de segunda generación, Petrobras firmó una alianza con la empresa estadounidense KL Energy Corporation (KLE), que ya estaba probando el etanol celulósico hecho de madera. Petrobras invirtió US \$ 11 millones en 2011 para adaptarse a la planta de KLE en Upton (EE.UU.) para utilizar el bagazo como materia prima y validar, a través de pruebas, la producción de etanol celulósico (Brazil Oil and Gas Magazine, 2017).

Además de los biocombustibles, Petrobras ha hecho parte de su estrategia el desarrollo de otras energías renovables a partir de los vientos y de los ríos (Petrobras, 2017b).

4.2.8.2. Experiencia en energías alternativas

Petrobras como se indicó anteriormente, tiene dentro de su estrategia el desarrollo de energías alternativas, por lo tanto su experiencia es diversa, siendo en mayor grado la experiencia en biocombustibles.

- Biocombustibles

Petrobras ha actuado en el sector del etanol desde los años 70, participando en el programa Pró-Álcool (programa del gobierno brasilero para el uso de combustible renovable) para estimular el uso del etanol como combustible. La empresa comenzó a invertir más en la producción de biocombustibles en 2009 al adquirir el 43,58% de Total Agroindústria Canaveira, empresa propietaria de una planta de caña de azúcar en Bambuí (MG). Al año siguiente, Petrobras cerró una nueva sociedad, esta vez con el grupo francés Tereos, adquiriendo el 45,7% de la compañía guaraní. Con siete fábricas en Brasil, todas ubicadas en el estado de São Paulo, y una en Mozambique, África, Guaraní es el tercer mayor procesador de caña de azúcar en Brasil. Finalmente, también en 2010, Petrobras firmó un acuerdo con el grupo São Martinho, formando la empresa Nova Fronteira Bioenergía, que controla la planta de Boa Vista en Quirinópolis (estado de Goiás) (Brazil Oil and Gas Magazine, 2017).

En el 2008, Petrobras creó la filial Petrobras Biocombustível la cual es la encargada de producir biocombustibles especialmente etanol y biodiesel. Esta filial tiene las líneas de investigación de biodiesel de segunda generación (mediante bagazo y paja) y microalgas principalmente. Produce biocombustibles a partir de fuentes renovables como biomasa, plantas oleaginosas, grasa animal así como sus derivados: ácido graso, pastas de neutralización y glicerina. También etanol de caña de azúcar (Petrobras, 2017d). Las plantas pertenecientes y en asociación con Petrobras Biocombustível tienen una capacidad total de producción de biodiesel de 821 millones de litros / año (Petrobras, 2013).

- Energía Eólica

La planta eólica de Macao, en el noreste de Brasil, produce 1,8 MW de electricidad y fue el primer proyecto de la compañía que se concedió el registro como Mecanismo de Desarrollo Limpio, emitido por la ONU. La planta completó seis años de operaciones en 2009. Desde su despliegue, ha producido 28.164 MWh y evitado las emisiones de aproximadamente 1.200 t / año de CO₂ a la atmósfera (Petrobras, 2017c).

- Energía Hidráulica

Petrobras tiene participación en 15 PCH con una capacidad instalada de acuerdo con su porcentaje de participación de 145 MW (Sostenibilidad, 2009). En Argentina, la empresa tiene participaciones en la planta hidroeléctrica Pichi Picún Leufú, que tiene una capacidad de 285 MW (Petrobras, 2017c).

- Energía Solar

En cuanto a energía solar, Petrobras ha incursionado a pequeña y mediana escala, implementándola en una estación de servicio en Asunción, Paraguay y en sistemas termosolares en sus unidades de producción (Sostenibilidad, 2009). La capacidad de generación es de la estación de servicio es de 50 kW los cuales se generan por medio de 40 paneles solares

(Petrobras, 2017b).. Actualmente está construyendo una planta fotovoltaica que tendrá una capacidad de 1,1 MW y que será usada para satisfacer las necesidades eléctricas de los edificios de Petrobras (Petrobras, 2017a).

4.2.9. Lukoil Oil Company - Lukoil (Rusia)

Le empresa Lukoil Oil Company fue creada en 1991 (Lukoil, 2017a). Lukoil es una compañía rusa que se dedica a la exploración, producción y comercialización de petróleo, gas y petroquímicos. Su mayor área de exploración y producción se concentra en Rusia, en tanto su principal base de recursos se ubica en Siberia Occidental. En cuanto a infraestructura, posee refinerías, procesadoras de gas y plantas petroquímicas distribuidas en Rusia, Europa Oriental y Occidental, y otros países. Lukoil es la segunda petrolera privada más grande del mundo en cuanto a reservas probadas de hidrocarburos. Posee alrededor del 1,1% de las reservas mundiales de petróleo y 2,3% de su producción global. La firma domina el sector energético local y aporta un 18% de la producción total de petróleo de Rusia y un 19% de la refinación total de crudo (BNamericas, 2011a).

4.2.9.1. Estrategia en energías renovables

LUKOIL está utilizando condiciones favorables en los países en los que el gobierno presta apoyo en esta área, e implementa proyectos a gran escala para la construcción y operación de centrales generadoras de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables (Bulgaria y Rumanía), por ejemplo mediante Asociaciones Público-Privadas o PPP (Public-Private Partnerships) (Lukoil, 2017b).

4.2.9.2. Experiencia en energías alternativas

La experiencia de Lukoil en energías renovables es diversa si se tiene en cuenta la energía hidráulica como renovable. A continuación se indica su experiencia:

- Energía hidráulica

Lukoil cuenta con 4 centrales hidroeléctricas situadas en el Krasnodar Krai y la República de Adygea con una capacidad total de 297,8 MW y una producción de 639 GWh (Lukoil, 2017b).

- Energía eólica

En mayo de 2011 se firmó un Acuerdo de Establecimiento de Joint Venture LUKERG Renew, en el que se firmó un Acuerdo de Separación de Activos, según el cual LUKOIL consolidó totalmente el parque eólico Land Power en Rumanía (capacidad de 84 MW, potencia de 211 GWh). La capacidad total de las centrales eólicas en Rumanía y Bulgaria es de 208 MW (Lukoil, 2017b).

- **Energía solar**

Lukoil está implementando una serie de proyectos en esta área mediante Asociaciones Público-Privadas o PPP (Public-Private Partnerships). Las PPP más importantes son la PPP de 9MW en Rumanía y la PPP de 1,25 MW en Bulgaria. Estas PPPs están construidas en sitios industriales no utilizados de la refinería (Lukoil, 2017b).

- **Generación de energía basada en el uso de bombas de calor**

Este tipo de energía se usa principalmente para calefacción. Los sistemas de calefacción basados en bombas de calor son eficientes, no emiten sustancias dañinas, son muy seguros y confiables, y tienen una larga vida útil y no requieren grandes gastos de operación. La utilización de bombas de calor da como resultado la generación de alrededor de 3 a 7 kW de potencia térmica por 1 kW de energía eléctrica gastada. Hasta el día de hoy, se han puesto en marcha varios proyectos similares, y la Compañía tiene previsto seguir utilizándolos en nuevas estaciones de servicio y depósitos de tanques del Grupo LUKOIL (Lukoil, 2017b).

4.2.10. Statoil ASA – Statoil (Noruega)

Statoil es una empresa noruega de petróleo, gas y energía eólica, que crea productos esenciales dentro de la petroquímica y el gas. Comercializan petróleo crudo y gas natural en el mercado europeo y suministran energía renovable al Reino Unido a través de su parque eólico offshore Sheringham Shoal. Procesan productos como nafta, condensados, líquidos, productos petroquímicos, gas húmedo, metano, propano, gasolina, diésel (Statoil, 2017c).

Statoil se fundó en 1972 bajo el nombre Den Norske Stats Oljeselskap y realizó su cambio de nombre por el actual en el 2001. La firma tiene su sede en Stavanger, Noruega, y cuenta con oficinas de representación en Kazajistán, Emiratos Árabes Unidos y México (BNamericas, 2011b).

4.2.10.1. Estrategia en energías renovables

Statoil ha establecido una nueva área de negocio para Nuevas Soluciones de Energía con el fin de complementar gradualmente su cartera de petróleo y gas con energía renovable rentable y otras soluciones energéticas de bajo carbono. Como punto de partida, su cartera de energía eólica marina y sus proyectos de CCS constituyen las principales actividades en esta área (Statoil, 2017a).

Statoil creó un fondo de capital de riesgo llamado Statoil Energy Ventures dedicado a invertir en compañías de crecimiento atractivo y ambicioso en energía renovable, como estrategia de crecimiento en nuevas soluciones energéticas. El fondo invertirá hasta USD 200 millones durante un período de cuatro a siete años (Statoil, 2017a).

Este fondo fue creado en febrero de 2016 como parte del negocio de Statoil dentro de New Energy Solutions, reflejando las aspiraciones de la compañía de complementar gradualmente su cartera de

petróleo y gas con soluciones rentables de energía renovable y bajas emisiones de carbono. Statoil en el 2016 ya ha invertido en las siguientes empresa como parte de su estrategia: United Wind proveedor líder de soluciones distribuidas de arrendamiento de energía eólica, ChargePoint operador de la red de carga EV (Vehículos Eléctricos) más grande y abierta del mundo. Convergent desarrollador de activos de almacenamiento de energía en el sector de servicios públicos e industriales y Oxford PV una empresa de tecnología solar (Statoil, 2017a).

En energía Geotérmica Statoil junto con sus socios está realizando un proyecto de perforación profunda en Islandia con el fin de explorar si el agua a alta temperatura se puede extraer de los depósitos profundos para la producción de energía (Statoil, 2016).

4.2.10.2. Experiencia en energías alternativas

En energías renovables y disminución de emisiones de CO₂, Statoil ha enfocado su esfuerzo en energía eólica y en captura y almacenamiento de carbono.

- Energía Eólica

Statoil tiene intereses en cuatro grandes proyectos eólicos convencionales a lo largo de la costa del Reino Unido y Alemania, y son operadores del parque eólico Dudgeon actualmente en construcción. También pioneros en soluciones eólicas offshore a través de su exclusivo concepto de viento flotante Hywind. Las turbinas fijas son ideales para desarrollar vientos marinos en profundidades de 20-50 metros, con estructuras flotantes, la energía eólica puede expandirse a nuevas áreas de aguas profundas en todo el mundo (Statoil, 2017a).

Los proyectos de Statoil en energía eólica son los siguientes:

- ✓ SHERINGHAM SHOAL (Reino Unido)

Fue el primer parque eólico comercial offshore de gran escala, se encuentra a 17 y 23 km de la costa de Norfolk en el Reino Unido y se puso en funcionamiento en 2011. Cada una de las 88 turbinas eólicas tiene una capacidad de 3,6 MW y el parque eólico en su conjunto genera suficiente electricidad Para alimentar 220.000 hogares británicos. El proyecto es propiedad de Statoil y sus socios Statkraft y el Banco de Inversión Verde del Reino Unido (Statoil, 2017b).

- ✓ DUDGEON (Reino Unido)

El Parque Eólico Dudgeon se ubicará a 20 millas de la costa de Cromer en North Norfolk, y tendrá una capacidad instalada de 402 MW. Statoil está desarrollando el Parque Eólico Dudgeon Offshore junto con Masdar de Abu Dhabi, y el proyecto debe abastecer de electricidad a la red a principios de 2017 (Statoil, 2017b).

✓ ARKONA (Alemania)

El parque eólico offshore de Arkona es un proyecto de 385 MW que estará situado en el Mar Báltico, a 35 kilómetros al noreste de la isla Rügen en Alemania, al suroeste de la isla danesa de Bornholm. Consistirá en 60 turbinas de seis megavatios, montadas sobre cimientos monopilares instalados a profundidades de 23 a 37 metros. Se espera que comience la producción de electricidad en 2019 (Statoil, 2017b).

✓ DOGGER BANK (Reino Unido)

La zona de Dogger Bank está situada entre 125 y 195 km de la costa este de Yorkshire. Se extiende sobre aproximadamente 8,660km² con su límite exterior alineado a la plataforma continental BRITÁNICA según lo definido por la oficina hidrográfica BRITÁNICA, con las profundidades del agua que se extienden a partir de 18-63m. El proyecto ha alcanzado ahora el consentimiento para una capacidad instalada de 4.8GW. Esta cifra equivale a casi el cinco por ciento de las necesidades de electricidad proyectadas del Reino Unido (Statoil, 2017b).

✓ HYWIND DEMO (Noruega)

A diez kilómetros de la costa suroeste de Noruega, la demo Hywind de Statoil ha estado poniendo la tecnología de próxima generación a pasos agigantados desde 2009, como primera turbina eólica flotante en el mundo (Statoil, 2017b).

✓ HYWIND PILOT PARK (Reino Unido)

El parque piloto de Hywind estará ubicado en la costa de Peterhead en Aberdeenshire, Escocia. Se instalará una granja de aerogeneradores de 30 MW en estructuras flotantes en Buchan Deep, a 25 km de la costa de Peterhead. El parque eólico alimentará a alrededor de 20.000 hogares. Se espera que comience la producción a finales de 2017 (Statoil, 2017b).

• Captura y almacenamiento de carbón

Statoil desde los años 90 trabajan en la tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CCS). La CCS consiste en eliminar el carbono de los gases y almacenarlo con seguridad para evitar que contribuya al cambio climático. En dos campos operativos Statoil ha almacenado 23 millones de toneladas de dióxido de carbono (Statoil, 2017a).

Los proyectos en CCS son los siguientes:

✓ Almacenamiento de CO₂ en offshore en noruega

Statoil está llevando a cabo actualmente un estudio de viabilidad sobre el almacenamiento de CO₂ en la plataforma continental noruega (NCS) en nombre del Ministerio noruego de Petróleo y Energía (Statoil, 2017a).

✓ SLEIPNER WEST

Statoil capta alrededor de 1 millón de toneladas de CO₂ cada año a partir del gas natural desde el año de 1996 en el campo de Sleipner operado por Statoil en el sector noruego del Mar del Norte. El CO₂ se almacena en una formación salina a 1 km por debajo del lecho marino (Statoil, 2017a).

✓ SNØHVIT LNG

El campo Snøhvit operado por Statoil en el sector noruego del Mar de Barents suministra gas a la primera planta de GNL del mundo con captura y almacenamiento de CO₂ desde el 2008 (Statoil, 2017a).

✓ IN SALAH

El campo de gas argelino In Salah es hasta ahora el único proyecto fuera de Noruega donde Statoil ha ayudado a capturar y almacenar CO₂. Más de tres millones de toneladas de CO₂ se han almacenado bajo tierra desde el 2004. La inyección de CO₂ se detuvo en 2011 como medida de seguridad (Statoil, 2017a).

4.2.11. Listado final de iniciativas

En la Tabla 4-1 se muestra el listado resumen de todas las iniciativas encontradas por cada una de las empresas definidas para el estudio en la subsección anterior.

Tabla 4-1 Listado resumen de iniciativas

EMPRESA	INICIATIVA	TIPO DE ENERGÍA
Saudi Aramco	Instalación de una turbina de energía eólica	Energía Eólica
	Instalación de módulos fotovoltaicos en oficinas.	Energía Solar
	Captura y almacenamiento de carbono en Uthmaniyah	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
Gazprom	Sistemas modulares de energía eólica y solar de 5 kW (mas de 100) para sistemas de control distribuido.	Energía Eólica y Solar
	Esquema de acuerdos de compra de energía renovable - PPA	Biomasa
	Generación distribuida	Todos los tipos de energía
Exxonmobil	Captura y almacenamiento de carbono	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
	Programas de investigación de biocombustibles avanzados como es el caso de algas y biomasa alternativas como biomasa celulósica.	Biocombustibles y biomasa
BP	Granjas solares en Portugal y España para suministrar energía a la población	Energía Solar
	Etanol y electricidad a partir de caña de azúcar en Brasil	Biocombustibles y biomasa
	Biobutanol en conjunto con Dupont	Biocombustibles
	Parque Eólico Cedar Creek 248 MW - Colorado - Estados Unidos	Energía Eólica
	Parque Eólico Auwahi 21 MW - Hawái - Estados Unidos	Energía Eólica
	Parque Eólico Flat Ridge 1 520 MW - Kansas - Estados Unidos	Energía Eólica
	Parque Eólico Goshen North 124,5 MW - Idaho - Estados Unidos	Energía Eólica
	Parques Eólicos Fowler Ridge 1, 2 y 3 600MW - Indiana - Estados Unidos	Energía Eólica
	Parque Eólico Mehoopany 141 MW - Pensilvania - Estados Unidos	Energía Eólica
	Parque Eólico Titán 1, 25 MW - Dakota del Sur - Estados Unidos	Energía Eólica
Parques Eólicos Esatland, Erath, Trinity Hills, Sherbino 1 y 2 que en total suman 582,5 MW - Texas - Estados Unidos	Energía Eólica	
Shell	Instalación de 60 MW de paneles solares para 1100 personas	Energía Solar
	Acuerdo de suministro de energía parque eólico offshore Egmond aan Zee 108 MW	Energía Eólica
	Etanol de caña azúcar en Brasil	Biocombustibles
	Conversión de plantas no alimenticias en combustibles y etanol celulósico	Biocombustibles
	Captura y almacenamiento de carbono a gran escala en Gorgon - Australia	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
	Captura y almacenamiento de carbono a gran escala en Quest - Canadá	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
Chevron	Cinco instalaciones de paneles solares en California. Arizona y Texas - Estados Unidos 73 MW	Energía Solar
	Proyecto Brightfield en Barksfield - California 740 kW	Energía Solar
	Planta Geotérmica en Filipinas 692 MW	Energía Geotérmica
	Planta Geotérmica en Indonesia 377 MW	Energía Geotérmica
	Parque Eólico - Casper Wyoming - Estados Unidos 15,5 MW	Energía Eólica
	Etanol de maíz	Biocombustibles
	Bioaceites de biomasa - biohidrocarburos	Biocombustibles y biomasa
	Captura y almacenamiento de carbono a gran escala en Quest - Canadá	Tecnología de reducción de emisiones de CO2

Caracterización de las iniciativas para el aprovechamiento de las energías renovables por parte del sector de hidrocarburos

EMPRESA	INICIATIVA	TIPO DE ENERGÍA
Total	Planta Solar Salvador 68 MW - Chile	Energía Solar
	California Valley Solar Ranch 250 MW - Estados Unidos	Energía Solar
	Planta Solar Shams 100 MW Madinat Zayed - Emiratos Árabes	Energía Solar
	Planta Solar Star 579 MW Rosmand - California	Energía Solar
	Planta Solar Fotovoltaica de Prieska 75 MW - Sudáfrica	Energía Solar
	Nanao Solar Power - 27 MW isla de Honshu - Japón	Energía Solar
	Proyecto de Microalgas para generar combustibles mediante fotosíntesis	Biocombustibles
	Refinería de Biodiesel de aceite vegetal - La Mède - Francia	Biocombustibles
	Proyecto BioTfuel que transforma biomasa lignocelulosica (paja, desechos forestales, cultivos energéticos dedicados) en biocombustibles.	Biocombustibles y biomasa
	Biojet	Biocombustibles
Petrobras	Etanol de caña de azúcar - Brasil	Biocombustibles
	Biodiesel de segunda generación mediante bagazo, paja y microalgas	Biocombustibles
	Parque Eólico de Macao 1,8 MW Brasil	Energía Eólica
	15 Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) 145 MW en Brasil	Energía Hidráulica
	Instalación de paneles solares en centrales de distribución de combustibles - Paraguay	Energía Solar
Lukoil	Cuatro centrales hidroeléctricas de 297,8 MW	Energía Hidráulica
	Parques Eólicos en Rumania y Bulgaria - 208 MW	Energía Eólica
	Proyectos de parques solares mediante Asociaciones Público Privadas - PPP de 9 MW y de 1,25 MW en Rumania y Bulgaria respectivamente.	Energía Solar
	Generación de energía térmica con bombas de calor	Bombas de calor
Statoil	Proyecto Parque Eólico Sheringham Shoal 317 MW - Reino Unido	Energía Eólica
	Proyecto Dudgeon Parque Eólico 402 MW - Reino Unido	Energía Eólica
	Proyecto Arkona Parque Eólico 385 MW - Alemania	Energía Eólica
	Proyecto Dogger Bank Parque Eólico 4.8 GW - Reino Unido	Energía Eólica
	Proyecto Hywind Pilot Park Parque Eólico 30 MW - Escocia	Energía Eólica
	Campos activos de captura y almacenamiento de carbono	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
	Proyecto de captura y almacenamiento de carbono en Offshore en Noruega	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
	Captura y almacenamiento de carbono en Sleipner West Noruega	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
	Captura y almacenamiento de carbono Snøhvit Noruega	Tecnología de reducción de emisiones de CO2
	Captura y almacenamiento de carbono In Salah - Cerrado	Tecnología de reducción de emisiones de CO2

Tabla 4-1. Elaboración propia usando la información de la sección 4.2 del trabajo

4.3. Caracterización de las energías renovables en el sector de hidrocarburos

En este subcapítulo se definirán los atributos y se hará la caracterización de las diferentes iniciativas encontradas enfocados en el tipo de energía renovable y se evaluarán estos atributos desarrollando la técnica de benchmarking funcional o genérico, esto con el fin de definir la empresa que más se

ha desarrollado en la implementación de estas energías renovables dentro del sector de hidrocarburos.

Se definirán 6 atributos y/o variables para la realización del benchmarking.

Con base en las características de cada atributo, se realizará su calificación de 1 a 5 usando una escala de intervalo (Coronado Padilla, 2007) de acuerdo al valor máximo encontrado para el caso de los atributos cuantitativos y juicio de expertos para el atributo cualitativo. La explicación de cada intervalo definido para la escala de 1 a 5 se explicará en cada atributo.

De acuerdo con las calificaciones de cada atributo, se construirá una tabla comparativa y un mapa de posicionamiento de tres ejes para identificar las empresas mejor posicionadas. Posteriormente se hará el análisis con base en los datos ponderados y calificaciones obtenidas.

Como parte final de esta sección se realizara la caracterización de las iniciativas de energías renovables para el sector de hidrocarburos, con base en los atributos definidos y los resultados de las evaluaciones de cada empresa por tipo de energía.

4.3.1. Atributos y/o variables definidas para el Benchmarking

Con la información obtenida en la identificación de las iniciativas implementadas por las empresas del sector de hidrocarburos para el aprovechamiento de las energías renovables, se definieron los siguientes atributos y/o variables para realizar el análisis comparativo entre las empresas del sector de hidrocarburos. Los atributos definidos son los siguientes:

1. Capacidad instalada

Consiste en la capacidad total de potencia instalada medida en megavatios - MW de energías renovables instaladas por cada empresa para generar energía eléctrica. Este atributo aplica para la energía solar, eólica, hidráulica y geotérmica.

2. Diversidad

En este atributo se totaliza la cantidad de tipos de energía renovable implementadas por cada empresa objeto del estudio.

3. Experiencia

Se refiere a la cantidad de años en los cuales la empresa ha trabajado en la implementación de energías renovables sin importar su tipo.

4. Estrategia

Este atributo consiste en la medición de la fortaleza de la estrategia de la empresa en la implementación energías renovables.

5. Políticas Energéticas

Este atributo se mide de acuerdo con la cantidad de políticas de apoyo a energía renovable que presentan los países de principal influencia de las empresas.

6. Capacidad País

Este atributo indica la relación de la capacidad instalada de energía renovable por metro cuadrado de los países de influencia de las empresas definidas para el estudio, la cual se relaciona con la capacidad instalada de energías renovables de cada una de las empresas y con los tipos de energía implementados en cada país y/o área de influencia.

4.4. Evaluación comparativa de los atributos definidos

Teniendo en cuenta las características de cada uno de los atributos indicados en el punto anterior se definen dos grupos, un grupo donde se relacionan las variables internas de cada empresa y otra donde se relacionan las variables externas enfocadas en su área de influencia.

- a. Grupo 1: atributos internos
 - a. Capacidad Instalada
 - b. Diversidad
 - c. Experiencia
 - d. Estrategia

- b. Grupo 2: atributos externos
 - a. Política energética
 - b. Capacidad país.

En los puntos siguientes se medirá cada uno de los atributos, con el fin de obtener su calificación y de esta manera obtener la evaluación de cada uno de los grupos. Esta evaluación será utilizada para realizar un mapa de posicionamiento de tres ejes, que servirá como base para desarrollar el estudio de benchmarking.

Las variables cuantitativas: Capacidad instalada, Diversidad, Experiencia, Política energética y Capacidad País, serán evaluadas al final en una escala de intervalo (Coronado Padilla, 2007) de 1 a 5.

La variable cualitativa para este caso Estrategia, será evaluada de igual manera con una escala de intervalo (Coronado Padilla, 2007) de 1 a 5 con base en la información indicada en el punto 3.1 y aplicando la técnica de juicio de expertos.

4.4.1. Evaluación de atributos internos Grupo 1

A continuación se realiza y se explica cómo se realizó la evaluación para cada uno de los atributos pertenecientes a este grupo.

4.4.1.1. Atributo 1 Capacidad instalada

Como se explicó anteriormente, este atributo se basa en la capacidad total instalada de energía renovable de cada una de las empresas de acuerdo con las iniciativas descritas en el punto 3.1. Con base en esta cantidad, se utilizará una escala de intervalo (Coronado Padilla, 2007) de 1 a 5 donde la empresa con mayor cantidad de capacidad instalada tendrá una calificación de 5 y la de menor capacidad tendrá una calificación de 1. Con la base de la mayor capacidad instalada, los porcentajes que se usarán para definir los intervalos para realizar la calificación son los siguientes: calificación 1 de 0% a 12,5 %, calificación 2 de 12,5% a 37,5%, calificación 3 de 37,5% a 62,5%, calificación 4 de 62,5% a 87,5% y para a calificación 5 de 87,5 a 100%, estos porcentajes se multiplicaran por la mayor capacidad instalada. Los intervalos quedan definidos de la siguiente manera:

- a. Calificación 1: Entre 0 y 282 MW
- b. Calificación 2: Entre 283 y 847 MW
- c. Calificación 3: Entre 848 y 1411 MW
- d. Calificación 4: Entre 1412 y 1976 MW
- e. Calificación 5: Entre 1977 y 2259 MW

El resultado de la calificación se encuentra en la Tabla 4-4.

4.4.1.2. Atributo 2 Diversidad

Para la medición de este atributo se usarán los datos indicados en el punto 3.1 del trabajo. Se sumarán los tipos de energía renovable en los cuales las empresas cuentan con iniciativas. Los tipos de energía renovable que se tendrán en cuenta son los siguientes: Eólica, Solar, Bioenergía, Hidráulica y Geotérmica. Como son 5 tipos de energía la escala de intervalos (Coronado Padilla, 2007) para la calificación será de la siguiente manera:

- a. Calificación 1: Un tipo de energía implementada
- b. Calificación 2: Dos tipos de energía implementada
- c. Calificación 3: Tres tipos de energía implementada
- d. Calificación 4: Cuatro tipos de energía implementada
- e. Calificación 5: Cinco tipos de energía implementada

Los resultados se evidencian en la Tabla 4-4

4.4.1.3. Atributo 3 Experiencia

En este atributo se evaluarán los años de experiencia de cada una de las empresas en la implementación de energías renovables evidenciada. La calificación se realizará de 1 a 5 teniendo en cuenta para la escala de intervalos (Coronado Padilla, 2007) los mayores años de experiencia como límite superior. Con base en la mayor experiencia, los porcentajes que se usarán para definir los intervalos para realizar la calificación son los siguientes: calificación 1 de 0% a 12,5 %, calificación 2 de 12,5% a 37,5%, calificación 3 de 37,5% a 62,5%, calificación 4 de 62,5% a 87,5% y para a calificación 5 de 87,5 a 100%, estos porcentajes se multiplicaran por la mayor experiencia. Los intervalos quedan definidos de la siguiente manera teniendo en cuenta que la mayor experiencia es de 46 años:

- a. Calificación 1: Entre 0 y 6 años
- b. Calificación 2: Entre 7 y 17 años
- c. Calificación 3: Entre 18 y 28 años
- d. Calificación 4: Entre 29 y 40 años
- e. Calificación 5: Entre 41 y 46 años

Los resultados se evidencian en la Tabla 4-4.

4.4.1.4. Atributo 4 Estrategia

Esta calificación se hará mediante una escala de intervalo (Coronado Padilla, 2007) de 1 a 5 y usará juicio de expertos, basándose en la información encontrada durante la identificación de las iniciativas de cada una de las empresas y definida como estrategia en energías renovables mostrada en la sección 4.2 del trabajo.

Con base en lo anterior, el análisis para cada calificación es el siguiente:

1. **Saudi Aramco:** calificación 1
Por el momento su estrategia en energía renovable está enfocada en la investigación y en la tecnología de CCS.
2. **Gazprom:** calificación 3
Su principal estrategia en energías renovables es la generación distribuida de estas energías y en la compra de energía generada con fuentes renovables.
3. **ExxonMobil:** calificación 3
Desde hace varias décadas ha tenido presente el uso y desarrollo de energías renovables con enfoque en investigación y desarrollo especialmente en biocombustibles y CCS.
4. **BP:** calificación 5

Cuenta con una división encargada solo de la generación de energía eólica que se denomina BP Wind Energy, lo cual demuestra la fortaleza de su estrategia actual en energías renovables. También es fuerte en biocombustibles.

5. Shell: calificación 4

Dentro de su estrategia en energías alternativas se encuentra la solar y la eólica además de los biocombustibles y CCS por lo cual aunque no cuenta con una división específica para manejar una energía alternativa que asegure su desarrollo tiene enfoque en varios tipos de energía y cuenta con proyectos en desarrollo.

6. Chevron: calificación 5

En cuanto a la fortaleza de Chevron en su estrategia de energías renovables cuenta con cuatro principios establecidos dentro de su política de cambio climático y dentro de su estrategia también se encuentra el apoyo a universidad y académicos en la investigación y desarrollo de fuentes de energía. Cabe mencionar que de acuerdo con la información encontrada Chevron es la que más ha implementado tipos de energía renovable.

7. Total: calificación 5

Dentro de su estrategia empresarial Total tiene definido ser un líder en energía solar. Ya cuenta con filiales encargadas del diseño, construcción y operación de celdas fotovoltaicas y una gran capacidad de energía solar instalada en comparación con otras empresas del sector, también en biocombustibles cuenta con proyectos de envergadura como las Biorefinería La Mède, esto demuestra la fortaleza de su estrategia.

8. Petrobras: calificación 3

Aunque dentro convertirse en líder mundial en biocombustibles hace parte explícita de la estrategia empresarial de Petrobras, no muestra mucho interés en otros tipos de energías renovables comparada con otras empresas objeto del estudio, aunque es de anotar que cuenta con capacidad instalada en energía hidráulica.

9. Lukoil: calificación 4

La fortaleza de su estrategia en energías renovables es el uso de PPP para la implementación de proyectos con diferentes países. También cuenta con capacidad instalada en energía hidráulica.

10. Statoil: calificación 5

La estrategia de energías renovables de Statoil es fuerte, ha creado una nueva área de negocio para Nuevas Soluciones de Energía que busca complementar su cartera de petróleo y gas con energías renovables. Además creó un fondo de capital de riesgo dedicado a invertir en compañías de energía renovables.

En la Tabla 4-4 se muestran estas calificaciones.

4.4.2. Evaluación de atributos internos Grupo 2

En la evaluación de los atributos del grupo 2, se dará la calificación a cada empresa de acuerdo con su país o área de influencia.

4.4.2.1. Atributo 5 Políticas energéticas

Para esta medición se tendrá en cuenta la Tabla 4-2 tomada del Reporte de la situación mundial de Energías Renovables 2016 (Sawin et al., 2016), y la cual se muestra a continuación:

Tabla 4-2 Políticas de soporte de energías renovables

PAIS	POLÍTICAS REGULATORIAS							INCENTIVOS FISCALES Y FINANCIAMIENTO						TOTAL
	Tarifa de alimentación / pago de prima	Obligación de cuota de servicio eléctrico / RPS	Contabilización neta / facturación neta	Obligación / mandato de transporte	Obligación / mandato de calor	REC comercializable	Licitación	Subvención, subvención o reembolso de capital	Créditos fiscales de inversión o de producción	Reducciones en ventas, energía, IVA u otros impuestos	Pago de producción energética	Inversión pública, préstamos o subvenciones		
Arabia Saudita													0	
Rusia													3	
Estados Unidos													10	
Reino Unido													8	
Países Bajos													9	
Francia													9	
Brasil													7	
Noruega													7	

Indica las políticas con las que cuenta cada país

Fuente: Reporte de la situación mundial de energías renovables (Sawin et al., 2016)

En la Tabla 4-2 se muestran las diferentes políticas de soporte de energías renovables que ha implementado cada uno de los países definidos como área de influencia principales de las empresas y donde se encuentran iniciativas implementadas. Por ejemplo, El Reino Unido cuenta con políticas de soporte en Tarifa de alimentación/pago de prima, Obligación de cuota de servicio eléctrico/RPS (Estándares de Portafolio Renovable), Obligación/Mandato de transporte, REC (Certificados de Energías Renovables) comercializables, Subvención, subvención o reembolso de capital, Reducciones en ventas, energía, IVA u otros impuestos, Pago de producción energética e Inversión pública, préstamos o subvenciones.

Teniendo en cuenta la cantidad de políticas de soporte de energías renovables indicadas en la Tabla 4-2, la escala intervalos (Coronado Padilla, 2007) de calificación de los países de influencia es la siguiente:

Caracterización de las iniciativas para el aprovechamiento de las energías renovables por parte del sector de hidrocarburos

- a. Entre 0 y 2 políticas = 1
- b. Entre 3 y 5 políticas = 2
- c. Entre 6 y 7 políticas = 3
- d. Entre 8 y 9 políticas = 4
- e. Entre 10 y 12 políticas = 5

El resultado de la calificación se presenta en la Tabla 4-4.

4.4.2.2. Atributo 6 Capacidad País

Como base para la medición de este atributo, se usarán los datos obtenidos del reporte de Estadísticas de Capacidad Renovable 2016 (International Renewable Energy Agency, 2016) referentes a las capacidades instaladas de energía renovable de cada país del área de influencia al año 2015. Teniendo en cuenta que los países poseen diferentes áreas, se calculará la cantidad de kW por m² de cada país para realizar la calificación. En la Tabla 4-4 se muestran el resultado del cálculo y se indican las capacidades de energía renovable instalada por país.

Tabla 4-3 Capacidad instalada país

	CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA RENOVABLE EN MW					TOTAL MW	AREA PAIS m2	Relación kW por m2
	HIDROELÉCTRICA	EÓLICA	SOLAR	BIOENERGÍA	GEOTÉRMICA			
PAIS								
Arabia Saudita	0	0	25	0	0	25	2.149.690	0,012
Rusia	51.352	103	407	0	97	51.959	17.098.250	3
Estados Unidos	102.117	72.578	27.317	13.764	3.567	219.343	9.831.510	22
Reino Unido	4.481	13.855	9.077	5.716	0	33.129	243.610	136
Países Bajos	37	3.431	1.288	1.211	0	5.967	41.540	144
Francia	25.421	10.358	6.549	1.703	2	44.033	549.087	80
Brasil	92.062	8.715	21	13.422	0	114.220	8.515.770	13
Noruega	31.360	863	14	171	0	32.408	358.178	90

Fuente: Reporte de la situación mundial de energías renovables (International Renewable Energy Agency, 2016), área de cada país (The World Bank, 2017) y elaboración propia.

En la Tabla 4-3 se indica la capacidad por tipo de energía renovable y su totalidad en MW de cada uno de los países de principal influencia de las empresas, también el área de cada país y la relación kilovatio instalado por metro cuadrado en cada país.

La calificación se realizará teniendo en cuenta la relación de mayor cantidad de kW instalados por metro cuadrado como límite superior usando la escala intervalos (Coronado Padilla, 2007) de 1 a 5. Los porcentajes que se usarán para definir los intervalos para realizar la calificación son los siguientes: calificación 1 de 0% a 12,5 %, calificación 2 de 12,5% a 37,5%, calificación 3 de 37,5% a 62,5%, calificación 4 de 62,5% a 87,5% y para a calificación 5 de 87,5 a 100%, estos porcentajes se multiplicaran por la mayor relación de capacidad de cantidad instalada por metro cuadrado. Los intervalos quedan definidos de la siguiente manera:

- a. Entre 0 y 18 kW = 1
- b. Entre 19 y 54 kW = 2
- c. Entre 55 y 89 kW = 3
- d. Entre 90 y 126 kW = 4
- e. Entre 126 y 144 kW = 5

Con el resultado obtenido de capacidad instalada de energías renovables en kW por m² por país se dio la siguiente calificación a cada empresa teniendo en cuenta la Tabla 4-3 y la información del punto 4.2 del trabajo:

1. **Saudi Aramco:** calificación 1
Tanto Arabia Saudita como Saudi Aramco no han implementado energías renovables en la misma escala que los otros países y empresas, por lo cual su calificación.
2. **Gazprom:** calificación 1
Aunque Rusia cuenta con bastante energía hidráulica cuenta con poca energía renovable instalada comparada con los demás países incluidos dentro del estudio. Gazprom tampoco ha aprovechado esa ventaja y no ha implementado esa energía renovable. Aunque la empresa tiene definida una estrategia en energías renovables innovadora, no la ha aplicado aún las energías renovables a gran escala.
3. **ExxonMobil:** calificación 2
A pesar de que Estados Unidos cuenta con una capacidad instalada importante de todas las energías alternativas, Exxon no ha aprovechado esta ventaja que tiene su país y tampoco en otros a gran escala.
4. **BP:** calificación 5
El Reino Unido es uno de los países que tiene más capacidad instalada de energías renovables por metro cuadrado y BP es la empresa que más tiene capacidad instalada de este tipo de energías. Su enfoque es en eólica y esa es el tipo de energía que más capacidad instalada su país de influencia.
5. **Shell:** calificación 2
Similar al Reino Unido, Países bajos cuenta con una alta capacidad instalada por metro cuadrado de energías renovables, sin embargo Shell no ha implementado las energías alternativas similar a como lo han hecho otras empresas.
6. **Chevron:** calificación 3
Chevron ha implementado dos tipos de energía renovable en su país de influencia, la solar y la eólica a mediana y pequeña escala. Estados Unidos es el que más capacidad instalada de energía solar y eólica en MW tiene en el mundo.

7. Total: calificación 5

Francia es otro de los países que cuenta con mayor relación de energía renovable instalada por metro cuadrado y Total es la empresa que más capacidad de energía solar tiene instalada en el momento.

8. Petrobras: calificación 2

Brasil cuenta con una gran cantidad de energía hidráulica instalada y Petrobras también ha implementado esta energía, en cuanto a los otros tipos de energías renovables Petrobras tiene muy pocas iniciativas, por ahora solo en biocombustible.

9. Lukoil: calificación 3

Similar a Petrobras, Lukoil también ha implementado energía hidráulica como parte de su iniciativa en renovables y Rusia cuenta con una capacidad considerable instalada de esa energía renovable. En cuanto a energía eólica, Rusia y Lukoil la han implementado aunque no a la misma escala que otros países.

10. Statoil: calificación 3

Noruega cuenta con una relación de capacidad instalada de energía renovable por metro cuadrado alta por la energía hidráulica que tiene instalada, cuenta además con energía eólica. Statoil no cuenta con ese tipo de energía instalada, no obstante cuenta con iniciativas importantes de instalación de energía eólica.

Los resultados de la calificación se encuentran en la Tabla 4-4.

4.4.3. Resultados medición de atributos

En la Tabla 4-4 se encuentran los resultados de la medición y/o calificación de cada uno de los atributos definidos, así como la relación de energías alternativas respecto a cada una de las empresas de acuerdo con la información que se indica en el punto 4.2. La biomasa el bagazo y los biocombustibles se presentaran en la Tabla 4-4 como bioenergía.

Tabla 4-4 Resultados medición de atributos

EMPRESA	TIPO DE ENERGÍA RENOVABLE O TECNOLOGÍA						ATRIBUTOS					
	SOLAR (MW)	EÓLICA (MW)	GEOTÉRMICA (MW)	BIOENERGÍA	HIDRÁULICA (MW)	CCS	1. CAPACIDAD INSTALADA	2. DIVERSIDAD	3. EXPERIENCIA	4. ESTRATEGIA	5. POLÍTICAS ENERGÉTICAS	6. CAPACIDAD PAIS
Saudi Aramco	0,04	3					1	3	1	2	1	1
Gazprom	5	5					1	3	2	3	2	1
ExxonMobil*							1	3	5	3	5	2
BP**		2259					5	3	3	5	4	5
Shell**		54					1	4	3	4	4	2
Chevron	73	17	960				3	5	5	5	5	3
Total	1024						3	2	3	5	4	5
Petrobras	0,05	2			145		1	4	4	3	3	2
Lukoil	10	208			298		2	3	2	4	2	3
Statoil***		4					1	1	1	5	3	3

Fuente: Elaboración propio basado en la Información del punto 3.1 del y los resultados de las mediciones de los atributos.

* Se tiene en cuenta la experiencia de ExxonMobil en energía solar debido a su aporte por medio de su filial Solar Power Corporation en la fabricación y desarrollo de la tecnología solar en los década de los 70.

**Se tiene en cuenta la experiencia de BP y Shell aunque hayan vendido sus activos en este tipo de energía.

*** No se tiene en cuenta la experiencia en energía geotérmica de Statoil dado que apenas se encuentra en prueba

En la Tabla 4-4 los MW corresponden a la capacidad instalada por cada tipo de energía renovable, en cuanto a los datos de capacidad instalada en Bioenergía y CCS no son oficiales y no se encontraron informes donde se diga exactamente este valor en las páginas corporativas y no se encontraron paginas asociadas que manejen esta información, por lo tanto por exactitud del ejercicio no se tienen en cuenta.

Análisis de la tabla

Las empresas definidas tienen experiencia en la implementación de energías alternativas de diferentes maneras, ya sea por la implementación directa, por empresas subsidiarias de su propiedad y por la fabricación y/o la investigación y desarrollo de las tecnologías. Por lo tanto se puede concluir que todas las empresas están enfocadas en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la implementación a menor escala de las energías renovables.

Dentro de las energías alternativas que se pudieron evidenciar ya implementadas en el sector de hidrocarburos, se tuvo en cuenta la tecnología de CCS, debido a su relación directa con la disminución de gases de efecto invernadero y por el apoyo que genera a la transición global actual de energías producidas de combustibles fósiles a energías renovables, teniendo en cuenta que por ahora la generación de energía con gas es la que menos genera gases de efecto invernadero a largo plazo y es la que se puede implementar en estos momentos desde el punto vista económico y tecnológico.

El tipo de energía renovable que más se ha implementado en el sector de hidrocarburos de acuerdo con las iniciativas encontradas es la energía solar, seguida de la energía eólica. A continuación se indica en orden de mayor a menor las energías renovables más usadas en el sector de hidrocarburos, indicando cuantas empresas de las 10 definidas tienen o han tenido iniciativas en ese tipo de energía:

- a. Energía Solar: 9
- b. Energía Eólica: 8
- c. Bioenergía: 7
- d. CCS: 5
- e. Energía Hidráulica: 2
- f. Geotérmica: 1

En cuanto a la capacidad de energía renovable instalada de acuerdo con las iniciativas de las empresas, sin tener en cuenta la bioenergía y la CCS debido a que no se tenían datos oficiales se tiene lo siguiente:

- a. Energía Solar: 1.112 MW
- b. Energía Eólica: 2.551 MW
- c. Energía Hidráulica: 443 MW
- d. Geotérmica: 960 MW

BP y Total son las empresas que más han implementado la energía solar, BP y Lukoil son las que más han implementado energía eólica. En cuanto a Biocombustibles Total y Shell son las que más producen al año y en biomasa BP es la que más energía genera y el valor indicado es el que importa a la red de distribución local.

Lukoil y Petrobras, son las únicas empresas que cuentan con generación hidráulica y tiene una capacidad instalada importante para ser un tipo de energía normalmente no implementado por empresas de energía del sector de hidrocarburos. Este tipo de energía puede ser un océano azul para la demás empresas ya que cuentan con el respaldo financiero para realizar construir este tipo de infraestructura. De igual manera este tipo de energía no es fácil de implementar por los impactos ambientales que genera.

Chevron se muestra como la única empresa que ha implementado energía geotérmica y cuenta con una capacidad instalada importante. Es de anotar que como se puede evidenciar en el punto 4.2 de este trabajo, Chevron optó por vender sus negocios geotérmicos lo cual hace pensar de su rentabilidad aunque esto puede estar relacionado con la disminución de precios del petróleo en los últimos dos años y a la nueva estrategia que han optado las empresas del sector para sobrellevar esta coyuntura.

En cuanto a la tecnología de captura y almacenamiento de CO₂, la mitad de las empresas objeto del estudio la han implementado siendo Saudi Aramco la que más toneladas de CO₂ logra almacenar en yacimientos. Esta tecnología es importante en este momento en el que está comenzando transición de la matriz energética hacia una energía con bajas emisiones de efecto invernadero donde la generación de energía con gas se proyecta como la energía que va a reemplazar las energías generadas con combustibles fósiles mientras se implementan las energías renovables a mayor escala.

Finalmente las tecnologías de almacenamiento de energía y de bombas de calor ya implementadas por Total y Lukoil muestran un avance en la búsqueda de nuevas energías alternativas que podrían aportar en un futuro cercano a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

4.5. Consolidación de Resultados

Después de la recopilación de la toda la información, la definición de los atributos y el análisis de las tablas y del mapa de posicionamiento se realizará el análisis de resultados de la implementación de energías renovables en el sector de hidrocarburos.

4.5.1. Mapa de posicionamiento

Para la construcción del mapa de posicionamiento de tres ejes, se definió el eje X como el promedio de la medición de los atributos internos del Grupo 1, el eje Y como el promedio de medición de los atributos externos que hacen parte del grupo 2 y la capacidad instalada como el radio de la burbuja dado que es el atributo más importante.

Con los datos indicados en la Tabla 4-4 se realizan los promedios para los Grupos 1 y 2 obteniendo los resultados que se encuentran en la Tabla 4-5 donde se indican los datos que conformaran el mapa de posicionamiento:

Tabla 4-5 Datos mapa de posicionamiento

EMPRESA	RESULTADOS POR GRUPOS		CAPACIDAD
	GRUPO 1	GRUPO 2	INSTALADA
Saudi Aramco	2	1	1
Gazprom	2	2	1
ExxonMobil	3	4	1
BP	4	5	5
Shell	3	3	1
Chevron	5	4	3
Total	3	5	3
Petrobras	3	3	1
Lukoil	3	3	2
Statoil	2	3	1

Fuente: Elaboración propio basado en la información de la Tabla 4-4.

En la Tabla 4-5 no se tiene en cuenta la capacidad instalada de la Bioenergía y de la CCS debido a que no se tienen datos oficiales.

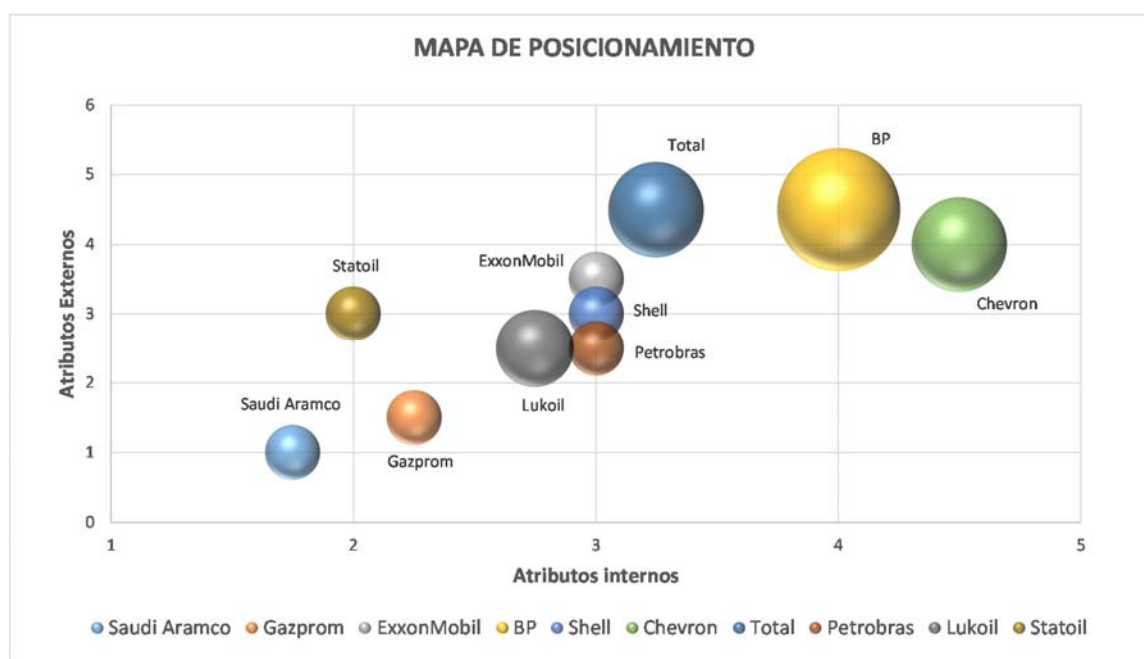


Figura 4-1 Mapa de Posicionamiento

Fuente: Elaboración propia, haciendo uso de la información de la Tabla 4-5.

En un mapa de posicionamiento de tres ejes la ubicación ideal depende de las variables que se escojan para realizarlo. En el caso de estudio, las variables escogidas tienden a definir que la mejor posición del mapa es encontrarse en la esquina superior derecha, dado que para llegar a esa posición todos los atributos deben tener la más alta calificación o medición. Por lo tanto el análisis

del mapa de posicionamiento de la Figura 4-1 se va a realizar siguiendo esta posición como referencia.

De la Figura 4-1 se concluye lo siguiente como resultado del benchmarking:

- BP se encuentra en una buena posición del mapa de posicionamiento a pesar de no haber implementado la mayor cantidad de energías renovables ni tener los mayores años de experiencia. Su mayor fortaleza es la cantidad de energía renovable instalada y que los 4 tipos de energía que ha implementado han sido a gran escala a diferencia de otras empresas que han instalado más tipos de energía renovable a menor escala. Es de anotar que aunque por el momento BP haya perdido el interés que tuvo en energía solar hace uno años, lo ha complementado con la capacidad instalada que tiene en energía eólica y su interés en este tipo de energía como se ha podido evidenciar durante todo el trabajo. La combinación de los atributos tanto internos como externos como es el caso de la política energética y la capacidad país del área de influencia, la capacidad instalada y la estrategia en los cuales BP es fuerte fueron claves para obtener este resultado.
- Chevron también se encuentra en una buena posición en el mapa de posicionamiento, se puede evidenciar que su posición indica una tendencia más a hacia los atributos internos dado que es la que más energías alternativas ha implementado, cuenta con una buena estrategia en energías renovables y tiene una capacidad importante de energía renovable instalada. En cuanto a la posición del eje Y se debe a que no ha implementado a gran escala las energías alternativas en sus principales áreas de influencia como por ejemplo Total y BP.
- Total se muestra en una posición cercana a BP, con menor cantidad y capacidad de energías renovables implementadas. Total se podría decir que tiene una posición similar en el mapa que Chevron solo que más hacia los atributos externos, esto porque Total tiene dentro de su estrategia la implementación de energía solar y las áreas de influencia cuentan con una importante capacidad instalada de este tipo de energía.
- Petrobras, Shell, ExxonMobil y Lukoil se encuentran en el medio del mapa de posicionamiento, siendo Shell la que se encuentra en todo el centro. Petrobras es más fuerte en los atributos internos que externos teniendo en cuenta que el desarrollo en energías renovables en Brasil a pesar de su gran potencial no ha sido similar a otros países. ExxonMobil en cambio tiene mejor atributos externos teniendo en cuenta el gran desarrollo de Estados Unidos a nivel de implementación de energías renovables y de política energética. Lukoil se encuentra en la posición más baja de las cuatro, aunque es de mencionar que a pesar de ser una de las de menor experiencia tiene una buena estrategia en energías renovables. De estas cuatro empresas de acuerdo con lo que se ha evidenciado en el trabajo Shell y Lukoil son las que tienen más posibilidades de mejorar posiciones, Shell por sus nuevos proyectos de energía eólica y Lukoil por su estrategia en energías renovables.
- Lukoil se encuentra dentro del grupo de las empresas que mejor están posicionadas a pesar de que es una de las que menos experiencia tiene. Esto puede indicar que si continúa con el enfoque que lleva hasta el momento puede mejorar bastante su posición teniendo en cuenta

su estrategia de implementar proyectos de energías renovables de la mano con los países interesados en este tipo de energías mediante asociaciones públicas privadas - PPP.

- Gazprom y Statoil están ubicadas en posiciones que muestran que aún les falta por crecer en este tema, ambas tienen poca experiencia en la implementación de energías alternativas y eso es prueba de esto. De igual manera ambas tienen estrategias interesantes en energías renovables y las cuales están enfocadas de diferente manera, Gazprom hacia la generación distribuida usando energías renovables y Statoil con grandes proyectos de energía eólica y con la creación de un fondo de capital de riesgo para invertir en empresas enfocadas en las energías renovables. De las dos empresas Statoil es la que tiene más a mejorar su posición dada la cantidad de proyectos de energía eólica que tiene en ejecución y planeación, además que también está incursionando con energía geotérmica, en cambio la estrategia de Gazprom es más lenta y menos riesgosa.
- Saudi Aramco es la empresa que más se encuentra cercana de la esquina menos óptima del mapa de posicionamiento. Arabia Saudita cuenta con muy poca energía renovable y su desarrollo en política energética no es avanzado como el de los otros países de influencia y Saudi Aramco apenas comenzó hace unos años a tener en cuenta las energías renovables. De igual manera las posibilidades de que Saudi Aramco mejore su posición son amplias, dado el nuevo compromiso de Arabia Saudita de cambiar su matriz energética a solo energía renovable (Al-Ghabban, 2013).

4.5.2. Caracterización de las iniciativas

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se realiza la Tabla 4-6 que tiene como finalidad caracterizar las iniciativas de las empresas del sector de hidrocarburos de acuerdo con los atributos definidos y el tipo de energía. Los datos ahí indicados corresponden al promedio de la calificación de las empresas que han implementado los tipos de energía renovable de con base en los 6 atributos definidos. No se va a tener en cuenta dentro de esta caracterización el almacenamiento de energía y las bombas de calor debido a que su aplicación no es a grande escala por el momento.

Tabla 4-6 Caracterización de las iniciativas

ATRIBUTOS	TIPO DE ENERGÍA RENOVABLE O TECNOLOGÍA					
	SOLAR	EÓLICA	GEOTÉRMICA	BIOENERGÍA	HIDRÁULICA	CCS
CAPACIDAD INSTALADA	2	2	3	2	2	1
DIVERSIDAD	3	3	5	3	4	3
EXPERIENCIA	3	3	5	4	3	3
ESTRATEGÍA	4	4	5	4	4	2
POLÍTICA ENERGÉTICA	3	3	5	4	3	2
CAPACIDAD INSTALADA	3	3	3	3	3	2

Fuente: elaboración propia, haciendo uso de la información de la Tabla 4-4.

De acuerdo con los resultados obtenidos se pueden definir ciertas características de las iniciativas que presentan las energías renovables implementadas en el sector de hidrocarburos. Estas características se presentan a continuación:

Características energía solar:

Para la instalación de este tipo de energía a gran escala se necesita una experiencia media, como lo muestra la Tabla 4-6 Se evidencia además que es una iniciativa que va de la mano con otro tipo de energías renovables. Las empresas implementan este tipo de energía renovable deben tener una estrategia fuerte debido a que su margen de ganancia no es muy alto y puede generar desinversiones sino se tiene interiorizado dentro de la organización este aspecto. En cuanto a los atributos externos de este tipo de energía, se encuentra que el desarrollo de políticas energéticas y capacidad instalada en los países de influencia es mediana por lo cual se deben analizar estos aspectos de tomar una decisión. Para desarrollarla actualmente no se necesita tener mucha capacidad instalada en energías renovables debido a que no es una tecnología compleja.

Características energía eólica:

Las iniciativas de energía eólica se caracterizan de acuerdo con la Tabla 4-6 de manera similar a la solar, por tal razón en conjunto son las energías que se han implementado tanto en el sector de hidrocarburos como en el sector eléctrico y la industria. Por lo tanto como parte de sus características, los países donde se desee implementar estas energías a gran escala deben contar con política energética con un grado de madurez medio que les permita ingresar, además por los factores ambientales que determinan su utilización, esta energía se instala en países que ya cuentan con capacidad instalada de este tipo. Las empresas que instalan este tipo de energías normalmente

tienen experiencia en otros tipos de energías renovables. La capacidad instalada en energías renovables no es una característica que exime la implementación de este tipo de energía, varias empresas sin mucha capacidad instalada en renovables están incursionando en este tipo de energía. Para implementar este tipo de energía se debe tener una estrategia fuerte en energías renovables teniendo en cuenta los análisis que se deben hacer para su implementación.

Características energía Geotérmica:

De acuerdo con la Tabla 4-6 para la implementación de energía geotérmica se necesita bastante experiencia y por lo tanto conocimiento técnico, en cuanto a los atributos externos como política energética y capacidad país, es necesario que el país donde se desee implementar cuente con los respectivos estudios que acrediten que se puede instalar este tipo de energía. Al ser un tipo de energía renovable costosa por su implementación, las empresas que deseen optar por instalar este tipo de energía deben tener una estrategia en energías renovables muy fuerte que la impulse.

Características Bioenergía:

Dentro de este tipo de energía se agrupó la biomasa, el bagazo y los biocombustibles. Esta energía es una de las más comunes del sector de hidrocarburos por su gran relación con los combustibles. En cuanto a los atributos externos los países donde se instala este tipo de energía necesitan tener una potencialidad media de acuerdo con la tecnología empleada, porque se necesitan materias primas específicas que no se encuentran en todas las regiones y una política energética definida en este aspecto. Este tipo de energía renovable es combinada con otro tipo de energías renovables por las empresas que la implementan. La experiencia que deben tener las empresas es alta, dado que este tipo de energías lleva consigo investigación y desarrollo para obtener nuevos tipos de bioenergía más económicos y eficientes. Las empresas que deseen implementar este tipo de energía deben tener una estrategia fuerte y por lo general debe estar definida dentro de su estrategia empresarial como objetivo estratégico, porque este tipo de energía además de su producción debe asegurar su distribución lo que conlleva todo el desarrollo de mercadeo y ventas.

Características Energía Hidráulica:

Esta es la energía renovable más común en el mundo, por lo cual de acuerdo con el resultado del ejercicio se puede decir que para su implementación se necesita una experiencia media hablando en términos de PCH's. En cuanto a la estrategia es necesario tenerla bien definida por parte de las empresas del sector de hidrocarburos dado que es más común que este tipo de energías sean implementadas por el sector eléctrico. En cuanto a los atributos externos de política energética y capacidad país se debe tener en cuenta que regulatoriamente se permita su instalación y que exista un potencial hidrológico aceptable para una adecuada implementación. Aunque no es una energía renovable comúnmente implementada por empresas del sector de hidrocarburos, es una buena opción de crecimiento y estas empresas poseen las características para implementarla.

Características CCS

Las iniciativas de CCS de acuerdo con la Tabla 4-6 se caracterizan en sus atributos externos por no necesitar una política energética muy definida ni una capacidad país alta, lo anterior porque su implementación se puede realizar en las mismas instalaciones de las empresas del sector de hidrocarburos debido a que el manejo del gas es parte del núcleo de negocio de estas empresas. En cuanto a la experiencia para realizar su implementación es mediana, porque las empresas que se caracterizan por implementarla han realizado pilotos antes de uso definitivo. Como se indicó anteriormente, al trabajar esta energía con gas no se necesita una estrategia fuerte energías renovables dentro de las empresas del sector de hidrocarburos porque su manejo se encuentra dentro de la estrategia organizacional de la empresa. Las empresas del sector que implementen esta tecnología no presentan gran diversidad en tipos de energías renovables implementadas.

4.6. Conclusiones del capítulo

Todas las empresas objeto del estudio cuentan con iniciativas en varios tipos de energías renovables. Estas iniciativas en algunos casos se encuentran ya implementadas y otras hacen parte de proyectos y desarrollo tecnológicos. En total se identificaron 62 iniciativas primando las enfocadas en energía solar y eólica. De estas 62 iniciativas, 18 hacen se enfocan en energía eólica, 13 en energía solar, 15 en bioenergía (biocombustibles, biomasa y bagazo), 10 en CCS, 2 en energía hidráulica, una en energía geotérmica y dos de combinación de varias energías. Esto es un reflejo del compromiso actual del sector en relación con la disminución de gases de efecto invernadero.

Se identificó la tecnología de CCS dentro de las iniciativas de cuatro de las empresas, esta tecnología está tomando fuerza en este sector e importancia a nivel mundial tal como lo indican los artículos identificados en la revisión de literatura. Esto se debe a que en estos momento de transición de la matriz energética hacia energías renovables, el gas juega un papel fundamental en la generación de energía y calor y lograr evitar que las emisiones de CO₂ resultado de estos procesos no se emitan a la atmosfera y se devuelvan a los yacimientos, ayudará mucho a disminuir los efectos del calentamiento global. ExxonMobil es la empresa que mayor tiempo lleva desarrollándola.

Más de las mitad de las iniciativas en energías renovables las tienen 4 empresas, estas son BP con 11, Total con 10, Statoil con 10 y Chevron con 8. Esto influyo mucho en el resultado del bechmarking siendo BP, Chevron y Total las que se encuentran en las mejores posiciones.

En el desarrollo de la metodología se identificaron estrategias que pueden ser adoptadas por otras empresas del sector de hidrocarburos que tengan dentro de su estrategia de sostenibilidad, crecimiento o expansión implementar energías renovables. De estas estrategias las más innovadoras por desarrollarse en el sector de hidrocarburos y que no son implementadas por varias empresas son: i) uso de Acuerdos Publico Privados con países interesados en la implementación de energías renovables dentro de su mix energético – Lukoil, ii) creación de un fondo de capital de riesgos para invertir en empresas que cuenten con un crecimiento atractivo y ambicioso en energía

renovable - Statoil, iii) crear filiales de comercialización de energía eléctrica renovable – Gazprom, iv) implementación de generación distribuida de energías renovables en pequeñas industrias, sector comercial y sector residencial y v) construcción de una biorefinería encargada solo de crear biocombustibles a partir de biomasa - Total.

El desarrollo del benchmarking dio como resultado que BP es la mejor posicionada de las 10 empresas del sector de hidrocarburos en implementación de iniciativas del sector de hidrocarburos. Esto se debe a que desde hace varios años esta empresa ha incursionado a gran escala en la implementación de estas energías, a pesar de que en algunos casos no ha tenido éxito como ocurrió con la energía solar. Actualmente es la empresa con más capacidad de energía renovable instalada.

Hay varias empresas que llevan generando energía eléctrica como parte de su negocio desde hace varios años, este el caso de Chevron, Petrobras y Lukoil principalmente las cuales usan generación geotérmica, hidráulica y a gas. Esto significa que las empresas del sector de hidrocarburos pueden convertirse en compañías energéticas.

Se evidencia que la mayor parte de la energía generada por medio de energías renovables por parte de las empresas del sector de hidrocarburos se usa para comercializarla y no para satisfacer sus necesidades de energía. Se evidenció su uso en sistemas de control de válvulas remotas y para la producción de biocombustibles por medio de biomasa. Esto se debe a que las cargas en el sector de hidrocarburos no se comportan del mismo modo que las cargas residenciales las cuales tiene un consumo de energía más estable.

La energía eólica es la que más ha sido implementada en los últimos años por las empresas del sector de hidrocarburos siguiendo la tendencia mundial en cuanto al crecimiento de este tipo de energía renovable. BP es la que actualmente cuenta con la mayor capacidad de energía eólica tanto así que dentro de su organización existe un departamento llamada BP Wind Energy dedicado solo a este tipo de energía. Es de mencionar también el caso de Statoil, quien se perfila con proyectos en ejecución de más de 1 GW de energía eólica, además de su desarrollo tecnológico en este tipo de energía, ya que desde el año 2009 ha venido desarrollando la primer turbina eólica flotante y a finales del 2017 espera generar 30 MW con este tipo de turbinas.

La energía solar no ha sido actualmente implementada en la misma proporción que la energía eólica, aunque este tipo de energía fue implementada a gran escala por BP y Shell en la década de los noventa y del 2000. Total es la única empresa de las 10 definidas dentro del estudio, con una estrategia definida en energía solar enfocada en toda la cadena de valor y con una meta establecida de ser un líder en energía solar. Actualmente cuenta con más de 1 GW instalado en energía solar la cual comercializa.

El desarrollo en biocombustibles en el sector de hidrocarburos presenta un avance importante en investigación y desarrollo dado que son los productores de la materia prima de los combustibles actuales y de su refinación. Por lo tanto como se resultado se pudo comprobar que la mayoría de las empresas objeto del estudio cuentan con plantas de elaboración de biocombustibles y que

invierten recursos en la investigación y desarrollo de estos biocombustibles de primera y segunda generación.

La energía hidráulica es la energía renovable que más cuenta con capacidad instalada a nivel mundial con un 1.064 GW de potencia de acuerdo con lo indicado en el “Reporte sobre la situación mundial de las energías renovables 2106” (GSR de acuerdo con sus siglas en inglés) (Sawin et al., 2016), y con base en las iniciativas encontradas, el sector de hidrocarburos también cuenta con empresas que la han implementado como Petrobras y Lukoil a pesar de la poca relación que se puede inducir de este sector con este tipo de energía. Lo anterior porque por ejemplo el sector de hidrocarburos cuenta con experiencia offshore que le añade relación con la energía eólica marítima, gran cantidad de pozos petroleros se encuentran en áreas de alta concentración de radiación solar que genera experiencia en la ejecución de proyectos en este tipo de ambientes, para desarrollar la generación térmica se debe perforar en el subsuelo tal como lo realizan estas empresas para encontrar petróleo por lo cual se pueden relacionar y para el caso de los biocombustibles por su relación directa con los combustibles que fabrican todas las empresas del sector de hidrocarburos.

La metodología empleada para el desarrollo del trabajo permitió que se encontraron las iniciativas en energías renovables de las empresas definidas para el estudio, se conocieron estrategias de estas empresas innovadoras para ser del sector de hidrocarburos, se encontraron las empresas mejor posicionadas de acuerdo con los atributos definidos y se logró la caracterización de las iniciativas en energías renovables por parte de las empresas del sector.

Capítulo 5. CONCLUSIONES

En este trabajo de grado se presentaron las iniciativas implementadas por 10 empresas del sector de hidrocarburos para el aprovechamiento de energías renovables incluyendo las estrategias empleadas por estas empresas para lograr su implementación.

De igual manera, se mostró que la literatura evidencia que las empresas del sector de hidrocarburos están interesadas en la implementación de las energías renovables, así como de su investigación y desarrollo para disminuir los GEI presentes en sus procesos productivos y apoyar los diferentes tratados de cambio climático.

Como se mencionó en capítulos anteriores, este trabajo de grado tuvo como objetivo general caracterizar las iniciativas adelantadas por las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial para el aprovechamiento de las energías renovables, y para ello, se propusieron dos objetivos específicos:

1. Identificar las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial y sus principales iniciativas en el uso de energías renovables.
2. Definir atributos que caractericen las iniciativas identificadas.

5.1. Conclusiones asociadas con el logro de los objetivos definidos

A continuación se presentan las conclusiones de este trabajo de grado de acuerdo con los objetivos definidos para el logro y cumplimiento del objetivo general.

5.1.1. Objetivo específico 1

“Identificar las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial y sus principales iniciativas en el uso de energías renovables”.

Del capítulo 1 se concluyó que las empresas del sector de hidrocarburos son conscientes de la necesidad de implementar nuevas alternativas en la generación de energía, debido a los efectos que generan las mayores fuentes actuales de generación de energía por la producción de GEI. Por lo tanto las iniciativas de energías renovables por parte del sector de hidrocarburos pueden lograr la disminución de estos GEI y disminuir la afectación al planeta en lo que se refiere al cambio climático.

Del capítulo 3 se concluyó que empresas como BP, Shell, ExxonMobil, Chevron y Total que se encuentran dentro de las más grandes del mundo, desde hace varios años y hasta la fecha han incurrido en la generación de iniciativas relacionadas con el aprovechamiento de las energías renovables especialmente en iniciativas relacionadas con energía solar y eólica. Aunque muchas de

esas iniciativas no resultado exitosas no significa que no se continúe con la búsqueda de más iniciativas.

Estas empresas también han desarrollado nuevas iniciativas en tecnologías como es el caso de la CCS que es una buena iniciativa para la disminución de las emisiones de CO₂, así como estrategias internas para poder encontrar nuevas maneras de implementar dichas iniciativas como es el caso de Statoil que creó un fondo de capital de inversiones para energías renovables.

El desarrollo de biocombustibles a partir de biomasa tiene un gran desarrollo por partes de las principales empresas del sector de hidrocarburos como iniciativa de energía renovables.

De capítulo 4 se concluyó que las principales empresas del sector de hidrocarburos en este caso: Saudi Aramco, Gazprom, ExxonMobil, BP, Shell, Chevron, Total, Petrobras, Lukoil, Statoil tienen iniciativas en los principales tipos de energías renovables como es el caso de la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, bioenergía y en la tecnología de CCS. Estas empresas cuentan con una producción diaria desde los 2 mbpce hasta los 13 mbpce.

Las principales petroleras del mundo se encuentran ubicadas en tres de los cinco continentes: América, Europa y Asia, siendo el continente con el mayor número de empresas Europa. Esto es importante dado que los tres continentes presentan diferentes potenciales a la hora de implementar energías alternativas y esto hace que las empresas tengan que buscar en otros continentes diferentes al de su lugar de origen, como es el caso de BP que está desarrollando toda su estrategia de energía eólica en Estados Unidos, Chevron desarrolló su estrategia en energía geotérmica en Asia y Total está desarrollando su estrategia en América, África y Asia.

De las iniciativas a gran escala implementadas por las empresas del sector de hidrocarburos se encuentra la de la energía geotérmica implementada por Chevron desde los años 70 y que llegó a tener una capacidad instalada de casi un 1 GW de potencia. Este tipo de energía no ha sido muy implementada a nivel mundial en comparación con la solar y la eólica debido a que necesita condiciones muy específicas para desarrollarse. Sin importar esto Chevron la desarrolló, lo que muestra una gran diversidad por parte de las empresas del sector de hidrocarburos en la implementación de energías renovables.

Además de las iniciativas en las energías renovables más comunes, se evidenciaron otras tecnologías relacionadas con energías renovables y con disminución de emisión de gases de efecto invernadero adelantadas por las empresas del sector de hidrocarburos como es el caso de las bombas de calor – HP, del almacenamiento de energía y de la CCS. De las tres tecnologías, la CCS muestra un gran desarrollo y avance en su implementación por parte de varias empresas como Saudi Aramco, ExxonMobil, Shell, Chevron y Statoil, lo cual es de gran importancia dada la transición energética que se está presentando a nivel mundial, en donde la generación de energía con gas está jugando el papel de ser la fuente de energía que liderará la transición entre la generación con combustibles y carbón hacia la generación con energías renovables.

Se encontraron diferentes estrategias implementadas por las principales empresas del sector de hidrocarburos para lograr implementar sus iniciativas en energías renovables dentro de su país de influencia o fuera. Estas iniciativas van desde la creación o adquisición de empresas de energía renovables hasta estrategias incluidas dentro de la estrategia organizacional.

5.1.2. Objetivo específico 2

“Definir atributos que caractericen las iniciativas identificadas”.

Los atributos definidos para el desarrollo de este objetivo fueron: i) Capacidad instalada, ii) Diversidad, iii) Experiencia, iv) Estrategia, v) Política energética, y vi) Capacidad País. Estos atributos se dividieron en dos grupos: i) Atributos Internos y ii) Atributos externos; los cuales abarcan todos los aspectos relacionados con las empresas, energías renovables y los factores externos a las empresas que pueden motivar o impedir el desarrollo de las iniciativas.

El capítulo 4 permitió relacionar los atributos definidos con cada uno de los tipos de energías renovables en los cuales se encuentran inmersas las iniciativas de las empresas, logrando como mediante el estudio de benchmarking encontrar cuales son de las empresas que están mejor posicionadas en la implementación de las energías alternativas.

Del atributo 1 se concluye que las empresa con mayor capacidad instalada en energías renovables son: BP, Chevron y Total. En concordancia con el resultado del estudio de benchmarking estas fueron las tres empresas mejor posicionadas en la implementación de las iniciativas de energías renovables.

Del atributo 2 se concluye que la mayoría de las empresas cuentan con 3 o más tipos de energía renovable dentro de sus iniciativas, lo cual demuestra la importancia de estas energías para el desarrollo sostenible de estas empresas, además de su compromiso de disminuir las emisiones de CO₂.

Del atributo 3 se concluye que las empresas con mayor experiencia en años en la implementación de iniciativas de energías renovables son Chevron, ExxonMobil y Petrobras. Este resultado indica que los años de experiencia aunque son importantes, no aseguran el mejor desempeño en la implementación de energías renovables del sector.

Del atributo 4 se concluye que las empresas con la mejor estrategia en energías renovables son: BP, Chevron, Total y Statoil. Este resultado es concordante con el resultado final del estudio de benchmarking. Aunque Statoil no comparte la misma posición en el mapa de posicionamiento cuenta con una estrategia fuerte y proyectos de inversión que pueden hacer mejorar esta posición en los próximos años.

De los atributo 5 y 6 se puede concluir que los países que cuentan con más políticas energéticas para soportar las energías renovables, son los que más tiene capacidad instalada en energías renovables.

De acuerdo con el atributo, se encontró que los países con más energía renovable instalada por metro cuadrado son Reino Unido y Países Bajos, lo cual coincide con dos de las empresas que más capacidad instalada de energías renovables tienen y que son BP y Total, esto muestra el alto grado de cultura renovable de estos países que influyen en sus mismas empresas aunque estas dos empresas tengan su capacidad instalada en Estados Unidos.

5.1.3. Objetivo general

“Caracterizar las iniciativas adelantadas por las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial para el aprovechamiento de las energías renovables”.

La caracterización de las iniciativas adelantadas por las principales empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial para el aprovechamiento de las energías renovables se realizó relacionando el tipo de energía renovable implementada por parte de las empresas definidas en el ejercicio: 1) Solar, 2) Eólica, 3) Geotérmica, 4) Bioenergía, 5) Hidráulica y 6) CCS con la calificación de cada uno de los atributos internos y externos definidos: i) Capacidad instalada, ii) Diversidad, iii) Experiencia, iv) Estrategia, v) Política energética, vi) Capacidad país, de acuerdo con las calificaciones promedio de las empresas que cuentan con iniciativas en cada uno de los tipos de energía.

Las diferentes características de cada una de las iniciativas agrupadas por tipo de energía se encuentran en la sección 4.5.2 Caracterización de las iniciativas.

5.1.4. Limitaciones y trabajos futuros

La mayor limitación que se tuvo para el desarrollo del trabajo, consistió en que no existen fuentes oficiales donde se detalle información relacionada de las energías renovables implementadas por las empresas del sector de hidrocarburos. Información tal como la capacidad instalada de estas energías por empresa y tipo de energía, los proyectos implementados, nuevas iniciativas y datos de producción de bioenergía por empresa.

Otras limitaciones para la elaboración del trabajo consistieron en que no se encuentra numerosa literatura académica que se enfoque en el desarrollo de las diferentes energías renovables por parte del sector de hidrocarburos y de las empresas que hacen parte de este sector y que las paginas corporativas de las empresas muestra la información de manera general y no cuentan con informes detallados de estas energías.

Por lo tanto las limitaciones del trabajo se enfocaron más en la recolección de los datos para los diferentes análisis que se propusieron para el cumplimiento del objetivo del trabajo de grado.

Como trabajos futuros de corte académico se pueden realizar investigaciones enfocadas en analizar el desarrollo de las energías renovables de manera independiente por tipo de energía en el sector de hidrocarburos y que como objetivos tengan detallar cada una de estas iniciativas enfocándose en cualquiera de estos aspectos: historia, desarrollo, estrategia, principales inconvenientes técnicos y económicos, y que den recomendaciones que puedan generar una mayor implementación. De igual manera se pueden desarrollar estas investigaciones enfocadas a una empresa, las empresas del sector de un país, o continente.

Se pueden desarrollar así mismo, trabajos futuros que se enfoquen en analizar el potencial de energías renovables de un país y que tengan como resultado la creación de portafolios de implementación de energías renovables, para que puedan ser implementadas por una empresa o por las empresas del sector de hidrocarburos que tengan influencia el país objeto del estudio.

Otros trabajos futuros se pueden enfocar en estudiar a una empresa en específico, con el fin de analizarla internamente y a su entorno para definir estrategias de implementación de energías renovables y/o concluir si es viable técnica y económicamente desarrollar energías alternativas como parte de sus objetivos estratégicos, ya sea mediante filiales o con la creación de un departamento encargado de su desarrollo.

Además de los trabajos futuros indicados, se podría crear una organización, unidad o comité que se encargue de recopilar toda la información específica relacionada con la implementación de las energías alternativas por parte de las empresas del sector de hidrocarburos a nivel mundial. De esta manera se podría tener acceso a datos oficiales que puedan apalancar más estudios relacionados con el sector de hidrocarburos y las energías renovables.

Capítulo 6. REFERENCIAS

- Abdul, F., Aziz, M. A., Saidur, R., Wan, W. A., Bakar, A., Hainin, M. R., ... Abdul, N. (2017). Pollution to solution : Capture and sequestration of carbon dioxide (CO 2) and its utilization as a renewable energy source for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71(January), 112–126. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.011>
- Absi Halabi, M., Al-Qattan, a., & Al-Otaibi, a. (2015). Application of solar energy in the oil industry— Current status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 296–314. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.030>
- Al-Ghabban, A. (2013). *Saudi Arabia's Renewable Energy Strategy and Solar Energy Deployment Roadmap, King Abdullah City for Atomic and Renewable Energy*.
- Anand, G., & Kodali, R. (2008). Benchmarking the benchmarking models. *Benchmarking: An International Journal*, 15(3), 257–291. <https://doi.org/10.1108/14635770810876593>
- ANH. (2013). LA CADENA DEL SECTOR HIDROCARBUROS. Retrieved from <http://www.anh.gov.co/portalregionalizacion/Paginas/LA-CADENA-DEL-SECTOR-HIDROCARBUROS.aspx>
- Banerjee, S. G., Moreno, A., Sinton, J., Primiani, T., & Seong, J. (2016). *REGULATORY INDICATORS FOR SUSTAINABLE ENERGY A Global Scorecard for Policy Makers*. Retrieved from www.worldbank.org
- BNamericas. (2001). Petróleo brasileiro s.a. – petrobras. Retrieved April 26, 2017, from <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/petroleo-brasileiro-sa-petrobras-brasil>
- BNamericas. (2011a). LUKOIL Oil Company, 1–15. Retrieved from <https://www.bnamericas.com/es/company-profile/petroleoygas/lukoil-oil-company-lukoil>
- BNamericas. (2011b). Statoil ASA, 1–20. Retrieved from <https://www.bnamericas.com/es/company-profile/petroleoygas/statoil-asa-statoil>
- BNamericas. (2017a). Chevron Corp. (Chevron) - BNamericas. Retrieved April 26, 2017, from <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/chevron-corp-chevron>
- BNamericas. (2017b). ExxonMobil Corp. (ExxonMobil) - BNamericas. Retrieved April 26, 2017, from <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/exxonmobil-corp-exxonmobil>
- BNamericas. (2017c). OAO Gazprom (Gazprom) - BNamericas. Retrieved April 26, 2017, from <https://www.bnamericas.com/company-profile/es/oao-gazprom-gazprom>
- BNamericas. (2017d). Total S.A. (Total) - BNamericas. Retrieved April 26, 2017, from <https://www.bnamericas.com/es/company-profile/energiaelectrica/total-sa-total>
- Boden, T. A., Andres, R. J., & Marland, G. (2017, January 1). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions. https://doi.org/10.3334/CDIAC/00001_V2017
- BP. (2015). BP presenta el BP Statistical Review de 2015 | 2015 | Notas de prensa | Prensa | BP

- España. Retrieved from http://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2015/bp-presenta-bp-statistical-review-2015.html
- BP. (2017a). BP at a glance | About BP | BP Global. Retrieved April 4, 2017, from <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/bp-at-a-glance.html>
- BP. (2017b). BP Wind Energy Sites | Wind Energy | What we do | BP U.S. Retrieved April 26, 2017, from http://www.bp.com/en_us/bp-us/what-we-do/wind/wind-energy-sites.html
- BP. (2017c). Providing renewable energy | Taking action on climate change | Sustainability | BP Global. Retrieved April 26, 2017, from <http://www.bp.com/en/global/corporate/sustainability/climate-change/renewable-energy.html>
- BP. (2017d). Renewable energy | Our activities | Sustainability | BP Global. Retrieved April 5, 2017, from <http://www.bp.com/en/global/corporate/sustainability/our-activities/renewables.html>
- BP. (2017e). Wind Energy | What we do | BP U.S. Retrieved April 26, 2017, from http://www.bp.com/en_us/bp-us/what-we-do/wind.html
- BP PLC. (2011). *Summary review 2011*. Retrieved from <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/investors/bp-summary-review-2011.pdf>
- BP PLC. (2012). *BP Annual Report 2012*. Retrieved from <http://search.ebscohost.com.ezproxy.liv.ac.uk/login.aspx?direct=true&db=edselc&AN=edselc.2-52.0-79953743395&site=eds-live&scope=site>
- Brazil Oil and Gas Magazine. (2017). Petrobras Invests in Renewable Energy to Grow its Share of the Brazilian Ethanol Market issue 22. Retrieved April 22, 2017, from <http://braziloilandgas.com/petrobras-invests-in-renewable-energy-to-grow-its-share-of-the-brazilian-ethanol-market-issue-22.html>
- Carpinetti, L. C. R., & de Melo, A. M. (2002). What to benchmark? *Benchmarking: An International Journal*, 9(3), 244–255. <https://doi.org/10.1108/14635770210429009>
- Chevron Corporation. (2010). Chevron Tests Emerging Solar Technologies in Central California — Chevron.com. Retrieved April 11, 2017, from <https://www.chevron.com/stories/chevron-tests-emerging-solar-technologiesin-central-california>
- Chevron Corporation. (2014). Climate Change & Policy. *Environment*, 1–8.
- Chevron Corporation. (2015a). Biofuels: Turning Trash Into Treasure — Chevron.com. Retrieved April 13, 2017, from <https://www.chevron.com/stories/biofuels>
- Chevron Corporation. (2015b). Oil Sands technology — Chevron.com. Retrieved April 26, 2017, from <https://www.chevron.com/stories/oil-sands>
- Chevron Corporation. (2016). Chevron Announces Sale of Geothermal Operations — Chevron.com. Retrieved April 13, 2017, from <https://www.chevron.com/stories/chevron-announces-sale-of-geothermal-operations>

- Chevron Corporation. (2017a). Chevron Concludes Sale of Geothermal Operations in Indonesia — Chevron.com. Retrieved April 11, 2017, from <https://www.chevron.com/stories/chevron-concludes-sale-of-geothermal-operations-in-indonesia>
- Chevron Corporation. (2017b). Chevron in Indonesia | Geothermal Energy. Retrieved April 11, 2017, from <http://www.chevronindonesia.com/en/business/geothermal.aspx>
- Chevron Corporation. (2017c). Chevron solar explorations — Chevron.com. Retrieved April 11, 2017, from <https://www.chevron.com/stories/2015/Q2/solar>
- Chevron Corporation. (2017d). Philippines — Chevron.com. Retrieved April 11, 2017, from <https://www.chevron.com/worldwide/philippines#recordofachievement>
- Chevron Corporation. (2017e). Renewable Energy — Chevron.com. Retrieved April 11, 2017, from <https://www.chevron.com/corporate-responsibility/climate-change/renewable-energy>
- Chevron Corporation. (2017f). Renewable Energy and Energy Efficiency | Business Highlights | Annual Report 2014 | Chevron. Retrieved April 11, 2017, from <https://www.chevron.com/annualreport/2014/businesshighlights/renewableenergyefficiency/>
- Coronado Padilla, J. (2007). Escalas de medición. *Paradigmas*, 2(2), 104–125. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2011.07.019>
- Csomós, G. (2014). Relationship between large oil companies and the renewables energy sector. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13(11), 2781–2787.
- Ecopetrol. (2014a). Biocombustibles. Retrieved from <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/que-hacemos/que-hacemos/biocombustibles>
- Ecopetrol. (2014b). Biocombustibles. Retrieved from <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/medio-ambiente/gestion-ambiental-proactiva/eficiencia/biocombustibles/biocombustibles-informacion>
- Ecopetrol. (2017). Ecopetrol obtuvo nueve patentes en 2016. Retrieved from <http://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/es/ecopetrol-web/nuestra-empresa/sala-de-prensa/noticias/noticias-2017/noticias-2017/nuevas-patentes-2016>
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Eickemeier, P., Matschoss, P., ... Stechow, C. Von. (2011). *IPCC, 2011: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Cambridge University Press.* <https://doi.org/10.5860/CHOICE.49-6309>
- EIA, U. E. I. A. (2017). Where Greenhouse Gases Come From - Energy Explained, Your Guide To Understanding Energy - Energy Information Administration. Retrieved May 30, 2017, from https://www.eia.gov/Energyexplained/index.cfm?page=environment_where_ghg_come_from
- Elmuti, D., & Kathawala, Y. (1997). An overview of benchmarking process: a tool for continuous

- improvement and competitive advantage. *Benchmarking for Quality Management & Technology*, 4(4), 229–243. <https://doi.org/10.1108/14635779710195087>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Informacion Tecnologica*, 23(1), 163–176. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- Estates, B. (2014). Energy Saving, (800), 16–21. Retrieved from <http://www.gazprom.com/nature/energy-conservation/>
- Evans, A., Strezov, V., & Evans, T. J. (2009). Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(5), 1082–1088. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.03.008>
- ExxonMobil. (2011). ExxonMobil Algae Biofuels Research and Development Program. *Leadership*. Retrieved from <http://corporate.exxonmobil.com/en/energy/research-and-development/advanced-biofuels/advanced-biofuels-overview>
- ExxonMobil. (2017a). Advanced carbonate fuel cell technology in carbon capture and sequestration | ExxonMobil. Retrieved April 3, 2017, from <http://corporate.exxonmobil.com/en/technology/carbon-capture-and-storage/advanced-carbonate-fuel-cell-technology/advanced-carbonate-fuel-cell-technology?parentId=82b02202-9a79-4ba6-820a-23d83a592090>
- ExxonMobil. (2017b). Driving innovation – developing new technologies to reduce GHG emissions | ExxonMobil. Retrieved May 12, 2017, from <http://corporate.exxonmobil.com/en/current-issues/climate-policy/climate-perspectives/energy-developing-new-technologies-to-reduce-ghg>
- ExxonMobil. (2017c). Esto es ExxonMobil | ExxonMobil. Retrieved April 2, 2017, from <http://corporate.exxonmobil.com/en/company/worldwide-operations/locations/mexico/about/this-is-exxonmobil>
- ExxonMobil. (2017d). Natural Gas and Power Marketing | ExxonMobil. Retrieved April 2, 2017, from <http://corporate.exxonmobil.com/en/company/worldwide-operations/business-divisions/gas-and-power-marketing?parentId=a986261a-a898-4c5a-9681-9277dcc60b89>
- ExxonMobil. (2017e). Power generation | ExxonMobil. Retrieved April 2, 2017, from <http://corporate.exxonmobil.com/en/energy/energy-outlook/power-generation>
- García, H., Correodor, A., Calderón, L., & Gómez, M. (2013). Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia. *Documento Preparado Para WWF*, 90. Retrieved from http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/WWF_Analisis-costo-beneficio-energias-renovables-no-convencionales-en-Colombia.pdf
- Gazprom, P. (2012). Gazprom Energy signs significant embedded generation deal - Gazprom Marketing & Trading. Retrieved May 12, 2017, from <http://www.gazprom-mt.com/WhatWeSay/News/Pages/Gazprom-Energy-signs-significant-embedded-generation-deal.aspx>

- Gazprom, P. (2015). *PJSC Gazprom Environmental Report 2015*. Retrieved from <http://www.gazprom.com/f/posts/53/331565/gazprom-ecology-report-2015-en.pdf>
- Gazprom, P. (2017a). About Gazprom. Retrieved April 3, 2017, from <http://www.gazprom.com/about/>
- Gazprom, P. (2017b). Embedded generation programme | Gazprom Energy. Retrieved April 2, 2017, from <https://www.gazprom-energy.co.uk/large-corporate-business/embedded-generation/>
- Gazprom, P. (2017c). key risk factors. Retrieved from <http://www.gazprom.com/investors/corporate-governance/risk-factors/>
- Gazprom, P. (2017d). Power industry. Retrieved April 1, 2017, from <http://www.gazprom.com/about/strategy/energetics/>
- Gazprom, P. (2017e). Specialist Business Gas & Electricity Supplier | Gazprom Energy. Retrieved April 3, 2017, from <https://www.gazprom-energy.co.uk/>
- Gazprom, P. (2017f). Strategy of Gazprom. Retrieved April 1, 2017, from <http://www.gazprom.com/about/strategy/>
- Gutiérrez Rubí, A. (2016). Forbes Mexico. Retrieved March 20, 2017, from <https://www.forbes.com.mx/las-21-empresas-petroleras-mas-grandes-del-mundo/#gs.hVtojBM>
- Hansen, G. H., & Steen, M. (2015). Offshore oil and gas firms' involvement in offshore wind: Technological frames and undercurrents. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 17, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.05.001>
- Hartman, L. P., Rubin, R. S., Dhanda, K. K., Hartman, P., Rubin, R. S., & Dhanda, K. K. (2014). Responsibility : United and European Corporations Social Multinational. *Journal of Business Ethics*, 74(4), 373–389. <https://doi.org/10.1007/s10551-007-9513-2>
- IDEAM; PNUD. (2016). *Inventario Nacional Y Departamental De Gases Efecto Invernadero - De Gases Efecto*. Retrieved from http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/cop22/IDEAM_TCNCC_INGEI_WEB.pdf
- Indices, D. J., & Methodology, I. (2015). *S & P / TSX Renewable Energy and Clean Technology Index Methodology*.
- Internacional, O. (2008). *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías*. Viena: OIEA.
- International Renewable Energy Agency. (2016). *Estadísticas de capacidad renovable 2016*.
- IPCC. (2012). *IPCC, 2012 - Glossary of Terms. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. <https://doi.org/10.1177/1403494813515131>
- José Mauricio Higuera. (2010). Ecopetrol le Apuesta Ahora a las Energías Alternativas. *El Tiempo*. Retrieved from <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/ecopetrol-le-apuesta-energias->

alternativas-300760

- Khare, V., Nema, S., & Baredar, P. (2013). Status of solar wind renewable energy in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.018>
- Korpås, M., Warland, L., He, W., & Tande, J. O. G. (2012). A case-study on offshore wind power supply to oil and gas rigs. *Energy Procedia*, 24(1876), 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.06.082>
- Leeson, D., Mac Dowell, N., Shah, N., Petit, C., & Fennell, P. S. (2017). A Techno-economic analysis and systematic review of carbon capture and storage (CCS) applied to the iron and steel, cement, oil refining and pulp and paper industries, as well as other high purity sources. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 61, 71–84. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2017.03.020>
- Lukoil. (2017a). LUKOIL - History. Retrieved April 26, 2017, from <http://www.lukoil.com/Company/history>
- Lukoil. (2017b). LUKOIL - Renewable Energy. Retrieved April 23, 2017, from <http://www.lukoil.com/Responsibility/SafetyAndEnvironment/Ecology/RenewableEnergy>
- Matter, H., & Young, R. (2009). The greening of petrobras. *Harvard Business Review*. <https://doi.org/10.2307/1339562>
- Media, F. (2017). Who We Are | Forbes Media. Retrieved April 11, 2017, from <http://www.forbesmedia.com/who-we-are/>
- Miller, D. (2013). Why the oil companies lost solar. *Energy Policy*, 60, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.043>
- Nilsen, T. (2017). Innovation from the inside out: Contrasting fossil and renewable energy pathways at Statoil. *Energy Research & Social Science*, 28(April), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.03.015>
- NoordzeeWind » Project. (2017). Retrieved May 12, 2017, from <http://www.noordzeewind.nl/en/project-en/>
- OGCI. (2015). Oil and Gas Climate Initiative. Retrieved June 1, 2017, from <http://www.oilandgasclimateinitiative.com/about>
- OGCI. (2016). Saudi Aramco: Enhancing oil recovery through CCS | OGCI. Retrieved May 17, 2017, from <http://www.oilandgasclimateinitiative.com/working-groups/case-studies/saudi-aramco-enhancing-oil-recovery-through-ccs>
- Organización de las Naciones Unidas. (2012). Protocolo de Kyoto - Información Básica. Retrieved June 1, 2017, from http://unfccc.int/portaal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php
- Organización de las Naciones Unidas. (2014). Misión y Objetivos de la RILEM. Retrieved from http://unfccc.int/portaal_espanol/informacion_basica/la_convencion/objetivos/items/6199.p

hp

- Organización de las Naciones Unidas. Acuerdo de París, 21930 COP21 § (2015). Retrieved from http://unfccc.int/portal_espanol/essential_background/acuerdo_de_paris/items/10085.php
- Petrobras. (2013). Biofuel Production: See Renewable Sources - Petrobras. Retrieved May 4, 2017, from <http://www.petrobras.com.br/en/our-activities/performance-areas/biofuel-production/>
- Petrobras. (2017a). Generation of Electric Energy: Get to know our Performance - Petrobras. Retrieved May 4, 2017, from <http://www.petrobras.com.br/en/our-activities/performance-areas/generation-of-electric-energy/>
- Petrobras. (2017b). Petrobras. Retrieved April 22, 2017, from <http://www.petrobras.com/es/paises/paraguay/noticias/presentamos-la-primera-estacion-de-servicios-alimentada-con-energia-solar-en-paraguay.htm>
- Petrobras. (2017c). Petrobras. Retrieved April 26, 2017, from <http://www.petrobras.com/es/energia-y-tecnologia/fuentes-de-energia/>
- Petrobras. (2017d). Petrobras Biocombustibles - Que Hacemos. Retrieved April 22, 2017, from <http://sites.petrobras.com.br/minisite/petrobrasbiocombustivel/o-que-fazemos/>
- Pinkse, J., & van den Buuse, D. (2012). The development and commercialization of solar PV technology in the oil industry. *Energy Policy*, 40(1), 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.09.029>
- REN21. (2016). *Energías Renovables 2016 Reporte De La Situación Mundial*.
- Saudi Aramco. (2015). A Solar Solution: Powering the Star Building through the sun. Retrieved May 12, 2017, from <http://www.saudiaramco.com/en/home/news-media/news/ASolarSolution.html>
- Saudi Aramco. (2017a). Commissioning of First Wind Turbine in Turaif. Retrieved April 1, 2017, from <http://www.saudiaramco.com/en/home/news-media/news/first-wind-turbine.html>
- Saudi Aramco. (2017b). Who we are. Retrieved April 2, 2017, from <http://www.saudiaramco.com/en/home/about/who-we-are.html>
- Sawin, J. L., Seyboth, K., & Sverrisson, F. (2016). *Renewables 2016: Global Status Report*. [https://doi.org/ISBN 978-3-9818107-0-7](https://doi.org/ISBN%20978-3-9818107-0-7)
- Searcy, C., & Elkhawas, D. (2012). Corporate sustainability ratings: an investigation into how corporations use the Dow Jones Sustainability Index. *Journal of Cleaner Production*, 35, 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.022>
- Shell. (2015). Solar and wind technologies - Shell Sustainability Report 2015. Retrieved May 12, 2017, from <http://reports.shell.com/sustainability-report/2015/energy-transition/lower-carbon-alternatives/solar-and-wind-technologies.html>
- Shell. (2017a). Biofuels | Shell Global. Retrieved April 25, 2017, from <http://www.shell.com/energy->

and-innovation/the-energy-future/future-transport/biofuels.html

Shell. (2017b). Carbon capture and storage projects | Shell Global. Retrieved April 8, 2017, from <http://www.shell.com/sustainability/environment/climate-change/carbon-capture-and-storage-projects.html>

Shell. (2017c). Climate change and energy transitions | Shell Global. Retrieved April 8, 2017, from <http://www.shell.com/sustainability/environment/climate-change.html>

Shell. (2017d). More and cleaner energy | Shell Global. Retrieved April 8, 2017, from <http://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/more-and-cleaner-energy.html>

Shell. (2017e). Our strategy | Shell Global. Retrieved April 7, 2017, from <http://www.shell.com/investors/investor-highlights/our-strategy.html>

Shell. (2017f). Shell Energy Europe secures power offtake from dutch offshore wind farm | Shell Global. Retrieved April 8, 2017, from <http://www.shell.com/business-customers/trading-and-supply/trading/news-and-media-releases/shell-energy-europe-secures-power.html>

Shell. (2017g). Shell Global | Shell Global. Retrieved April 6, 2017, from <http://www.shell.com/>

Siew, R. Y. J. (2015). A review of corporate sustainability reporting tools (SRTs). *Journal of Environmental Management*, 164, 180–195. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.09.010>

Sostenibilidad, I. De. (2009). Sostenibilidad Destaqués Reconocimientos , Premios y Certificaciones.

Statoil. (2016). Statoil and Icelandic partners drill the world's hottest geothermal well - statoil.com. Retrieved May 13, 2017, from <https://www.statoil.com/content/statoil/en/news/hottest-geothermal-well.html>

Statoil. (2017a). New Energy Solutions - Renewable energy opportunities - statoil.com. Retrieved April 23, 2017, from <https://www.statoil.com/content/statoil/en/what-we-do/new-energy-solutions.html>

Statoil. (2017b). Our offshore wind projects - Our offshore wind projects - statoil.com. Retrieved April 23, 2017, from <https://www.statoil.com/en/what-we-do/new-energy-solutions/our-offshore-wind-projects.html>

Statoil. (2017c). What we do - solving challenges in the oil and gas industry - statoil.com. Retrieved April 26, 2017, from <https://www.statoil.com/en/what-we-do.html#exploration>

Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Sectores económicos. Retrieved June 1, 2017, from http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/sectores_economicos

Tata Power Solar | News. (2012). Retrieved November 25, 2017, from <http://www.tatapowersolar.com/Press-Release?k=QRVMSRIaCJUyRBTp>

The World Bank. (2017). Surface area (sq. km) | Data. Retrieved June 9, 2017, from <http://data.worldbank.org/indicator/AG.SRF.TOTL.K2>

Timilsina, G. R., Kurdgelashvili, L., & Narbel, P. A. (2012). Solar energy: Markets, economics and policies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 449–465. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.009>

Total. (2016). *Integrating Climate into our Strategy*.

Total. (2017a). Biofuel for aviation (biokerosene): Total & Amyris - Total USA. Retrieved May 13, 2017, from <http://us.total.com/en-us/making-energy-better/worldwide-projects/biokerosene-total-amyris-innovation-responsible-performance>

Total. (2017b). BioTfuel: Developing Second-Generation Biofuels | total.com. Retrieved April 22, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/projects/bioenergies/biotfuel-converting-plant-wastes-into-fuel>

Total. (2017c). California Valley Solar Ranch: Dynamic and responsible Solar Power | total.com. Retrieved April 21, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/projects/solar-power/california-valley-solar-ranch-cvsr>

Total. (2017d). Developing biomass energy | total.com. Retrieved April 22, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/exploration-production/bioenergies>

Total. (2017e). Developing renewable energies | total.com. Retrieved April 20, 2017, from <http://www.total.com/en/commitment/environmental-issues-challenges/climate-change/renewable-energies>

Total. (2017f). From microalgae to molecules of interest: Focus on AlgaePARC | total.com. Retrieved April 22, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/projects/bioenergies/algaeparc>

Total. (2017g). ISE Group, Total and SunPower Start Up the Nanao Solar Power Plant in Japan | total.com. Retrieved April 21, 2017, from <http://www.total.com/en/media/news/press-releases/ise-group-total-and-sunpower-start-nanao-solar-power-plant-japan>

Total. (2017h). La Mède: Total's first biorefinery | total.com. Retrieved April 22, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/projects/bioenergies/la-mede-total-first-biorefinery>

Total. (2017i). Prieska photovoltaic solar power plant: Clean and reliable energy in South Africa | total.com. Retrieved April 21, 2017, from <http://www.total.com/en/prieska-photovoltaic-solar-power-plant-clean-and-reliable-energy-south-africa>

Total. (2017j). PV Salvador: Developing merchant Solar Power | total.com. Retrieved April 21, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/projects/solar-power/pv-salvador-developing-merchant-solar-power>

Total. (2017k). Shams: One of the world's largest concentrated Solar Power Plants | total.com. Retrieved April 21, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/projects/solar-power/shams-concentrated-solar-power-plant>

Total. (2017l). Solar Star: A giant power plant under the California sun | total.com. Retrieved April

- 21, 2017, from <http://www.total.com/en/energy-expertise/projects/solar-power/solar-star-giant-photovoltaic-power-plant>
- UNFCCC. (2014). La convención del cambio climático. Retrieved June 1, 2017, from http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/items/6196.php
- United Nations. (2017). La convención del cambio climático. Retrieved June 1, 2017, from http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/historia/items/6197.php
- UPME. (2015). Hidroenergía. *Atlas de Potencial Hidroenergético de Colombia*, 25–36.
- UPME, U. de P. M. E., & BID, B. I. de D. (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia, resumen ejecutivo (p. 22). <https://doi.org/ISSN.0121-4993>
- Verbruggen, A., Fishedick, M., Moomaw, W., Weir, T., Nadaï, A., Nilsson, L. J., ... Sathaye, J. (2010). Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. *Energy Policy*, 38(2), 850–861. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.036>
- World Bank. (2016). Total greenhouse gas emissions (kt of CO2 equivalent) (Mexico). Retrieved from <http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.GHGT.KT.CE>
- World Health Organization. (2016). OMS | Cambio climático y salud. *WHO*. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/>
- XM. (2016). *Informe Mensual De Variables De Generación Y Del Mercado Eléctrico Colombiano – Diciembre De 2016 Subdirección De Energía Eléctrica – Grupo De Generación*.