

EVOLUCION DE LA LOGISTICA INTERNACIONAL EN LA EXPORTACION DE
PETROLEO EN EL MERCADO MUNDIAL

DIEGO ANDRÉS CARO ALBA

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
ESPECIALIZACION EN NEGOCIOS INTERNACIONALES E INTEGRACIÓN
ECONÓMICA
BODOTÁ D.C.
2020

EVOLUCION DE LA LOGISTICA INTERNACIONAL EN LA EXPORTACION DE
PETROLEO EN EL MERCADO MUNDIAL

DIEGO ANDRÉS CARO ALBA

Monografía para optar el título de Especialista en
Negocios Internacionales e Integración Económica

Orientador:
DESIDERIO LOPEZ NIÑO
Docente Investigador

FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE EDUCACION PERMANENTE Y AVANZADA
ESPECIALIZACION EN NEGOCIOS INTERNACIONALES E INTEGRACIÓN
ECONÓMICA
BODOTÁ D.C.
2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del calificador

Bogotá D.C. Febrero de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrado

Dra. Ana Josefía Herrera Vargas

Secretario General

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

Director Especialización en Negocios Internacionales e Integración Económica

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento, estas corresponden únicamente a los autores

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por guiarme en este proceso de aprendizaje y por su apoyo incansable en cada etapa de mi vida personal y profesional.

A mi profesor Desiderio López Niño por brindarme todo su conocimiento y experiencia, por más de un año que llevamos en este proceso se esmeró por demostrarnos lo importante de la investigación y logro cultivar el cariño por la investigación en cada uno de nosotros.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	16
1. MARCO REFENCIAL	17
1.1 LOGÍSTICA INTERNACIONAL PARA LA EXPORTACIÓN DEL PETRÓLEO	17
1.2 PRINCIPALES PUERTOS DE LOS PAÍSES EXPORTADORES DE PETRÓLEO	20
1.3 MODALIDADES DE ALMACENAMIENTO	23
1.4 PROPIEDADES DEL TRANSPORTE DE PETRÓLEO	24
2. METODOLOGÍA	26
3. CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES PUERTOS DE LOS PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO	27
3.1 PUERTO DE CORPUS CHRISTI	27
3.2 PUERTO DE PLAQUEMINES	28
3.3 PUERTO DE TEXAS GALVESTON	30
3.4 PUERTO DE PASCAGOULA	32
3.5 PUERTO DE MARCUS HOOK	34
4. DISTINTAS MODALIDADES DE ALMACENAMIENTO DE PETROLEO	37
4.1 TERMINALES Y PLANTAS A GRANEL	37
4.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO	38
4.2.1 Tanques atmosféricos de techo cónico	39
4.2.2 Tanques atmosféricos de techo flotante	40
4.3 TUBERÍA Y RECIBOS MARINOS	42
4.3.1 Medición y muestreo de tanques	43
4.4 TANQUE DE VENTILACIÓN Y LIMPIEZA	44
4.4.1 Preparaciones preliminares	44
4.4.2 Control de fuentes de ignición	44
4.4.3 Eliminar residuos	45
4.4.4 Aislando el tanque	45
4.4.5 Liberación de vapor	45
4.4.6 Ingreso inicial, inspección y certificación	46
4.5 LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN	46
4.5.1 Devolviendo el tanque al servicio	47
4.5.2 Protección contra incendios y prevención	47
4.6 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE	49

5. PROPIEDADES DEL TRANSPORTE DE PETROLEO	51
5.1 MODOS UTILIZADOS PARA TRANSPORTAR PETRÓLEO	53
5.1.1 Oleoducto	55
5.1.2 Camión	59
5.1.3 Tren	60
5.1.4 Barco	63
6. RELACION HISTORICA ENTRE EL TRANSPORTE Y EL ALMACENAMIENTO DEL PETROLEO EN EL MERCADO MUNDIAL	67
7. CONCLUSIONES	69
8. RECOMENDACIONES	70
REFERENCIAS	71

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Puerto de Dalian China	21
Figura 2. Puerto de Corpus Christi	28
Figura 3. Puerto de Galveston	30
Figura 4. Flujo Comercial de Petróleo en el Puerto de Galveston	32
Figura 5. Puerto de Pascagoula	33
Figura 6. Puerto de Marcus Hook	34
Figura 7. Terminales y plantas a granel	38
Figura 8. Tanques de Almacenamiento de Petróleo	39
Figura 9. Tanques Atmosféricos de Techo Cónico	40
Figura 10. Mapa visual de tuberías de petróleo de EE. UU	52

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Grafica 1. Exportación de Petróleo a nivel mundial	19
Grafica 2. Importación de Petróleo a nivel Mundial	20
Grafica 3. Importacion y Exportacion de Petroleo a travez del puerto de Galveston	30
Grafica 4. Comparación de los modos utilizados para transporte de petróleo	54
Grafica 5. Costo de trasportar un barril de petróleo mediante los diferentes métodos	58
Grafica 6. Tiempo que toma petróleo en tubería vs tren desde el golfo de la costa este hasta bakken Field	58

GLOSARIO

ALMACENAMIENTO DE PETROLEO: Depósito y resguardo de Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos en depósitos e instalaciones confinados que pueden ubicarse en la superficie, el mar o el subsuelo como lo menciona el glosario de términos petroleros¹.

BARRIL DE PETROLEO: “Una unidad de medida más utilizada para el petróleo crudo, un barril de petróleo crudo equivale a aproximadamente 42 galones estadounidenses o 159 litros”.

EXPORTACIÓN DE PETROLEO: es la actividad de enviar petróleo y/o productos derivados de petróleo a otro parte del mundo con fines comerciales como lo menciona Garcia².

IMPORTACIÓN DE PETROLEO: acción comercial que implica y desemboca en la introducción de petróleo como materia prima y sus derivados en un determinado país para comercializarlos como lo menciona Neelesh Nerurkar³.

MERCADO DE PETROLEO: El mercado mundial del petróleo es el más importante de los mercados mundiales de energía debido al papel dominante del petróleo como fuente de energía. “El mercado de petróleo incluye los procesos globales de exploración, extracción, refinación, transporte y comercialización de productos derivados del petróleo”⁴

SECTOR ENERGÉTICO: es el sector de actividades primarias, secundarias y terciarias destinadas a la producción, transportación, innovación, manejo y venta de los productos energéticos del país.

TRANSPORTE DE PETROLEO: como lo menciona el glosario de términos petroleros⁵ la actividad de recibir, entregar y, en su caso, conducir Hidrocarburos, Petrolíferos y Petroquímicos, de un lugar a otro por medio de ductos u otros medios, que no conlleva la enajenación o comercialización de dichos productos por parte de quien la realiza a través de ductos.

¹ SECRETARIA DE ENERGIA. glosario de terminos petroleros. [Consultado el 10 de enero de 2020]. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/8317/GLOSARIO_DE_TERMINOS_PETROLERO_S_2015.pdf

² GARCIA, Ramón. Exportación de petróleo y desarrollo económico. Una tipología. [Consultado el 11 de Enero de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/Fam%20Caro%20Alba/Downloads/41292-Text%20de%20l'article-52332-1-10-20061023.pdf>

³ CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. U.S. Oil Imports and Exports. 2012. [Consultado el 14 de Enero de 2020] . Disponible en <https://fas.org/sgp/crs/misc/R42465.pdf>

⁴ SECRETARIA DE ENERGIA. Op. cit., p. 18

⁵ Ibid., p.14

RESUMEN

Lo que se presentara en este trabajo es un análisis de cómo ha evolucionado la logística internacional en la exportación de petróleo en el mercado mundial, teniendo en cuenta los distintos factores que han afectado esta logística de exportación como lo son los diferentes puertos de los países exportadores de petróleo, y así mismo los diferentes tipos de almacenamiento y transporte de petróleo que complementan la logística en la exportación de petróleo.

Basándose en lo anterior fue necesario investigar y enfocar los diferentes puertos a nivel mundial que manejan la mayor cantidad de petróleo, examinando datos en diferentes artículos de los cuales se pudo identificar los puertos con la mayor exportación de petróleo a nivel mundial, después de verificar los principales puertos pasamos a verificar las distintas modalidades de almacenamiento de petróleo y además como ha cambiado la forma de transportar el petróleo , se analizó las diferentes modalidades de transporte de petróleo, sus ventajas, desventajas y además beneficios y riesgos, finalmente se analizó la relación entre el transporte y almacenamiento de petróleo en el mercado mundial.

La metodología que se utilizó para llevar a cabo la elaboración del documento fue tipo documental debido a que se busca estudiar un fenómeno a través del análisis, la crítica y la comparación de diversas fuentes de información, las principales fuentes de información son artículos de bases de datos.

Los resultados alcanzados dan a conocer la gran importancia del petróleo en la economía global la cual incluye los procesos de almacenamiento y transporte de petróleo, con los resultados y datos recopilados podemos observar y estudiar la forma en que el petróleo es comercializado, almacenado y transportado, y por lo tanto reconocer la logística de como el petróleo es exportado en el mercado mundial.

Palabras claves: transporte de petróleo, almacenamiento del petróleo, exportación de petróleo, mercado de petróleo.

ABSTRACT

What will be presented in this paper is an analysis of how international logistics in the export of oil in the world market has evolved, taking into account the different factors that have affected this export logistics such as the different ports of exporting countries of oil, and also the different types of storage and transportation of oil that complement the logistics in the export of oil.

Based on the above, it was necessary to investigate and focus the different ports worldwide that handle the largest amount of oil, examining data in different articles from which the ports with the largest oil export worldwide could be identified, after verifying the main ports we went on to verify the different modalities of oil storage and also as the way of transporting oil has changed, the different modalities of oil transport, its advantages, disadvantages and also benefits and risks were analyzed, finally the relationship between the transport and storage of oil in the world market.

The methodology that was used to carry out the preparation of the document was documentary because it seeks to study a phenomenon through the analysis, criticism and comparison of various sources of information, the main sources of information are basic articles of data.

The results achieved show the great importance of oil in the global economy which includes the processes of storage and transportation of oil, with the results and data collected we can observe and study the way in which oil is commercialized, stored and transported, and therefore recognize the logistics of how oil is exported in the world market.

Keywords: oil transport, oil storage, oil export, oil market.

INTRODUCCIÓN

Este estudio investiga los principales puertos importadores y exportadores de petróleo del mundo para examinar cómo ha sido su logística y evolución a lo largo de la historia. Como lo menciona Beatriz Sevilla⁶ en el portal de estadísticas Statista la demanda de petróleo en todo el mundo ha aumentado en 101.6 millones de barriles por día y es por esta razón que es necesario analizar cómo se maneja toda la logística para suplir esta demanda mundial a través de los diferentes puertos en el mundo y así mismo identificaremos las diferentes modalidades de almacenamiento y transporte para lograr suplir esta demanda. Según el informe anual de la Organización de Países Exportadores de Petróleo⁷, Arabia Saudita lidera las exportaciones de petróleo con 7163.3 barriles por día seguido de Rusia con 4897.5 barriles por día, Estados Unidos está en una posición de liderazgo en las importaciones de petróleo crudo con 7351 barriles por día seguido de China con 6730.9 barriles por día. Por otro lado, “Estados Unidos es una de las principales naciones importadoras de petróleo con una demanda en rápido aumento, mientras que Canadá y Arabia Saudita son dos grandes exportadores de petróleo a los Estados Unidos con 43% y 13.5%, respectivamente”⁸.

Desde que el primer petrolero comenzó a enviar petróleo en 1878 en el Mar Caspio, la capacidad de la flota de petroleros marítimos del mundo ha crecido sustancialmente, esto ha hecho que la forma de transportar petróleo halla evolucionado, estas nuevas formas de transporte las estaremos analizando en este trabajo. A partir de 2017, se enviaron alrededor de 2.900 millones de toneladas de productos de petróleo y gas por transporte marítimo, que es aproximadamente el 62% de todo el petróleo producido según el informe anual de la Organización de Países Exportadores de Petróleo⁹. El 38% restante usa pipelines que es el medio de transporte más usado actualmente, trenes o camiones. La circulación marítima del petróleo sigue un conjunto de rutas marítimas entre las regiones donde se extrae y las regiones donde se refina y se consume. Los petroleros envían cada día más de 100 millones de toneladas de petróleo según Boldanova¹⁰ de allí radica la importancia de entender sus rutas y claramente los puertos desde los cuales estos petroleros se suplen de la materia prima y así mismo donde la descargan.

⁶ BEATRIZ, Sevilla. Demanda diaria de petróleo crudo a nivel mundial de 2006 a 2020. 11 Noviembre de 2019. [Consultado el 12 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://es.statista.com/estadisticas/600689/demanda-mundial-diaria-de-petroleo-crudo/>

⁷ OPEC. 2017 Annual Report. [Consultado el 19 de Enero de 2020]. Disponible en https://www.opec.org/opec_web/static_files_project/media/downloads/publications/AR%202017.pdf

⁸ Ibid., p.50

⁹ Ibid., p. 65

¹⁰ BOLDANOVA Rustam , Stavros Degiannakis ,FILIS George . Time-varying correlation between oil and stock market volatilities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. [consultado el 3 de octubre de 2019]. Archivo disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1057521916301533>

“El comercio mundial de petróleo se ha más que duplicado en diez años, pasando de menos de \$ 86.4 millones en 2010 a casi \$ 102 millones en 2020”¹¹, y esto se debe a que los países industrializados que consumen petróleo han importado mayores cantidades de petróleo. La creciente demanda mundial de petróleo y sus derivados, como los productos petroquímicos, ha permitido a las empresas de servicios las cuales almacena y transportan el petróleo lleguen a más clientes y aumentar su participación en el mercado y su rentabilidad. Este auge de la demanda global junto con la facilidad del comercio internacional y la inflexibilidad involucrada en la cadena de suministro de la industria petrolera ha hecho que su gestión sea más compleja y desafiante. De hecho, según Steve Welsh¹², gerente de la Facultad de Estudios de Petróleo y Energía de la Universidad de Oxford, la visión de la industria petrolera y petroquímica sobre la cadena de suministro aún está en pañales. Sin embargo, incluso con la inflexibilidad y la complejidad involucradas en la cadena de suministro de la industria petrolera, hay mucho margen de mejora y reducción de costos, específicamente en su área de logística.

¹¹ BEATRIZ. Op. cit., p. 1

¹² RAED, Hussain. Supply Chain Management in the Petroleum Industry: Challenges and Opportunities. 2006. [Consultado el 22 de Octubre de 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/91a5/b8fc496325c4ed2ab1a6109f6874ac3684b4.pdf>

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar la evolución de la logística internacional en la exportación de petróleo en el mercado mundial

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir las características de los principales puertos de los países exportadores de petróleo.
- Referenciar las distintas modalidades de almacenamiento de petróleo
- Identificar las propiedades del transporte de petróleo
- Evidenciar la relación histórica entre el transporte y el almacenamiento del petróleo en el mercado mundial.

1. MARCO REFENCIAL

A continuación, nos encontraremos con los diferentes temas que componen la logística internacional de la exportación de petróleo como son los principales puertos exportadores e importadores de petróleo en el mercado mundial, así mismo investigaremos los principales métodos de transporte y almacenamiento de petróleo en el mundo para lograr encontrar al final una relación entre los temas que incluyen la logística de la exportación de petróleo.

1.1 LOGÍSTICA INTERNACIONAL PARA LA EXPORTACIÓN DEL PETRÓLEO

La logística del petróleo incluye el transporte de petróleo crudo desde los sitios de producción a las refinerías, así como el transporte y distribución de productos derivados del petróleo a los clientes. Según Pernille Seljom¹³ los petroleros sirven a la mayoría del comercio internacional de petróleo crudo y productos derivados del petróleo, mientras que los oleoductos se utilizan principalmente para el transporte nacional. El ferrocarril y los camiones también se utilizan para el transporte de petróleo a corta distancia. “Los petroleros más grandes generalmente transportan petróleo crudo, mientras que los petroleros más pequeños transportan productos de petróleo refinado”¹⁴. Los petroleros están equipados principalmente con propulsión diesel. “Los petroleros grandes usan menos combustible por km, por lo tanto, emiten menos dióxido de carbono en comparación con los petroleros más pequeños. En cuanto al transporte por tubería, el petróleo crudo generalmente se canaliza a refinerías y productos derivados del petróleo a grandes clientes y distribuidores. La energía requerida para el transporte de la tubería depende, entre otros, de los volúmenes, el diámetro de la tubería y la calidad del aceite”¹⁵. El petróleo se puede almacenar en tanques con base en tierra y en petroleros a bordo por razones de seguridad energética y con fines de lucro, este último basado en variaciones a corto plazo del precio del petróleo.

El crecimiento continuo del comercio mundial depende de la eficiencia de las estructuras de apoyo al comercio, como los servicios logísticos. A pesar del papel

¹³ SELJOM, Pernille. Oil and Natural Gas Logistics. Energy Technology systems análisis programme. [consultado el 30 de Octubre de 2019]. Archivo pdf disponible en: https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/P03_oilgaslogistics_PS_revised_GSOK2.pdf

¹⁴ BASHEER KHUMAWALA, TIRAVAT ASSAVAPOKEE, RAED HUSSAIN. Supply Chain Management in the Petroleum Industry: Challenges and Opportunities. International Journal of Global Logistics & Supply Chain Management. Noviembre de 2006. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/91a5/b8fc496325c4ed2ab1a6109f6874ac3684b4.pdf>

¹⁵ DEMPSTER, Michael, MEDOVA ,E.A. Planning Logistics Operations in the Oil Industry. Artículo en Journal of the Operational Research Society. November 2000. [Consultado el 30 de Diciembre de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/245279096_Planning_Logistics_Operations_in_the_Oil_Industry/link/587044f808ae8fce491df1b1/download

integral de la logística de la exportación de petróleo en el apoyo de las actividades comerciales, en general ha habido un bajo nivel de análisis y de investigación de políticas comerciales por parte de los profesionales del comercio. Los servicios de transporte y logística facilitan el comercio internacional de petróleo y juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de la economía local. “La calidad y la eficiencia de los servicios logísticos pueden ser importantes para el comercio internacional, ya que una infraestructura logística débil y los procesos operativos pueden ser un obstáculo importante para la integración comercial global. Por el contrario, una mejor logística relacionada con el comercio, combinada con un entorno económico liberalizado, puede aumentar el volumen del comercio y las economías de escala y alcance en las actividades de distribución y producción. Los servicios de logística brindan conexiones sectoriales dentro del local”¹⁶.

Según Pernille Seljom¹⁷ la contribución logística a la producción de petróleo nacional en un país puede no ser tan competitiva como otros sectores, el papel que desempeña la logística en el apoyo de las actividades dentro de una economía no se puede socavar ni pasar por alto. Una conexión bien conocida entre el transporte y la logística de petróleo y el desarrollo nacional es la facilitación del comercio internacional, que, en circunstancias apropiadas, ofrece varios otros resultados económicos y sociales beneficioso. El sector de transporte y logística de petróleo es una parte integral en términos de facilitar el comercio internacional, ya que permite a las empresas completar efectivamente las importaciones y exportaciones de bienes y servicios y las transacciones asociadas como lo menciona Pernille Seljom.¹⁸ El continuo aumento del comercio mundial de petróleo y el deseo de muchos países de acelerar el ritmo de integración dentro del sistema comercial global petrolero dependerá no solo de mantener un sistema económico global abierto sino también de mejorar la cantidad y la eficiencia de las estructuras de apoyo, como los servicios logísticos. “Servicios de logística deficientes, como la coordinación limitada entre los países sobre los procedimientos fronterizos; ineficiencia del proceso de despacho de aduanas en los puertos petroleros, infraestructura fragmentada y de baja calidad relacionada con el transporte; envío costoso e infrecuente, retrasos en el seguimiento y localización de envíos, retrasos en el manejo de terminales y despacho de mercancías; ausencia de instalaciones de almacenamiento de petróleo en los puertos; y la incapacidad de certificar la calidad del producto, entre otros, puede causar un obstáculo significativo al comercio internacional”¹⁹. Las fuerzas de la liberalización del comercio de petróleo continuarán impulsando a los países de todo el mundo a lograr una mayor participación y cosechar los beneficios del mundo globalizado que ofrece crecientes

¹⁶ SELJOM, Pernille.. Op. cit., p.2

¹⁷ Ibid., p. 3

¹⁸ Ibid., p. 3

¹⁹ Ibid., p. 4

oportunidades de mercado. Según Michael Dempster²⁰ es el nivel de desarrollo en los servicios logísticos tanto nacionales como internacionales lo que puede ser un elemento oportunidades de mercado. Según Michael Dempster²¹ es el nivel de desarrollo en los servicios logísticos tanto nacionales como internacionales lo que puede ser un elemento crítico en términos de permitir que los países comercian sin muchas restricciones y a menores costos. “Si bien los servicios logísticos generales mejorados pueden ser un paso importante hacia la configuración de la facilitación del comercio de petróleo a largo plazo, si el nivel de servicios logísticos facilita más comercio es una cuestión empírica importante”²². Las grafica 1 y 2 nos permiten entender la exportación e importación de los principales países los cuales manejan la logística internación del petróleo.

Grafica 1. Exportación de Petróleo a nivel mundial

Country	Aug-19	Jul-19	YTD 2019	Aug-18	YTD 2018
Canada	3,793	4,131	3,844	3,675	3,723
Mexico	708	636	627	895	681
Saudi Arabia	417	395	540	1,005	822
Nigeria	380	184	190	56	187
Colombia	323	296	356	300	336
Ecuador	303	182	183	183	180
Iraq	249	350	338	420	595
Russia	172	54	135	90	67
Brazil	93	234	121	190	156
Libya	66	32	56	19	56
Ghana	66	14	33	32	16
United Kingdom	65	95	70	37	54
Argentina	51	79	40	28	22
Kuwait	46	20	57	83	98
Angola	40	-	31	146	112

Fuente: U.S. Energy Information Administration. Exports by Destination. [Consultado el 9 de Enero de 2020]. Disponible en: https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_expc_a_EP00_EEX_mbb1_m.htm

²⁰ LAMBERT, Douglas & GARCIA-DASTUQUE, Sebastian & CROXTON, Keely. (2005). An Evaluation of Process-Oriented Supply Chain Management Frameworks. Journal of Business Logistics. 26. 25 - 51. 10.1002/j.2158-1592.2005.tb00193.x.

²¹ LAMBERT, Douglas & GARCIA-DASTUQUE, Sebastian & CROXTON, Keely. (2005). An Evaluation of Process-Oriented Supply Chain Management Frameworks. Journal of Business Logistics. 26. 25 - 51. 10.1002/j.2158-1592.2005.tb00193.x.

²² DEMPSTER, Michael, MEDOVA ,E.A. Planning Logistics Operations in the Oil Industry. Artículo en Journal of the Operational Research Society. Op. cit., p.4

Grafica 2. Importación de Petróleo a nivel Mundial

Country	Aug-19	Jul-19	YTD 2019	Aug-18	YTD 2018
Canada	4,376	4,660	4,452	4,233	4,326
Mexico	744	670	665	935	739
Russia	614	491	461	515	399
Saudi Arabia	461	454	579	1,039	841
Colombia	383	377	412	334	368
Nigeria	380	193	197	66	202
Ecuador	329	198	189	183	182
Iraq	249	360	339	421	597
Brazil	201	341	198	248	195
United Kingdom	146	182	153	175	144
Netherlands	133	117	112	67	65
Korea, South	118	173	132	92	93
India	114	96	113	95	91
Norway	84	35	99	39	86
Egypt	75	84	55	54	39

Fuente: U.S. Energy Information Administration. Exports by Destination. [Consultado el 9 de Enero de 2020]. Disponible en: https://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_expc_a_EP00_EEX_mbb1_m.htm

1.2 PRINCIPALES PUERTOS DE LOS PAÍSES EXPORTADORES DE PETRÓLEO

El autor Taylor Schachter²³ nos habla de la importancia de los puertos petroleros y según él para atender las exportaciones o importaciones de petróleo y además los refinados del petróleo se debe estudiar los diferentes puertos de petróleo en el mercado mundial de allí radica la importancia en estudiar y conocer los puertos que mueven la materia prima de mayor importancia a nivel mundial. En esta sección se analiza los principales puertos del mundo a través de los cuales se exporta la mayor cantidad de petróleo a nivel mundial, se describe las características principales de cada puerto, su localización y exportación anual y así mismo se describe su estado actual y futuro con el petróleo como producto de exportación principal para después realizar un análisis más profundo en el capítulo 4 de los respectivos puertos exportadores de petróleo.

²³ SCHACHTER, Taylor. Global Trade Magazine's Top 50 power ports. 2018. [consultado el 12 de noviembre de 2019]. Disponible en <https://www.globaltrademag.com/global-trade-magazines-top-50-power-ports/>

- **Puerto de Corpus Christi**

Según Taylor Schachter²⁴ el Puerto de Corpus Christi es el autoproclamado Puerto de Energía de las Américas. Estratégicamente ubicado entre la Cuenca Pérmica y Eagle Ford, el puerto sirve como un centro de energía, así como una puerta de entrada al Golfo de México y al resto de los Estados Unidos. Pero el petróleo y el gas no son los únicos productos energéticos que el puerto está acostumbrado a manejar. En los últimos años también han experimentado un aumento en el volumen de carga de aerogeneradores que también han procesado.

- **Dalian China**

El puerto de Dalian como se ve en la figura 1 continuó su tibio crecimiento en 2017. A pesar de tener terminales petroleras como su mayor flujo de ingresos, Dalian sigue siendo el puerto de contenedores más activo del noreste de China. Un desafío importante es el crecimiento económico mediocre en el interior. “Entre las llamadas tres provincias del noreste de China, Heilongjiang y Jilin vieron un aumento del PIB de 6.4% y 5.3%, respectivamente, el año pasado, ambas más bajas que el promedio de China de 6.9%. En la provincia de Liaoning, donde reside Dalian, el aumento fue solo del 4,2%”²⁵. Otro problema es la competencia de los puertos cercanos como lo menciona Linton Nightingale en su artículo 100 puertos.

Figura 1. Puerto de Dalian China



Fuente: XIN WEN/ZHANG XIAOMIN. Dalian Port sets ambitious agenda for transformation. 2018. China Daily. [Consultado el 20 de Diciembre de 2019]. Disponible en <http://www.chinadaily.com.cn/a/201811/01/WS5bda517aa310eff303285d34.html>

²⁴ SCHACHTER, Taylor. Op. Cit. P. 3

²⁵ Ibid., p.1

- **Ciudad del Puerto de Texas**

Según Taylor Schachter²⁶ este puerto es principalmente utilizado para importar petróleo crudo y exportar combustibles, productos químicos y productos derivados del petróleo, el puerto de la ciudad de Texas se encuentra en la Bahía de Galveston. Actualmente es el noveno puerto de aguas profundas más grande de América con una profundidad de 40 pies, pero el puerto pronto comenzará a expandir ese número a 45 pies. “El puerto de propiedad privada también es el cuarto puerto más grande en el estado de Texas, y debido a su ubicación estratégica puede ahorrar hasta dos días de viaje en otros puertos a lo largo del Canal de Navegación de Houston”²⁷.

- **Plaquemines Port**

Ubicado a solo 20 millas al sur del puerto de Nueva Orleans, Plaquemines es el puerto más cercano para abrir aguas a lo largo del río Mississippi. También es el puerto energético más cercano al este del Golfo de México y está bien equipado para manejar productos derivados del petróleo y buques de suministro de campos petroleros como lo afirma Taylor²⁸.

- **King Abdullah Saudi Arabia**

KING Abdullah Port continuó su ascenso en la clasificación de la Lista de Lloyd con otro año de crecimiento de dos dígitos en el rendimiento de contenedores. “En el centro del Mar Rojo, que hizo su debut en el top 100 el año pasado, los volúmenes se dispararon un 20,9% a casi 1,7 millones de teu en 2017, a medida que más servicios en tránsito por el comercio Asia-Europa optaron por la llamada de puerto saudita como lo afirma Linton”²⁹. El éxito de KAP se debe en gran parte a la desviación menor requerida para los transportistas que prestan servicios a las lucrativas rutas este-oeste y las oportunidades de transbordo que se ofrecen.

- **Puerto de Pascagoula**

El puerto más grande del estado de Mississippi, el Puerto de Pascagoula, se encuentra en la costa sureste del estado. Con una combinación de terminales públicas y privadas, el puerto se ocupa principalmente de productos forestales, petróleo crudo y productos químicos. El puerto de 188 años ofrece canales de

²⁶ SCHACHTER, Taylor. Op. cit..pag 1

²⁷ Ibid., p.1

²⁸ Ibid., p.1

²⁹ NIGHTINGALE, Linton. Op. cit., p. 82

42' y 38' para manejar una amplia variedad de embarcaciones y carga como lo afirma Taylor³⁰.

1.3 MODALIDADES DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de petróleo es parte del sector intermedio de la industria petrolera. El petróleo se extrae primero aguas arriba de las empresas que realizan la exploración y producción. El sector intermedio implica el transporte, el almacenamiento y la comercialización al por mayor de productos derivados del petróleo después de la extracción como lo menciona Willian Roof³¹. El almacenamiento de petróleo es un medio para recolectar productos antes de ser distribuidos aguas abajo a refinerías y minoristas. Las operaciones posteriores también podrían usar tanques de almacenamiento para recolectar petróleo para su posterior procesamiento y comercialización.

Los tanques de almacenamiento de petróleo varían en capacidad y diseño. Los primeros tanques de almacenamiento se construyeron con bandas de madera y metal que esencialmente formaban grandes barriles. A medida que la tecnología avanzó, los tanques de almacenamiento aumentaron en tamaño y capacidad para almacenar petróleo de manera segura como lo menciona Willian Roof³².

“Existen varios diseños de tanques según las necesidades y el uso: techo fijo y techo flotante parte superior abierta y parte superior cerrada, parte inferior plana, parte inferior cónica, parte inferior inclinada y parte inferior del plato y paredes simples y paredes dobles. El diseño se elegirá específicamente para manejar las condiciones de presión del líquido que se está almacenando, evitar fugas y corrosión, y gestionar los humos y la ventilación”³³.

Los múltiples tanques de almacenamiento se denominan depósito de petróleo, terminal de petróleo o granja de tanques.

³⁰ SCHACHTER, Taylor. Op. Cit. P. 4

³¹ ROOF, W. E. Oil Storage. Society of Petroleum Engineers. [Consultado el 4 de Noviembre de 2019]. Disponible en https://www.onepetro.org/book/peh/spe19peh?sort=&start=0&q=oil+storage&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

³² Ibid., p. 50

³³ Ibid., p. 50

1.4 PROPIEDADES DEL TRANSPORTE DE PETRÓLEO

El transporte de petróleo se refiere a los diversos métodos de transporte utilizados para mover el petróleo de un lugar a otro. Estos incluyen tuberías, ferrocarriles, envíos y camiones.

Según Urquhart³⁴ llevar el petróleo al mercado es un proceso que requiere varias tecnologías de transporte y almacenamiento, generalmente conocidas como "midstream". El petróleo a menudo se produce en lugares remotos, lejos de donde se consumirá; por lo tanto, se han creado redes de transporte para transportar el petróleo crudo a las refinerías donde se procesa y enviar los productos refinados a donde se consumirán (como una estación de servicio). Las instalaciones de almacenamiento se utilizan para equilibrar la oferta y la demanda de petróleo y productos refinados.

El petróleo se transporta normalmente por una de cuatro opciones:

- Oleoducto: la forma más común de transporte de petróleo es a través de oleoductos. "Las tuberías generalmente se utilizan para mover el petróleo crudo desde la boca del pozo a las instalaciones de recolección y procesamiento y desde allí a las refinerías y las instalaciones de carga de buques tanque"³⁵. Las tuberías requieren significativamente menos energía para operar que los camiones o ferrocarriles y tienen una menor huella de carbono.
- Ferrocarril: el envío de petróleo en tren se ha convertido en un fenómeno creciente a medida que se identifican nuevas reservas de petróleo en todo el mundo. Los costos de capital relativamente pequeños y el período de construcción hacen que el transporte ferroviario sea una alternativa ideal a las tuberías para envíos de larga distancia. Sin embargo, la velocidad, las emisiones de carbono y los accidentes son algunos inconvenientes importantes para el transporte ferroviario como lo menciona Urquhart³⁶.
- Camión: si bien es el método de transporte de petróleo más limitado en términos de capacidad de almacenamiento, los camiones tienen la mayor flexibilidad en destinos potenciales. "Los camiones son a menudo el último paso en el proceso de transporte, entregando petróleo y productos refinados de petróleo a sus destinos de almacenamiento previstos"³⁷.

³⁴ URQUHART, R. D. (1985, January 1). Heavy Oil Transportation - Present And Future. Petroleum Society of Canada. [Consultado el 7 de Noviembre de 2019]. Disponible en https://www.onepetro.org/conferencepaper/PETSOCSS8526?sort=&start=0&q=oil+transportation&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

³⁵ Ibid., p. 69

³⁶ Ibid., p. 69

³⁷ Ibid., p. 69

- Barco: según TM³⁸ del Instituto student energy cuando el transporte de petróleo por tierra no es adecuado, el petróleo puede transportarse en barco. Una barcaza típica de tanques de 30,000 barriles puede transportar el equivalente de 45 vagones cisterna a aproximadamente un tercio del costo. En comparación con una tubería, las barcasas son más baratas en un 20-35%, dependiendo de la ruta. Las barcasas de tanque tradicionalmente transportan productos petroquímicos y materias primas de gas natural a las plantas químicas. Los inconvenientes suelen ser la velocidad y las preocupaciones medioambientales.

³⁸ STUDENT ENERGY TM. Oil Transport. Student Energy. [consultado el 13 de Novimebre de 2019]. Disponible en <https://www.studentenergy.org/topics/ff-transport>

2. METODOLOGIA

La investigación realizada en este trabajo es de tipo documental debido a que se busca estudiar un fenómeno a través del análisis, la crítica y la comparación de diversas fuentes de información, las principales fuentes de información son artículos de bases de datos. Es documental pues se recopila la información en cuanto a evolución de la logística de exportación del petróleo en documentos como libros, revistas y artículos. El desarrollo de la presente tuvo como intención analizar la logística internacional en la exportación de petróleo en el mercado mundial.

Para comenzar, al seleccionar el tema de la exportación de petróleo se buscó enfocar los principales puertos de los países exportadores para poder filtrar la investigación, después de referenciar los principales puertos pasamos a verificar las distintas modalidades de almacenamiento de petróleo a lo largo del mundo y claro de la historia y como afecta o ha cambiado la forma de transportar el petróleo, para luego analizar las propiedades o características del transporte de petróleo, al tener esta información podemos proceder a realizar una comparación y relación histórica entre el transporte y el almacenamiento de petróleo en el mercado mundial y ver cómo estas características llegan a influir en los precios del petróleo a nivel mundial.

Durante las clases de seminario que fueron 4 en total logramos establecer junto con el profesor Desiderio las bases para esta investigación, como también el objetivo general y los objetivos específicos, logrando tener un avance muy importante a lo largo de las clases.

La bibliografía usada se extrajo en un proceso de búsqueda y recuperación de documentos en las bases de datos que están disponibles en la biblioteca virtual de la Fundación Universidad de América como One Petro y Science Direct y además Google Académico, con el propósito de recoger la máxima cantidad de información posible sobre la logística internacional en la exportación de petróleo.

3. CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES PUERTOS DE LOS PAISES EXPORTADORES DE PETROLEO

En este capítulo analizaremos los puertos más importantes a nivel mundial a través de los cuales se realiza la mayor logística internacional para la exportación de petróleo en el mundo, se analizará su estado actual y proyecciones futuras para el mejoramiento de la logística internacional de la exportación de petróleo.

3.1 PUERTO DE CORPUS CHRISTI

Petróleo crudo, gas natural, derivados del petróleo se puede manejar en este puerto. Port Corpus Christi tiene la mano de obra, el espacio y la logística para manejar proyectos grandes y pequeños. Estratégicamente ubicado cerca de las principales áreas de producción de petróleo y gas de los Estados Unidos, el Puerto de Corpus Christi es un socio logístico principal y una puerta de entrada principal para un suministro seguro y eficiente de energía al mundo, incluidos los mercados en crecimiento en América Latina, Europa y Asia.

“El 31 de diciembre de 2015, el Puerto de Corpus Christi fue el primer puerto en los EE. UU en exportar petróleo crudo después de levantar la prohibición de 40 años a la exportación de petróleo crudo de EE. UU”³⁹. El Puerto de Corpus Christi se ha convertido en el puerto de exportación de petróleo crudo que marca tendencia, el puerto de Corpus Christi es un importante centro de refinería de petróleo crudo que comprende seis refinerías y los principales productos derivados del petróleo incluyen petróleo crudo, diesel, gasolina, fuel oil, nafta, combustible para aviones según Catherine Ngai, Libby George y Florence Tan ⁴⁰. El puerto de Corpus Christi como se ve en la figura 2 posee varios muelles públicos de petróleo en el puerto interior capaces de manejar muchos productos líquidos de carga a granel, incluidos el petróleo y los productos petroquímicos.

Según Catherine Ngai, Libby George y Florence Tan⁴¹ los muelles de petróleo públicos más grandes en el puerto interior están diseñados para manejar 1,200,000 barriles de petróleo crudo.

³⁹ NGAJ, Catherine, Libby George y Florence Tan . Port Corpus Christi. Texas Flood: U.S. oil exports pour into markets worldwide. Feb 08, 2018. [Consultado el 15 de Octubre de 2019]. Disponible en <https://portofcc.com/texas-flood-u-s-oil-exports-pour-into-markets-worldwide/>

⁴⁰ Ibid., p.3

⁴¹ Ibid., p.3

Figura 2. Puerto de Corpus Christi



Fuente: Catherine Ngai, Libby George y Florence Tan . Port Corpus Christi. Texas Flood: U.S. oil exports pour into markets worldwide. Feb 08, 2018. [Consultado el 15 de Octubre de 2019]. Disponible en <https://portofcc.com/texas-flood-u-s-oil-exports-pour-into-markets-worldwide/>

3.2 PUERTO DE PLAQUEMINES

“Ubicado en la desembocadura del río Mississippi, el puerto brinda acceso al agua a 33 estados, lo que permite a las empresas beneficiarse del acceso a barcazas, ferrocarriles y autopistas interestatales en gran parte de los Estados Unidos. Plaquemines Port está perfectamente posicionado para servir a los mercados globales en expansión de petróleo y gas, carbón, productos químicos y más. Además, como lo muestra la figura 3 el puerto ofrece 14 anclajes principales y miles de acres de propiedades disponibles para el desarrollo de puertos de contenedores, operaciones de carga a granel y a granel, muelles y mucho más”⁴². Estratégicamente ubicado aproximadamente a 20 millas al sur del Puerto de Nueva Orleans y adyacente al Golfo de México, el Puerto de Plaquemines está constantemente clasificado entre los mejores puertos del país, este puerto también ofrece las terminales más cercanas para abrir aguas en el Mississippi. Además, el Puerto de Plaquemines está muy cerca de los puertos latinoamericanos y del Canal de Panamá para ayudar a facilitar el comercio por agua. Con importantes helipuertos, una extensa infraestructura petrolera, una gran red de tuberías,

⁴² SANDERS Maynard. Plaquemines Port Harbor & Terminal District 2019 Annual Report. [Consultado el 25 de Octubre de 2019]. Disponible en <http://www.portofplaquemines.com/Files/Press/PlaqueminesPortAnnualReport2019.pdf>

instalaciones de almacenamiento y muelles de tiro profundos y poco profundos, Venecia también es una base ideal de operaciones para flotas de buques de suministro de campos petroleros como lo menciona Maynard Sanders⁴³.

Ubicada dentro del distrito de Plaquemines, Venecia es una ubicación privilegiada para el apoyo de las operaciones de petróleo y gas en el Golfo de México. Es el puerto energético más cercano al este del Golfo de México. Con importantes helipuertos, una extensa infraestructura petrolera, una gran red de tuberías, instalaciones de almacenamiento y muelles de tiro profundos y poco profundos, Venecia también es una base ideal de operaciones para flotas de buques de suministro de campos petroleros.

Tallgrass Energy y Drexel Hamilton Infrastructure Partners han anunciado planes para construir una terminal de exportación de petróleo crudo en el río Mississippi en la parroquia de Plaquemines. La Terminal de Líquidos Plaquemines propuesta tiene permitido almacenar hasta 20 millones de barriles de petróleo crudo y podría estar en pleno funcionamiento a mediados de 2020 como la afirma el reporte anual del puerto de Plaquemines ⁴⁴. La infraestructura portuaria de Louisiana es un marco vital para la economía, y este proyecto hará un buen uso de nuestras capacidades de exportación a lo largo del río Mississippi, dijo el gobernador John Bel Edwards. "Agregar un proyecto como este a nuestras instalaciones de petróleo crudo, nuestras refinerías y nuestra creciente red de exportación de GNL fortalecerá aún más la posición de Louisiana como líder mundial en exportación de energía"⁴⁵.

"El proyecto está programado como una asociación público-privada, con varios muelles de aguas profundas a lo largo del río que serán provistos por Plaquemines Port Harbour y Terminal District"⁴⁶. Las instalaciones de atraque ofrecerán a operadores de terminales con la capacidad de cargar y descargar embarcaciones de mayor capacidad que ahora navegan por el recientemente ampliado Canal de Panamá.

La terminal sería atendida por una tubería con el poder de transportar diariamente hasta 800,000 barriles de petróleo crudo desde Cushing, Oklahoma, hasta Louisiana. "Tallgrass Energy también quiere construir una extensión de tubería en alta mar para ofrecer al proyecto terminal la capacidad adicional de cargar grandes transportistas de crudo, los petroleros más grandes actualmente utilizados"⁴⁷. La terminal sería alimentada por un oleoducto con capacidad para transportar hasta 800,000 barriles de petróleo crudo por día desde Cushing, Oklahoma, a Louisiana.

⁴³ SANDERS. Op. cit., p. 49

⁴⁴ Ibid., p. 49

⁴⁵ Ibid., p. 49

⁴⁶ NOLA. New \$2.5 billion oil export terminal planned for Plaquemines Parish. August 29, 2018. [Consultado el 25 de Diciembre de 2019]. Tomado de https://www.nola.com/news/business/article_e394316a-da2c-557a-a33d-75a3c09ec1f3.html

⁴⁷ Ibid., p. 17

“Tallgrass también planea construir una extensión de tubería en alta mar para darle a la terminal la capacidad adicional de cargar transportadores de crudo muy grandes, los petroleros más grandes actualmente en uso dijeron las autoridades”⁴⁸.

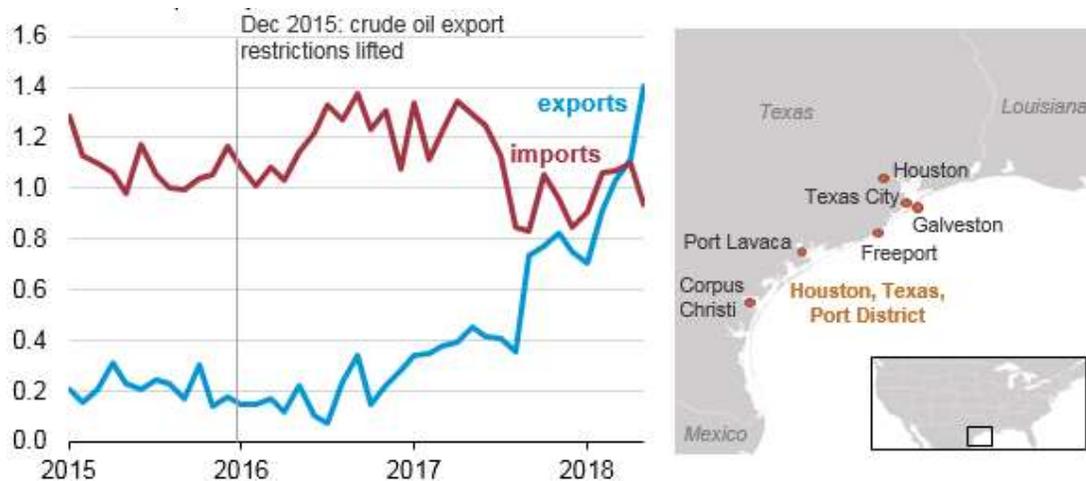
Figura 3. Puerto de Galveston



Fuente: Maynard Sanders. Plaquemines Port Harbor & Terminal District 2019 Annual Report. [Consultado el 25 de Octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.portofplaquemines.com/Files/Press/PlaqueminesPortAnnualReport2019.pdf>

3.3 PUERTO DE TEXAS GALVESTON

Grafica 3. Importacion y Exportacion de Petroleo a travez del puerto de Galveston



Fuente: U.S. Energy Information Administration and U.S. Census Bureau.

⁴⁸ NOLA. Op. cit., p. 1

El distrito portuario estadounidense de Houston-Galveston en Texas recientemente comenzó a exportar más petróleo crudo del que importó por primera vez en la historia. “Las exportaciones de petróleo crudo del distrito portuario de Houston-Galveston han aumentado desde que se levantaron las restricciones a las exportaciones de petróleo crudo de Estados Unidos a fines de 2015. En abril de 2018, las exportaciones de petróleo crudo de Houston-Galveston superaron las importaciones de petróleo crudo en 15,000 barriles por día como lo muestra la gráfica 1. En mayo de 2018, la diferencia entre las exportaciones e importaciones de petróleo crudo aumentó sustancialmente a 470,000 barriles por día”.⁴⁹

Como lo dice Rebecca George⁵⁰ las exportaciones totales de petróleo crudo de EE. UU. Aumentaron a un máximo histórico de 2 millones de barriles por día en mayo. En promedio desde mediados de 2017, el distrito portuario estadounidense de Houston-Galveston ha representado un poco más de la mitad del petróleo crudo exportado desde los Estados Unidos, y la participación aumentó a un récord del 70% en mayo como lo menciona Rebecca⁵¹. Y abarca varios puertos de entrada individuales de EE. UU. El distrito portuario de Houston-Galveston incluye el puerto de Houston y varios otros puertos a lo largo de la costa del golfo de Texas, desde Galveston hasta Corpus Christi.

Los esfuerzos en curso para expandir la infraestructura de exportación de petróleo crudo en los puertos de Houston y Corpus Christi han permitido aumentar los flujos de exportación. El único otro distrito portuario que ha visto volúmenes significativos de exportación de petróleo crudo recientemente es el distrito portuario estadounidense de Port Arthur, que incluye los puertos de Port Arthur, Sabine, Beaumont y Orange en Texas. Este distrito ha representado en promedio cerca de una cuarta parte de todas las exportaciones de petróleo crudo de EE. UU. Desde mediados de 2017. Sin embargo, a pesar de las mejoras en la infraestructura, la capacidad de exportación de petróleo crudo todavía está limitada en la costa del Golfo de EE. UU. como lo menciona Rebecca⁵². Ya que la mayoría de los puertos no pueden cargar buques de petróleo crudo más grandes.

El petróleo crudo se importa a muchos lugares en los Estados Unidos, pero la mayor parte del petróleo pasa por el medio oeste de EE. UU. o la costa del Golfo de EE. UU. como lo muestra la figura 4. “El distrito portuario estadounidense de Houston-Galveston representaba el 12% de las importaciones totales de petróleo crudo de EE. UU. A partir de mayo, solo superado por el distrito portuario estadounidense de Chicago, Illinois, con el 19%.”⁵³

⁴⁹ REBECCA, George. TODAY IN ENERGY. The port district of Houston-Galveston became a net exporter of crude oil in April. AUGUST 20, 2018.[Consultado el 3 de Noviembre]. Disponible en <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36932>

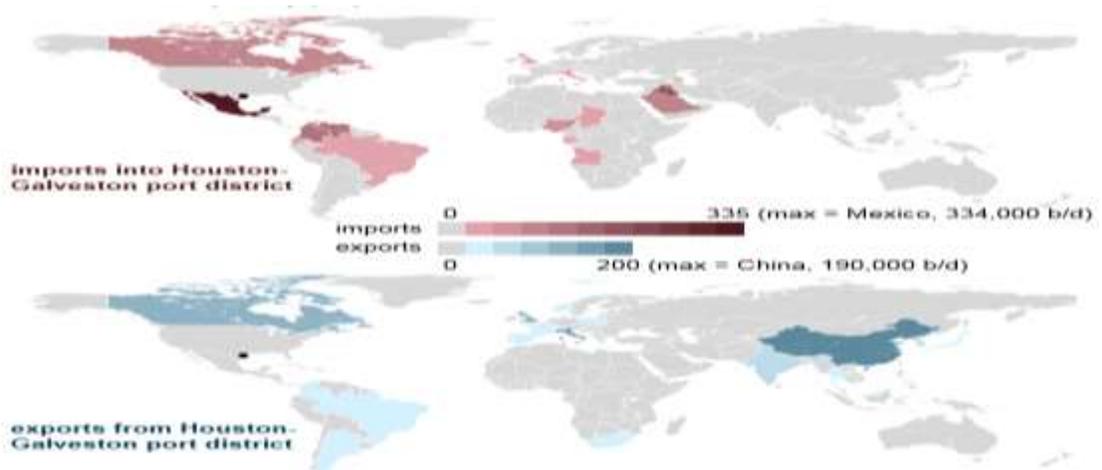
⁵⁰ Ibid., p. 3

⁵¹ Ibid., p. 3

⁵² REBECCA, George. Op. cit., p. 5

⁵³ Ibid., p. 5

Figura 4. Flujo Comercial de Petróleo en el Puerto de Galveston (Enero 2018-May 2018)



Fuente: Texas Port Profiles. 2017. Texas Department of Transportation “Port of Galveston”. [Consultado el 10 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/mrt/port-profiles.pdf>, página 14

“El petróleo crudo que se importa al distrito portuario de Houston-Galveston proviene principalmente de México, Sudamérica y Oriente Medio. Estas regiones generalmente producen y exportan grados más pesados de petróleo crudo a los Estados Unidos, y las refinerías en la costa del Golfo de EE. UU. Están mejor configuradas para procesar petróleo crudo más pesado. Los tipos de petróleo crudo que se exportan tienden a ser los grados más ligeros que se producen en los Estados Unidos y se envían principalmente a Europa y Asia”⁵⁴.

La mayoría de las exportaciones de petróleo crudo del distrito portuario de Houston-Galveston en 2018 se han enviado a China, Italia, Canadá y el Reino Unido. Como lo menciona el archivo de los perfiles de puertos de Texas⁵⁵ Canadá es uno de los pocos países que importó petróleo crudo y exportó petróleo crudo a ese distrito portuario en 2018. Hasta ahora, en 2018, el distrito portuario Houston-Galveston ha exportado alrededor de 30,000 b /d más de petróleo crudo en promedio a Canadá que importó del país.

3.4 PUERTO DE PASCAGOULA

La mayor parte del petróleo crudo procesado en la refinería Chevron Pascagoula proviene de fuentes extranjeras y llega en un buque cisterna. “El petróleo crudo es transportado al muelle de la refinería por buques cisterna marinos de 800 pies de largo administrados por Chevron Shipping Company. Las literas para los petroleros

⁵⁴ TEXAS DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. Texas Port Profiles. 2017. Texas Department of Transportation “Port of Galveston”. [Consultado el 10 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/mrt/port-profiles.pdf>, página 14

⁵⁵ Ibid., p. 27

marinos de petróleo crudo están situadas a lo largo de la terminal marina de la refinería, que se encuentra en Bayou Casotte adyacente a las instalaciones marinas del puerto de Pascagoula”.⁵⁶

En la terminal marina, la carga de petróleo crudo se descarga a través de tuberías a tanques de almacenamiento en la refinería. “La terminal marina también tiene literas para cargar productos refinados como lo muestra la figura 5. Alrededor del 65 por ciento de todos los productos de refinería salen de la refinería en barco o barcaza. Los operadores de muelles reciben barcos de lugares como México y Sudamérica. La refinería cuenta con un sistema de recuperación de vapor marino en la terminal marina para controlar los vapores de compuestos orgánicos volátiles que se generan durante la carga”⁵⁷. El sistema cumple con las regulaciones de la Ley de Aire Limpio para el control de las emisiones de los tanques que transportan petróleo y productos químicos a granel como lo menciona James⁵⁸. “Los tanques, algunos con capacidades de más de 390,000 barriles (16 millones de galones), almacenan el petróleo crudo, así como existencias intermedias, productos terminados y productos químicos”⁵⁹.

Como lo menciona el artículo de Chevron⁶⁰ los más de 300 tanques de la refinería tienen áreas de contención diseñadas para mantener sus capacidades en caso de ruptura del tanque. El sistema también desvía la escorrentía del agua de lluvia de esta área a las instalaciones de tratamiento de efluentes de la refinería para proteger las aguas locales.

Figura 5. Puerto de Pascagoula



Fuente: Crude Oil Transportation and Storage. CHEVRON.[Consultado el 9 de Noviembre de 2019]. Disponible en <https://pascagoula.chevron.com/our-businesses/crude-oil-transportation-and-storage>

⁵⁶ CHEVRON. Crude Oil Transportation and Storage. [Consultado el 9 de Noviembre de 2019]. Disponible en <https://pascagoula.chevron.com/our-businesses/crude-oil-transportation-and-storage>

⁵⁷ Ibid., p. 36

⁵⁸ DELAPP James, V. Anne Heard Pascagoula OCEAN DREDGED MATERIAL DISPOSAL SITE. SITE MANAGEMENT AND MONITORING PLAN. [Consultado el 23 de Noviembre de 2019]. Disponible en https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-02/documents/2016_pascagoula_smmp.pdf

⁵⁹ Ibid., p. 19

⁶⁰ CHEVRON. Op. cit., p. 6

3.5 PUERTO DE MARCUS HOOK

Como lo menciona el artículo de Energy Transfer⁶¹ la mayor parte del petróleo crudo procesado en las refinerías de Sunoco es crudo ligero y dulce. La refinería procesa los crudos suministrados por fuentes extranjeras. “Aproximadamente el 60 por ciento del suministro de petróleo crudo de Sunoco para sus refinerías de Filadelfia y Marcus Hook durante 2010 provino de Nigeria. La refinería también está procesando una pequeña cantidad de crudo Bakken”⁶².

Figura 6. Puerto de Marcus Hook



Fuente: Nick Malawskey . Devastated by loss of oil, Marcus Hook's fortunes rest on new buried treasure: gas. Jan 05, 2019. [Consultado el 15 de Octubre de 2019]. Tomado de https://www.pennlive.com/midstate/2015/08/blackbeard_then_oil_now_gas_fe.html

“Pew, y su rival Union Petroleum Company, necesitaban una forma de llevar petróleo desde Texas al noreste. En otras palabras, necesitaban un puerto. Ambas partes se establecieron en Marcus Hook, en ese momento una pequeña ciudad rodeada de campos de cultivo y bosques, y ambos compraron tierras a ambos lados del distrito recientemente incorporado. Pew adquirió un terreno de 80 acres que, irónicamente, había sido un parque de diversiones y comenzó a construir”⁶³. Como lo menciona Nick⁶⁴ el negocio prosperó, y en 1930 Sun Oil construyó un oleoducto desde Marcus Hook hacia el oeste, a través de la parte central del estado y hacia el oeste, para transportar rápidamente productos derivados del petróleo (es decir, combustible para calefacción doméstica) al mercado.

⁶¹ ENERGY TRANSFER. Marcus Hook Industrial Complex. [Consultado el 15 de Diciembre de 2019]. Disponible en https://cms.energytransfer.com/wp-content/uploads/2019/05/SP19-108415_MHICFactsSheetUpdated-2.pdf

⁶² Ibid., p. 25

⁶³ MALAWSKEY, Nick . Devastated by loss of oil, Marcus Hook's fortunes rest on new buried treasure: gas. Jan 05, 2019. [Consultado el 15 de Octubre de 2019]. Tomado de https://www.pennlive.com/midstate/2015/08/blackbeard_then_oil_now_gas_fe.html

⁶⁴ Ibid., p. 6

Durante los siguientes 80 años, la refinería continuó expandiéndose. En la década de 1960, los mineros tallaron cinco cavernas masivas en el granito, a unos 300 pies debajo de la refinería, capaces de almacenar dos millones de barriles de petróleo crudo. Los mineros y sus equipos fueron bajados, el granito, desgranado, perforado y excavado, fue arrastrado. Una desconcertante red de tuberías, compresores y tanques de almacenamiento fluye en todas las direcciones posibles a través del sitio. Cerca de las terminales del puerto, los tanques de almacenamiento gigantes se elevan sobre el suelo como lo muestra la figura 6. Tomados como una unidad, son capaces de contener cerca de 800,000 barriles de propano y etano. Las grúas flotan en lo alto mientras los contratistas del tamaño de hormigas construyen los tanques gigantes como lo menciona Nick Malawskey⁶⁵.

Según el artículo de Energy Transfer⁶⁶ en los muelles, The Atlantic Gas, se está cargando con propano a una velocidad de 2.500 barriles por hora. Sunoco Logistics está gastando aproximadamente \$ 2.5 mil millones en los proyectos de Mariner East, eliminando equipos viejos de refinerías de petróleo y reemplazándolos con las herramientas y maquinaria necesarias para almacenar, procesar y enviar miles de millones de galones de propano y etano. Cuando se completen las actualizaciones, la velocidad a la que se pueden cargar los barcos aumentará 10 veces. Al mismo tiempo, ha reutilizado el antiguo oleoducto Sun Oil para llevar propano desde la región de Marcellus Shale hacia el este. Un segundo oleoducto, Mariner East II, se encuentra actualmente en proceso de obtención de permisos, y Sunoco Logistics anunció a principios de este año que está considerando un tercero. La demanda, y el potencial, es tal que en Dinamarca la compañía Evergas está comprando a un precio de alrededor de \$ 1 mil millones una flota de ocho barcos nuevos, identificados como la "clase Dragón", dedicada a la operación Marcus Hook. Cada barco tiene más de 500 pies de largo y es capaz de transportar más de 27,000 metros cúbicos de gas petroquímico, los mayores transportadores de etano de su tipo en el mundo según el artículo de Energy Transfer⁶⁷

Los proyectos de Mariner East son grandes y pequeños en escala. Si bien conectarán la parte occidental del estado con el puerto de Marcus Hook, Sunoco Logistics solo utilizará una pequeña fracción del antiguo parque industrial que ahora es la refinería. Los trabajos que Marcus Hook perdió cuando el cierre de la refinería tampoco volverá en una ola. Sunoco Logistics dijo que solo planea emplear a unas 200 personas cuando la estación de propano y etano esté en pleno funcionamiento. En cambio, Sunoco Logistics está apostando a que puede atraer a otras compañías a la antigua refinería, que podría usar su propano y etano para crear otros productos. Parte del resto del sitio industrial ya está siendo arrendado a los inquilinos: una planta de energía de gas natural y un fabricante de plásticos. Cuatro cuadras al noreste, más allá de las casas e iglesias de Hook, la refinería de Monroe

⁶⁵ Malawskey. Op. cit., p. 9

⁶⁶ Energy Transfer. Op. cit., p. 6

⁶⁷ Ibid., p. 6

Energy también está ocupada. Al mismo tiempo que Sunoco Logistics estaba comprando la refinería de Sunoco, Monroe estaba comprando la vieja planta ConocoPhillips en la misma calle como lo menciona Malawskey⁶⁸. Como parte del proyecto Mariner East, el Complejo Industrial Marcus Hook revitalizará la antigua refinería en un centro mundial de líquidos de gas natural. “Para lograr esto, nuestras instalaciones han construido nuevas unidades de procesamiento, que incluyen un divisor de etano / propano y almacenamiento refrigerado y de etano y propano. Como parte de su proceso de evolución y mejoramiento han construido seis tanques que almacenan aproximadamente 3 millones de barriles de propano, etano y butano para soportar sistemas de tuberías, además de la capacidad de almacenamiento existente de 2 millones de barriles en cavernas subterráneas”⁶⁹.

⁶⁸ Malawskey. Op. cit., p. 5

⁶⁹ Energy Transfer. Op. cit., p. 1

4. DISTINTAS MODALIDADES DE ALMACENAMIENTO DE PETROLEO

Como lo menciona April Weber⁷⁰ el petróleo crudo, el gas, el GNL y el GLP, los aditivos de procesamiento, los productos químicos y los productos derivados del petróleo se almacenan en tanques de almacenamiento a presión atmosféricos y subterráneos y subterráneos. Los tanques de almacenamiento se encuentran en los extremos de las líneas de alimentación y las líneas de recolección, a lo largo de las tuberías de camiones, en las instalaciones de carga y descarga marítimas y en refinerías, terminales y plantas a granel. Esta sección cubre tanques de almacenamiento atmosférico en superficie en refinerías, granjas de tanques terminales y de plantas a granel

4.1 TERMINALES Y PLANTAS A GRANEL

“Las terminales son instalaciones de almacenamiento que generalmente reciben petróleo crudo y productos derivados del petróleo por tuberías troncales o embarcaciones marinas. Las terminales almacenan y redistribuyen el petróleo crudo y los productos derivados del petróleo a las refinerías, otras terminales, plantas a granel, estaciones de servicio y consumidores por tuberías, embarcaciones marinas, vagones cisterna y camiones cisterna”⁷¹. Las terminales pueden ser propiedad y operadas por compañías petroleras, compañías de tuberías, operadores de terminales independientes, grandes consumidores industriales o comerciales o distribuidores de productos derivados del petróleo.

Como se ve en la figura 7 las plantas a granel suelen ser más pequeñas que las terminales y, por lo general, reciben productos del petróleo en vagones cisterna o camiones cisterna, normalmente desde las terminales, pero en ocasiones directamente desde las refinerías. “Las plantas a granel almacenan y redistribuyen productos a estaciones de servicio y consumidores en camiones cisterna o vagones cisterna”⁷². Las plantas a granel pueden ser operadas por compañías petroleras, distribuidores o propietarios independientes.

⁷⁰ WEBER, April. Storage and Transportation of Crude Oil, Natural Gases, Liquid Petroleum Products and Other Chemicals. 04 April 2011.[Consultado el 14 de Noviembre de 2019]. Disponible en : <https://iloencyclopaedia.org/component/k2/176-storage/storage-and-transportation-of-crude-oil-natural-gases-liquid-petroleum-products-and-other-chemicals>

⁷¹ Ibid., p. 4

⁷² FULLENBAUM, Richard. Oil & Natural Gas Transportation & Storage Infrastructure: Status, Trends, & Economic Benefits. American Petroleum Institute. 2013. [Consultado el 14 de Noviembre de 2019]. Disponible en <https://www.api.org/~media/Files/Policy/SOAE-2014/API-Infrastructure-Investment-Study.pdf>

Figura 7. Terminales y plantas a granel



Fuente: April Weber. Storage and Transportation of Crude Oil, Natural Gases, Liquid Petroleum Products and Other Chemicals. 04 April 2011. [Consultado el 14 de Noviembre de 2019]. Disponible en: <https://iloencyclopaedia.org/component/k2/176-storage/storage-and-transportation-of-crude-oil-natural-gases-liquid-petroleum-products-and-other-chemicals>

4.2 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Como lo menciona Weber⁷³ hay varios tipos diferentes de tanques verticales y horizontales de almacenamiento atmosférico y a presión sobre el suelo en granjas de tanques como se ve en la figura 8, que contienen petróleo crudo, materias primas de petróleo, existencias intermedias o productos derivados del petróleo. Su tamaño, forma, diseño, configuración y operación dependen de la cantidad y el tipo de productos almacenados y los requisitos regulatorios o de la compañía. Los tanques verticales sobre el suelo pueden estar provistos de doble fondo para evitar fugas en el suelo y protección catódica para minimizar la corrosión. Los tanques horizontales pueden construirse con paredes dobles o colocarse en bóvedas para contener cualquier fuga.

⁷³ WEBER. Op. cit., p. 4

Figura 8. Tanques de Almacenamiento de Petróleo



Fuente: Almacenamiento de petróleo. [Consultado el 4 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://www.muchapasta.com/b/var/almacenamiento%20petroleo.php>

4.2.1 Tanques atmosféricos de techo cónico. Como lo menciona Fullenbaum⁷⁴ los tanques de techo de cono son recipientes atmosféricos cilíndricos, cubiertos, horizontales o verticales, cubiertos. Los tanques de techo de cono tienen escaleras externas o escaleras y plataformas como lo muestra la figura 9, y un techo débil para unir las costuras, respiraderos, imanes o salidas de desbordamiento; pueden tener accesorios tales como tubos de medición, tuberías y cámaras de espuma, sistemas de detección y señalización de desbordamiento, sistemas de medición automáticos, etc.

“Cuando el petróleo crudo volátil y los productos de petróleo líquidos inflamables se almacenan en tanques de techo de cono, existe la posibilidad de que el espacio de vapor esté dentro del rango inflamable. Aunque el espacio entre la parte superior del producto y el techo del tanque es normalmente rico en vapor, puede producirse una atmósfera en el rango inflamable cuando el producto se coloca por primera vez en un tanque vacío o cuando el aire ingresa al tanque a través de respiraderos o válvulas de presión / vacío cuando el producto se retira y cuando el tanque respira

⁷⁴ FULLENBAUM. Op. cit., p. 14

durante los cambios de temperatura. Los tanques de techo de cono pueden conectarse a sistemas de recuperación de vapor⁷⁵.

Los tanques de conservación son un tipo de tanque de techo cónico con una sección superior e inferior separadas por una membrana flexible diseñada para contener cualquier vapor producido cuando el producto se calienta y se expande debido a la exposición a la luz solar durante el día y para devolver el vapor al tanque cuando se condensa a medida que el tanque se enfría por la noche como lo menciona Fullenbaum⁷⁶. Los tanques de conservación se usan típicamente para almacenar gasolina de aviación y productos similares.

Figura 9. Tanques Atmosféricos de Techo Cónico



Fuente: laindustriasite. 4 tipos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos que existen en la industria. [Consultado el 10 de Enero de 2020]. Disponible en: <https://laindustriasite.wordpress.com/2017/01/10/conoce-los-4-tipos-de-tanques-de-almacenamiento-de-hidrocarburos-que-existe-en-la-industria/>

4.2.2 Tanques atmosféricos de techo flotante. Como lo menciona Weber⁷⁷ los tanques de techo flotante son recipientes atmosféricos cilíndricos cubiertos, verticales, abiertos o cubiertos que están equipados con techos flotantes. El propósito principal del techo flotante es minimizar el espacio de vapor entre la parte

⁷⁵ Ibid., p. 14

⁷⁶ FULLENBAUM. Op. cit., p. 14

⁷⁷ WEBER. Op. cit., p. 15

superior del producto y la parte inferior del techo flotante para que siempre sea rico en vapor, evitando así la posibilidad de una mezcla de vapor-aire en el rango inflamable. Todos los tanques de techo flotante tienen escaleras externas o escaleras y plataformas, escaleras ajustables o escaleras para acceder al techo flotante desde la plataforma, y pueden tener accesorios tales como derivaciones que unen eléctricamente el techo a la carcasa, tubos de medición, tuberías de espuma y cámaras, sistemas de detección y señalización de desbordamiento, sistemas automáticos de medición, etc.

Los techos flotantes están provistos de patas que pueden colocarse en posiciones altas o bajas según el tipo de operación. Las piernas se mantienen normalmente en la posición baja para que la mayor cantidad posible de producto se pueda retirar del tanque sin crear un espacio de vapor entre la parte superior del producto y la parte inferior del techo flotante. “A medida que los tanques se ponen fuera de servicio antes de la entrada para inspección, mantenimiento, reparación o limpieza, es necesario ajustar las patas del techo en la posición alta para dejar espacio para trabajar debajo del techo una vez que el tanque esté vacío. Cuando el tanque regresa al servicio, las patas se reajustan a la posición baja después de que se llena con el producto”⁷⁸.

Los tanques de almacenamiento de techo flotante sobre el suelo se clasifican además como tanques de techo flotante externo, tanques de techo flotante interno o tanques de techo flotante externo cubierto. Según Weber⁷⁹ los tanques de techo flotante externo son aquellos con cubiertas flotantes instaladas en tanques de almacenamiento con techo abierto. Los techos flotantes externos generalmente están contruidos de acero y provistos de pontones u otros medios de flotación. “Están equipados con desagües del techo para eliminar el agua, botas o sellos para evitar la liberación de vapor y escaleras ajustables para alcanzar el techo desde la parte superior del tanque, independientemente de su posición. También pueden tener sellos secundarios para minimizar la liberación de vapor a la atmósfera, protectores climáticos para proteger los sellos y presas de espuma para contener espuma en el área del sello en caso de incendio o fuga del sello”⁸⁰. La entrada a los techos flotantes externos para la medición, el mantenimiento u otras actividades puede considerarse una entrada en espacios confinados, dependiendo del nivel del techo debajo de la parte superior del tanque, los productos contenidos en el tanque y las regulaciones gubernamentales y la política de la compañía como lo menciona Weber⁸¹.

⁷⁸ WEBER. Op. cit., p. 16

⁷⁹ Ibid., p. 17.

⁸⁰ Ibid., p. 17

⁸¹ Ibid., p. 17

Según Weber⁸² los tanques internos de techo flotante generalmente son tanques de techo cónico que se han convertido mediante la instalación de plataformas flotantes, balsas o cubiertas flotantes internas dentro del tanque. Los techos flotantes internos generalmente están contruidos con varios tipos de láminas de metal, aluminio, plástico o espuma expandida de plástico recubierta de metal, y su construcción puede ser del tipo pontón o cacerola, material flotante sólido o una combinación de estos. Los techos flotantes internos están provistos de sellos perimetrales para evitar que el vapor se escape en la parte del tanque entre la parte superior del techo flotante y el techo exterior. “Las válvulas o respiraderos de presión / vacío generalmente se proporcionan en la parte superior del tanque para controlar los vapores de hidrocarburos que pueden acumularse en el espacio sobre el flotador interno. Los tanques internos de techo flotante tienen escaleras instaladas para acceder desde el techo cónico al techo flotante”⁸³.

Como lo menciona Weber⁸⁴ los tanques de techo flotante cubiertos son básicamente tanques de techo flotante externos que se han adaptado con una cúpula geodésica, una capa de nieve o cubierta o techo semi-fijo similar para que el techo flotante ya no esté abierto a la atmósfera. Los tanques de techo flotante externo cubierto recientemente contruidos pueden incorporar techos flotantes típicos diseñados para tanques de techo flotante internos. “La entrada a los techos flotantes externos cubiertos para la medición, el mantenimiento u otras actividades se puede considerar la entrada a espacios confinados, dependiendo de la construcción de la cúpula o cubierta, el nivel del techo debajo de la parte superior del tanque, los productos contenidos en el tanque y regulaciones gubernamentales y políticas de la compañía”⁸⁵.

4.3 TUBERÍA Y RECIBOS MARINOS

Una preocupación importante de seguridad, calidad del producto y medioambiente en las instalaciones de almacenamiento de tanques es evitar la mezcla de productos y el llenado excesivo de tanques mediante el desarrollo e implementación de procedimientos operativos y prácticas de trabajo seguros como lo menciona Weber⁸⁶. La operación segura de los tanques de almacenamiento depende de recibir el producto en los tanques dentro de su capacidad definida designando los tanques de recepción antes de la entrega, midiendo los tanques para determinar la capacidad disponible y asegurando que las válvulas estén alineadas correctamente y que solo se abra la entrada del tanque de recepción, por lo que la cantidad de producto se entrega en el tanque asignado. Los desagües en las áreas de diques que rodean los tanques que reciben el producto normalmente deben mantenerse

⁸² Ibid., p. 17

⁸³ ⁸³ WEBER. Op. cit., p. 17

⁸⁴ Ibid., p. 18

⁸⁵ Ibid., p. 18

⁸⁶ Ibid., p. 18

cerrados durante la recepción en caso de que se produzca un sobrellenado o derrame. La protección y prevención de sobrellenado se puede lograr mediante una variedad de prácticas de operación seguras⁸⁷.

4.3.1 Medición y muestreo de tanques. Las instalaciones de almacenamiento en tanques deben establecer procedimientos y prácticas de trabajo seguras para medir y tomar muestras de petróleo crudo y productos derivados del petróleo que tengan en cuenta los riesgos potenciales involucrados con cada producto almacenado y cada tipo de tanque en la instalación. Aunque la medición de tanques a menudo se realiza utilizando dispositivos mecánicos o electrónicos automáticos, la medición manual debe realizarse a intervalos programados para asegurar la precisión de los sistemas automáticos como lo menciona William⁸⁸.

Las operaciones manuales de medición y muestreo generalmente requieren que el operador suba a la parte superior del tanque. Al medir los tanques de techo flotante, el operador debe descender sobre el techo flotante a menos que el tanque esté equipado con tubos de medición y muestreo que sean accesibles desde la plataforma. “Con tanques de techo de cono, el medidor debe abrir una escotilla de techo para bajar el medidor en el tanque. Los medidores deben tener en cuenta los requisitos de entrada a espacios confinados y los peligros potenciales al ingresar a techos flotantes cubiertos o hacia abajo sobre techos flotantes de techo abierto que están por debajo de los niveles de altura establecidos. Esto puede requerir el uso de dispositivos de monitoreo, como detectores de oxígeno, gas combustible y sulfuro de hidrógeno y equipos de protección personal y respiratoria”⁸⁹.

“Las temperaturas del producto y las muestras se pueden tomar al mismo tiempo que se realiza la medición manual. Las temperaturas también se pueden registrar automáticamente y las muestras se obtienen de las conexiones de muestra incorporadas. La medición manual y el muestreo deben restringirse mientras los tanques reciben el producto. Después de completar el recibo, se debe requerir un período de relajación de 30 minutos a 4 horas, según el producto y la política de la compañía, para permitir que se disipe cualquier acumulación electrostática antes de realizar un muestreo o medición manual”⁹⁰. Algunas compañías requieren que las comunicaciones o el contacto visual se establezcan y mantengan entre los medidores y otro personal de la instalación al descender sobre techos flotantes. La entrada a los techos de los tanques o plataformas para medir, tomar muestras u

⁸⁷ FULLENBAUM. Op. cit., p. 7

⁸⁸ ROOF, William. E. (1987, January 1). Oil Storage (1987 PEH Chapter 11). Society of Petroleum Engineers. [Consultado el 21 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.onepetro.org/book/peh/spe-1987-11>
peh?sort=&start=0&q=oil+storage+&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

⁸⁹ Ibid., p.8

⁹⁰ FULLENBAUM. Op. cit., p. 7

otras actividades debe restringirse durante las tormentas eléctricas como lo menciona Willian⁹¹.

4.4 TANQUE DE VENTILACIÓN Y LIMPIEZA

Los tanques de almacenamiento se ponen fuera de servicio para inspección, prueba, mantenimiento, reparación, reacondicionamiento y limpieza de tanques según sea necesario o a intervalos regulares dependiendo de las regulaciones gubernamentales, la política de la compañía y los requisitos de servicio operativo. Aunque la ventilación, la limpieza y la entrada del tanque es una operación potencialmente peligrosa, este trabajo se puede realizar sin incidentes, siempre que se establezcan los procedimientos adecuados y se sigan prácticas de trabajo seguras según Sahem⁹². Sin tales precauciones, pueden producirse lesiones o daños por explosiones, incendios, falta de oxígeno, exposiciones tóxicas y riesgos físicos.

4.4.1 Preparaciones preliminares. Como lo menciona Sahem⁹³ se requieren varios preparativos preliminares después de que se ha decidido que un tanque debe estar fuera de servicio para inspección, mantenimiento o limpieza. Estos incluyen: programar alternativas de almacenamiento y suministro; revisar el historial del tanque para determinar si alguna vez ha contenido producto con plomo o si previamente se limpió y se certificó sin plomo; determinar la cantidad y el tipo de productos contenidos y la cantidad de residuos que quedarán en el tanque; inspeccionar el exterior del tanque, el área circundante y el equipo que se utilizará para retirar el producto, liberar vapor y limpiarlo; asegurar que el personal esté capacitado, calificado y familiarizado con los permisos de instalación y los procedimientos de seguridad; asignar responsabilidades de trabajo de acuerdo con los requisitos de entrada a espacios confinados y permisos de trabajo en caliente y seguro de la instalación.

4.4.2 Control de fuentes de ignición. Después de retirar todo el producto disponible del tanque a través de tuberías fijas, y antes de que se abra el agua o se abran las líneas de muestra, todas las fuentes de ignición deben eliminarse del área circundante hasta que el tanque se declare libre de vapor. “Las carretillas de vacío, los compresores, las bombas y otros equipos que funcionan con motor o electricidad deben ubicarse en la dirección del viento, encima o fuera del área del dique o, si está dentro del área del dique, al menos a 20 m del tanque o de cualquier otra fuente

⁹¹ ROOF, Willian. Op. cit., p. 5

⁹² SAHEM Bin, M. A., & Al Zaabi, M. A. (2012, January 1). High Precision Monitoring of Crude Oil Storage. Society of Petroleum Engineers. [Consultado el 2 de Diciembre de 2019]. Disponible en: https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-161701-MS?sort=&start=0&q=oil+storage+&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&from_SearchResults=true&to_year=&rows=25#

⁹³ Ibid., p. 13

de vapores inflamables Las actividades de preparación, ventilación y limpieza del tanque deben cesar durante las tormentas eléctricas”⁹⁴.

4.4.3 Eliminar residuos. El siguiente paso es eliminar la mayor cantidad posible de producto o residuo en el tanque a través de la tubería y las conexiones de extracción de agua. Se puede emitir un permiso de trabajo seguro para este trabajo. Se puede inyectar agua o combustible destilado en el tanque a través de conexiones fijas para ayudar a que el producto flote fuera del tanque como lo menciona Sahem⁹⁵. Los residuos retirados de los tanques que han contenido crudo agrio deben mantenerse húmedos hasta su eliminación para evitar la combustión espontánea.

4.4.4 Aislando el tanque. Como lo menciona Sahem⁹⁶ después de que todo el producto disponible se haya eliminado a través de tuberías fijas, todas las tuberías conectadas al tanque, incluidas las líneas de productos, las líneas de recuperación de vapor, las tuberías de espuma, las líneas de muestra, etc., deben desconectarse cerrando las válvulas más cercanas al tanque e insertando persianas en las líneas en el lado del tanque de la válvula para evitar que los vapores entren al tanque desde las líneas. La porción de tubería entre las persianas y el tanque debe drenarse y enjuagarse. Las válvulas fuera del área del dique deben estar cerradas y bloqueadas o etiquetadas. Las bombas de tanque, los mezcladores internos, los sistemas de protección catódica, los sistemas electrónicos de medición y detección de nivel, etc., deben desconectarse, desenergizarse, bloquearse o etiquetarse.

4.4.5 Liberación de vapor. Según Sahem⁹⁷ se deben realizar pruebas de vapor intermitentes o continuas y trabajar en el área restringida durante la ventilación del tanque. La ventilación natural, a través de la apertura del tanque a la atmósfera, generalmente no se prefiere, ya que no es tan rápida ni segura como la ventilación forzada. Existen varios métodos para ventilar mecánicamente un tanque, dependiendo de su tamaño, construcción, condición y configuración interna. “En un método, los tanques de techo cónico pueden liberarse de vapor colocando un eductor (un ventilador portátil) en una escotilla en la parte superior del tanque, comenzando lentamente mientras se abre una escotilla en el fondo del tanque y luego colocándolo en alto velocidad para extraer aire y vapores a través del tanque”⁹⁸.

Se debe emitir un permiso de trabajo seguro o en caliente que cubra las actividades de ventilación. Todos los sopladores y eductores deben estar unidos de manera segura a la carcasa del tanque para evitar la ignición electrostática. Como lo

⁹⁴ Ibid., p. 13

⁹⁵ Ibid., p. 13

⁹⁶ SAHEM. Op. cit., p. 13

⁹⁷ Ibid., p. 13

⁹⁸ Ibid., p. 14

menciona Sahem⁹⁹ por razones de seguridad, los sopladores y e ductores deben ser operados preferiblemente por aire comprimido; sin embargo, se han utilizado motores eléctricos o de vapor a prueba de explosión. Los tanques internos de techo flotante pueden necesitar que las partes superiores e inferiores del techo flotante se ventilen por separado. Si los vapores se descargan desde una escotilla inferior, se necesita un tubo vertical al menos 4 m sobre el nivel del suelo y no más bajo que la pared del dique circundante para evitar que los vapores se acumulen a niveles bajos o lleguen a una fuente de ignición antes de disiparse. Si es necesario, los vapores pueden dirigirse al sistema de recuperación de vapor de la instalación.

4.4.6 Ingreso inicial, inspección y certificación. Se puede obtener una indicación del progreso realizado en la liberación de vapor del tanque al monitorear los vapores en el punto de educación durante la ventilación. Una vez que parece que el nivel de vapor inflamable está por debajo del establecido por las agencias reguladoras o la política de la compañía, se puede ingresar al tanque para fines de inspección y prueba. El participante debe usar protección respiratoria personal y con suministro de aire apropiado; Después de probar la atmósfera en la escotilla y obtener un permiso de entrada, el trabajador puede ingresar al tanque para continuar con las pruebas y la inspección. Se deben realizar verificaciones para detectar obstrucciones, caída de techos, soportes débiles, agujeros en el piso y otros peligros físicos durante la inspección como lo menciona Weber¹⁰⁰.

4.5 LIMPIEZA, MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN.

A medida que la ventilación continúa y los niveles de vapor en el tanque bajan, se pueden emitir permisos que permitan la entrada de los trabajadores con el equipo personal y respiratorio adecuado, si es necesario, para comenzar a limpiar el tanque. El monitoreo de oxígeno, vapores inflamables y atmósferas tóxicas debe continuar, y si los niveles dentro del tanque superan los establecidos para la entrada, el permiso debe expirar automáticamente y los entrantes deben abandonar el tanque inmediatamente hasta que se alcance nuevamente el nivel seguro y se vuelva a emitir el permiso. La ventilación debe continuar durante las operaciones de limpieza siempre que quede algún residuo o lodo en el tanque. Solo se debe usar iluminación de bajo voltaje o linternas aprobadas durante la inspección y limpieza como lo menciona Pepper¹⁰¹.

⁹⁹ Ibid., p.14

¹⁰⁰ WEBER. Op. cit., p. 17

¹⁰¹ PEPPER, J. E., & Clark, D. F. (1979, January 1). The Corrosion, Cleaning, Inspection And Repair Of Storage Tanks In Crude Oil Service. Society of Petroleum Engineers.[Consultado el 20 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-7760-MS>.

Como lo menciona el artículo del Steel Tank Institute¹⁰² después de que los tanques se hayan limpiado y secado, se debe realizar una inspección y prueba final antes de comenzar el trabajo de mantenimiento, reparación o reacondicionamiento. Se necesita una inspección cuidadosa de sumideros, pozos, placas de piso, pontones de techo flotante, soportes y columnas para asegurar que no se hayan desarrollado fugas que permitan que el producto ingrese a estos espacios o se filtre debajo del piso. Los espacios entre los sellos de espuma y los protectores climáticos o la contención secundaria también deben inspeccionarse y probarse para detectar vapores. “Si el tanque ha contenido previamente gasolina con plomo, o si no hay un historial del tanque disponible, se debe realizar una prueba de plomo en el aire y el tanque debe estar certificado sin plomo antes de permitir que los trabajadores entren sin equipo respiratorio con suministro de aire”¹⁰³.

“Se debe emitir un permiso de trabajo en caliente que cubra trabajos de soldadura, corte y otros trabajos en caliente, y un permiso de trabajo seguro emitido para cubrir otras actividades de reparación y mantenimiento. La soldadura o el trabajo en caliente pueden crear humos tóxicos o nocivos dentro del tanque, lo que requiere monitoreo, protección respiratoria y ventilación continua”¹⁰⁴. Cuando los tanques se deben adaptar con doble fondo o techos internos flotantes, a menudo se corta un gran agujero en el costado del tanque para proporcionar acceso sin restricciones y evitar la necesidad de permisos de entrada a espacios confinados.

4.5.1 Devolviendo el tanque al servicio. En preparación para volver al servicio una vez finalizada la limpieza, inspección, mantenimiento o reparación del tanque, las escotillas se cierran, se quitan todas las persianas y la tubería se vuelve a conectar al tanque. Las válvulas se desbloquean, abren y alinean, y los dispositivos mecánicos y eléctricos se reactivan. Muchas agencias y compañías gubernamentales requieren que los tanques se prueben hidrostáticamente para asegurar que no haya fugas antes de que vuelvan a funcionar. Dado que se requiere una cantidad considerable de agua para obtener la presión necesaria para una prueba precisa, a menudo se usa un fondo de agua cubierto con combustible diesel. Al finalizar la prueba, el tanque se vacía y se prepara para recibir el producto. Una vez completado el recibo y transcurrido un tiempo de relajación, las patas de los tanques de techo flotante se restablecen en la posición baja según Roof¹⁰⁵.

4.5.2 Protección contra incendios y prevención. Siempre que haya hidrocarburos presentes en contenedores cerrados, como tanques de almacenamiento en refinerías, terminales y plantas a granel, existe la posibilidad de liberación de líquidos y vapores. Estos vapores podrían mezclarse con el aire en el

¹⁰² STORAGE TANK MAINTENANCE R-111. Steel Tank Institute. July 2011. [Consultado el 20 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <file:///C:/Users/Fam%20Caro%20Alba/Downloads/Tank%20Maintenance.pdf>

¹⁰³ Ibid., p. 25

¹⁰⁴ PEPPER. Op. cit., p. 81

¹⁰⁵ ROOF, Op. cit., p. 12

rango inflamable y, si están sujetos a una fuente de ignición, causar una explosión o un incendio. Independientemente de la capacidad de los sistemas de protección contra incendios y del personal en las instalaciones, la clave para la protección contra incendios es la prevención de incendios. “Se debe evitar que los derrames y las descargas ingresen a alcantarillas y sistemas de drenaje. Los derrames pequeños deben cubrirse con mantas húmedas y los derrames más grandes con espuma, para evitar que los vapores escapen y se mezclen con el aire. Las fuentes de ignición en áreas donde pueden estar presentes vapores de hidrocarburos deben eliminarse o controlarse”¹⁰⁶.

Como lo menciona Pepper¹⁰⁷ el establecimiento y la implementación de procedimientos y prácticas de trabajo seguro, como los sistemas de permisos de trabajo en caliente y seguro (frío), los programas de clasificación eléctrica, los programas de bloqueo / etiquetado y la capacitación y educación de empleados y contratistas son fundamentales para prevenir incendios. Las instalaciones deben desarrollar procedimientos de emergencia planificados previamente, y los empleados deben conocer sus responsabilidades para informar y responder a incendios y evacuaciones.

Los incendios de hidrocarburos se controlan mediante uno o una combinación de métodos, según Pepper¹⁰⁸ encontramos los siguientes métodos:

- Retirar combustible. Uno de los mejores y más fáciles métodos para controlar y extinguir un incendio de hidrocarburos es cerrar la fuente de combustible cerrando una válvula, desviando el flujo del producto o, si está involucrada una pequeña cantidad de producto, controlando las exposiciones mientras permite que el producto se queme. La espuma también se puede usar para cubrir derrames de hidrocarburos para evitar que se emitan vapores y se mezclen con el aire.
- Eliminando oxígeno. Otro método es cerrar el suministro de aire u oxígeno sofocando los incendios con espuma o niebla de agua, o usando dióxido de carbono o nitrógeno para desplazar el aire en espacios cerrados.
- Enfriamiento. Se puede usar niebla de agua, neblina o rocío y dióxido de carbono para extinguir ciertos incendios de productos derivados del petróleo enfriando la temperatura del fuego por debajo de la temperatura de ignición del producto y evitando que se formen vapores y se mezclen con el aire.

¹⁰⁶ NOONE, A. R. 1951. Standard Storage Tanks. World Petroleum Congress. [Consultado el 23 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.onepetro.org/conference-paper/WPC>

¹⁰⁷ PEPPER. Op. cit., p. 82

¹⁰⁸ PEPPER. Op. cit., p. 82

- Interrupción de la combustión. Las sustancias químicas como los polvos secos y el halón extinguen los incendios al interrumpir la reacción química del fuego.

4.6 PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Los operadores de terminales y los empleados deben conocer y cumplir con las regulaciones gubernamentales y las políticas de la compañía que cubren la protección ambiental de las aguas subterráneas y superficiales, el suelo y el aire contra la contaminación por líquidos y vapores de petróleo, y para el manejo y la eliminación de desechos peligrosos como lo menciona Traynor¹⁰⁹.

“La prevención de la contaminación del aire incluye minimizar las emisiones de vapores de las válvulas y los respiraderos. Las unidades de recuperación de vapor recogen los vapores de los estantes de carga y los muelles marinos, incluso cuando los tanques se ventilan antes de la entrada. Estos vapores se procesan y se devuelven al almacenamiento como líquidos o se queman”¹¹⁰.

Derrames en tierra y agua. Las agencias y compañías gubernamentales pueden exigir que las instalaciones de almacenamiento de petróleo tengan planes de control de prevención de derrames y contramedidas, y que el personal esté capacitado y sea consciente de los peligros potenciales, las notificaciones que deben realizarse y las acciones a tomar en caso de un derrame o escape. Según Trainor¹¹¹ Además de manejar los derrames dentro de las instalaciones de la terminal, el personal a menudo está capacitado y equipado para responder a emergencias fuera del sitio, como el vuelco de un camión cisterna. Alcantarillado y residuos peligrosos. Se puede requerir que las terminales cumplan con los requisitos reglamentarios y obtengan permisos para la descarga de aguas residuales y desechos oleosos a obras de tratamiento públicas o privadas. “Pueden aplicarse diversos requisitos gubernamentales y procedimientos de la empresa al almacenamiento y manejo in situ de desechos peligrosos, como el aislamiento de asbesto, los residuos de limpieza de tanques y los productos contaminados. Los trabajadores deben estar capacitados en esta actividad y ser conscientes de los peligros potenciales de las exposiciones que podrían ocurrir”¹¹².

Como lo menciona Trainor¹¹³ las empresas utilizan el almacenamiento de petróleo como una herramienta estratégica para aumentar los rendimientos en el mercado

¹⁰⁹ TRAINOR, Tony. Safety and environmental standards for fuel storage sites. Process Safety Leadership Group Final report. HSE. [consultado el 27 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.hse.gov.uk/comah/buncefield/fuel-storage-sites.pdf>

¹¹⁰ WEBER. Op. cit., p. 9

¹¹¹ TRAINOR. Op. cit., p. 82

¹¹² Ibid., p. 82

¹¹³ Ibid., p. 83

global. Las empresas pueden comprar petróleo a precios bajos y esperar hasta que los precios suban antes de vender. Un "contango" es una condición en el mercado petrolero donde se espera que las personas estén dispuestas a pagar más en el futuro que al precio actual. Cuando esto sucede, el diferencial de precios puede hacer que sea rentable comprar y almacenar petróleo durante un período de tiempo determinado antes de vender a un precio más alto. Esta es una estrategia comercial de alto riesgo que implica apostar con el precio mundial del petróleo en constante cambio.

“A nivel nacional, los gobiernos utilizan tanques de almacenamiento para aumentar la seguridad energética. En el contexto de la preocupación mundial por el "pico de petróleo" y la disminución de las reservas de petróleo crudo, los tanques de almacenamiento representan una oportunidad estratégica única. Un ejemplo es China, que, en 2013, surgió como el segundo mayor consumidor de petróleo crudo con planes para construir 245 millones de barriles adicionales de capacidad de almacenamiento de petróleo”¹¹⁴. Dado que se espera que el desarrollo aumente, China está utilizando el almacenamiento como un medio de almacenamiento de petróleo en preparación para las interrupciones del suministro, un problema importante para el país ya que la mitad del consumo total proviene de las importaciones como lo menciona Trainor¹¹⁵.

A pesar de los avances tecnológicos, siguen existiendo importantes problemas de salud, seguridad y medio ambiente. Los tanques de almacenamiento de petróleo tienen el potencial de filtrar petróleo crudo en el suelo y el agua. Una fuga en el peor de los casos podría desencadenar una explosión si se enciende el aceite. En los depósitos de petróleo, la amenaza de ignición se intensifica. Para evitar accidentes, los tanques de almacenamiento de petróleo pueden construirse horizontalmente con paredes dobles o verticalmente con fondos dobles como lo menciona Pepper.¹¹⁶

¹¹⁴ Ibid., p. 83

¹¹⁵ PEPPER. Op. cit., p. 45

¹¹⁶ Ibid., p. 45

5. PROPIEDADES DEL TRANSPORTE DE PETROLEO

El petróleo, debido a su amplia distribución en nuestro mundo, y al transporte marítimo, que navega por los mares que cubren cinco octavos de la superficie del mundo, son ambas industrias verdaderamente internacionales según la opinión de Rainauth¹¹⁷. Estas cualidades se hacen más evidentes a medida que las crecientes poblaciones de creciente desarrollo social crean nuevas demandas de energía. Por lo tanto, es de creciente importancia internacional que hagamos el mejor uso posible de las instalaciones de transporte. La tecnología marina puede contribuir de dos maneras; primero, trabajando para minimizar los costos de transporte. La industria intermedia recolecta y transporta petróleo crudo, gas natural, productos refinados de petróleo y lodos. Las empresas de esta industria proporcionan el vínculo vital entre productores y refinerías. Esto significa mover petróleo y gas a través de kilómetros y kilómetros de tuberías a usuarios finales industriales, comerciales y residenciales como lo menciona Rajnauth¹¹⁸.

Si bien hay varias opciones de transporte para el petróleo, la decisión de qué método usar generalmente se reduce al costo y la ubicación. El transporte a corta distancia generalmente se realiza mediante tuberías de alimentación o distribución y, en algunos casos, camiones. Cuando las rutas terrestres no están disponibles, los petroleros son la única opción para entregar petróleo al mercado. Como lo menciona Rainauth¹¹⁹, el transporte a corta distancia se puede lograr usando ferrocarril, camiones o tuberías. Los camiones son menos eficientes que otros métodos, pero su ventaja particular es que proporcionan un viaje directo desde el origen hasta el destino. El transporte directo también es un beneficio de las tuberías y los petroleros. En contraste, los vagones de ferrocarril deben ser separados y procesados en las estaciones. Además, pueden requerir saltar a través de múltiples rutas, haciendo que el proceso sea más complejo desde un punto de vista administrativo.

En el futuro cercano, se puede esperar que estos métodos de transporte se sigan utilizando, a menos que se encuentre un método de transporte radicalmente nuevo según Rainauth¹²⁰. Por lo tanto, la mayor parte del desarrollo tecnológico en los métodos de transporte de petróleo tiene como objetivo reducir las emisiones, aumentar la eficiencia o prevenir derrames y fugas.

¹¹⁷ RAINAUTH, J. J., Ayeni, K. B., & Barrufet, M. A. (2008, January 1). Gas Transportation: Present and Future. Society of Petroleum Engineers. [Consultado el 28 de Noviembre de 2019]. Disponible en https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-114935-MS?sort=&start=0&q=Properties+of+oil+transportation+pdf&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

¹¹⁸ Ibid., p. 5

¹¹⁹ Ibid., p. 11

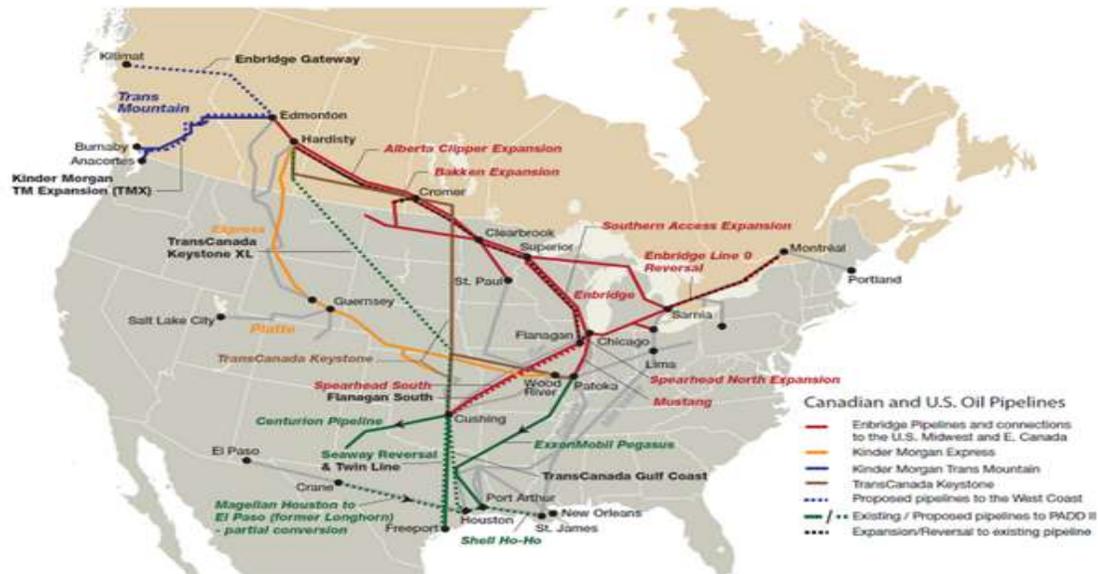
¹²⁰ Ibid., p. 11

Los nuevos campos petroleros crean nuevos requisitos de transporte que afectan el equilibrio de la distribución mundial de envíos; descubrimientos recientes incluyen:

- Norteamérica

“Aunque es probable que las tuberías o las combinaciones de tubería / envío precedan al transporte marítimo del Ártico desde Alaska, en los barcos a más largo plazo que operan en hielo probablemente desempeñarán un papel en la explotación del petróleo del Ártico. Si la exploración en las islas árticas canadienses tiene éxito, la construcción de tuberías submarinas desde estas áreas remotas de hielo parece poco probable”¹²¹. En la figura 10 se evidencian las principales rutas de tuberías de petróleo en Estados Unidos podemos ver como se extienden desde Houston hasta Canada.

Figura 10. Mapa visual de tuberías de petróleo de EE. UU



Fuente: Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP). Canadian Oil and Gas Industry Outlook – Opportunities & Challenges. Abril 20, 2012. [Consultado el 5 de Enero de 2020]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/OilGasCanada/canadian-oil-and-gas-industry-outlook-opportunities-challenges>

- África

El envío es importante para el petróleo del norte de África, cuyos campos alimentan los puertos mediterráneos, como lo menciona Rainauth¹²² los envíos desde esta área a Europa se pueden realizar económicamente en barcos tan pequeños como

¹²¹ RAINAETH, J. Op. cit., p. 12

¹²² Ibid., p. 11

100000 toneladas, manteniendo un equilibrio de este tamaño de tonelaje de petróleo crudo que debería reducir la presión sobre los recursos de construcción naval para. Por el contrario, el desarrollo del petróleo crudo de África Occidental es un factor en el desarrollo de la demanda de gran tonelaje.

- El sudeste de Asia

“La creciente importancia industrial del Pacífico sur ha llevado a una exploración activa, incluida la actividad en alta mar en Indonesia y en la plataforma continental de Australia. Los descubrimientos que ahora se desarrollan en esta área pueden reducir la demanda de tonelaje en el extranjero a Australia, al tiempo que estimulan el desarrollo de la industria de construcción naval australiana”¹²³.

Un problema importante que enfrentan los métodos de transporte y almacenamiento de petróleo son los derrames y las emisiones involuntarias. Los derrames de los petroleros pueden contaminar los ambientes costeros, mientras que los derrames de los ferrocarriles y las tuberías pueden contaminar los hábitats de vida silvestre o las áreas pobladas, dependiendo de la ubicación como lo menciona Rainauth¹²⁴. Los derrames o fugas de gas de los tanques de almacenamiento tienen los mismos efectos nocivos.

“Las tuberías han atraído recientemente una gran cantidad de preocupación pública. Los proyectos de oleoductos propuestos, como Keystone XL, han sido el punto focal de los ambientalistas debido a sus posibles impactos ambientales y como un símbolo de la continua inversión de la sociedad en infraestructura energética con alto consumo de carbono”¹²⁵.

5.1 MODOS UTILIZADOS PARA TRANSPORTAR PETRÓLEO

La logística incluye típicamente el transporte de petróleo crudo desde los sitios de producción a las refinerías, así como el transporte y distribución de productos derivados del petróleo a los mercados y clientes. La logística del petróleo representó entre el 5% y el 10% del valor del mercado petrolero en 2015 como lo menciona Pernille¹²⁶. Sin embargo, su participación en el mercado total del petróleo disminuye con el aumento de los precios del petróleo. Las tecnologías para el transporte de “mar abierto” incluyen petroleros y oleoductos, mientras que el transporte terrestre se basa principalmente en oleoductos, trenes y camiones. La mayor parte del comercio internacional se basa en el transporte en mar abierto por petroleros,

¹²³ RAINAETH, J. Op. cit., p. 12

¹²⁴ Ibid., p. 12

¹²⁵ Ibid., p. 12

¹²⁶ SELJOM, Pernille. Op. cit., p.21

mientras que los oleoductos se utilizan más para el transporte nacional como lo menciona Pernille¹²⁷.

El servicio de transporte y logística es amplio y variado como se muestra en la gráfica 4. “Incluye toda la gama de infraestructura de transporte y servicios desde puertos marítimos, sistemas de transporte terrestres, así como el transporte aéreo y la interconexión con estos modos de transporte. El transporte es el componente más costoso de la logística comercial de petróleo y se requiere una infraestructura adecuada para facilitar el transporte”¹²⁸. Es difícil para un fabricante exportar a un precio competitivo o importar a un costo competitivo si el sector del transporte y la logística es ineficiente o incluso disfuncional. Como lo menciona Pernille¹²⁹ los altos precios, el servicio deficiente y la falta de certeza en el transporte y la logística pueden traducirse en el aislamiento efectivo de un país de los mercados mundiales.

Gráfica 4. Comparación de los modos utilizados para transporte de petróleo

	Tubería	Marino	Tren	Camión
Volúmenes	Largos	Muy Largos	Pequeños	Largos
Materiales	Crudo / Productos	Crudo / Productos	Productos	Productos
Escala	2 ML+	10 ML+	100 kL	5-60 kL
Costo Unidad	Muy bajo	Bajo	Alto	Muy Alto
Costo Capital	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Acceso	Muy Limitado	Muy Limitado	Limitado	Alto
Sensibilidad	1-4 semanas	7 días	2-4 días	4-12 horas
Flexibilidad	Limitada	Limitada	Buena	Alta
Uso	Largo Plazo	Largo Plazo	Medio Plazo	Corto Plazo

Fuente: Kenneth P. Green and Taylor Jackson. Safety in the Transportation of Oil and Gas: Pipelines or Rail?. 2015. [Consultado el 13 de Enero de 2020]. Disponible en: http://gls crudeoiltransport.org/wp-content/uploads/2019/01/Green_safety-in-the-transportation-of-oil-and-gas-pipelines-or-rail.pdf

¹²⁷ Ibid., p. 21

¹²⁸ SELJOM, Pernille. Op. cit., p.22

¹²⁹ Ibid., p. 22

“Un estudio realizado por la OCDE reveló que una disminución de un día en el tiempo en el mar podría aumentar el comercio en aproximadamente un 4,5 por ciento”¹³⁰.

La vida útil de los oleoductos es de 25 a 40 años. Las estimaciones de costos para los proyectos de oleoductos propuestos en los Estados Unidos se basan en 21 proyectos en tierra, con un costo promedio de US \$ 2,316,000 por km en 2018 como lo menciona Pernille ¹³¹. “El costo depende de la longitud de la tubería y las características del terreno. Por lo general, el costo específico de una tubería (\$ / km) disminuye para tuberías más largas y aumenta para tuberías que cruzan áreas pobladas o terrenos difíciles”¹³².

El petróleo crudo y los productos derivados del petróleo son transportados también por vehículos de motor y por ferrocarril. Los camiones cisterna a menudo se utilizan para transportar petróleo crudo desde pozos productores más pequeños a refinerías o tuberías de distribución. Como lo menciona Pernille¹³³ un vagón cisterna moderno puede contener hasta 1,31 millones de litros, y el tamaño de un camión cisterna generalmente varía de 1900 a 53.200 litros. La energía consumida para el transporte ferroviario es aproximadamente el 1.0% de la energía transportada. Para el transporte en camiones, el consumo de energía es de aproximadamente 3.2%.

5.1.1 Oleoducto. Los oleoductos y gasoductos son una pieza crítica de la infraestructura energética de Canadá. En 2015, este modo de transporte movió más de 2.400 millones de barriles de petróleo y gas. Pero los accidentes ocurren como se vio con el derrame de petróleo en Alberta, donde recientemente se rompió un oleoducto de arenas petrolíferas Nexen, derramando una gran cantidad de petróleo al sureste de Fort McMurray como lo menciona Jackson¹³⁴. Tales accidentes son desafortunados y lamentables; y este reciente accidente ha avivado las preocupaciones, particularmente de los opositores de los oleoductos, sobre la seguridad de los oleoductos y gasoductos.

La infraestructura de oleoductos de Canadá y Estados Unidos ha sido responsable del transporte nacional e internacional de petróleo durante más de un siglo. “Las 44.117 millas de infraestructura de oleoductos de crudo canadiense, reguladas por la Junta Nacional de Energía, se extienden desde Vancouver a Montreal”¹³⁵. Los oleoductos canadienses están altamente integrados con la infraestructura de oleoductos de petróleo crudo de los Estados Unidos. Dentro de la región de los

¹³⁰ Ibid., p. 22

¹³¹ Ibid., p. 22

¹³² Ibid., p. 22

¹³³ SELJOM, Pernille. Op. cit., p.23

¹³⁴ JACKSON, Taylor. Pipelines are the safest way to transport oil and gas. Fraser Institute. [Consultado el 17 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.fraserinstitute.org/article/pipelines-are-safest-way-transport-oil-and-gas>

¹³⁵ Ibid., p. 2

Grandes Lagos, los oleoductos de petróleo crudo activos se extienden a lo largo de 9,122 millas. Aunque los estudios muestran que, en comparación con otros modos de transporte, las tuberías tienen una menor tasa de incidentes y mortalidad por mil millones de toneladas por millas de petróleo transportado, un derrame de oleoducto puede tener impactos graves y duraderos en el medio ambiente y la economía regional como lo menciona Taylor¹³⁶. La calidad de la infraestructura de la tubería es un contribuyente importante al riesgo de derrames de petróleo en la región de los Grandes Lagos. “Según la Oficina de Seguridad de Tuberías, gran parte de la infraestructura de tuberías ha estado en funcionamiento durante décadas. Si bien es difícil deducir la antigüedad de infraestructura de tuberías en las provincias canadienses de los Grandes Lagos, las estadísticas de la Junta Nacional de Energía de julio de 2011 muestran que aproximadamente el 48% de las tuberías canadienses que transportan líquidos peligrosos se instalaron hace más de 30 años”¹³⁷. Desafortunadamente, sin embargo, los incidentes trágicos a menudo restan valor a una de las preguntas de infraestructura más importantes. ¿Cuál es la forma más segura de transportar el petróleo y el gas que requiere nuestra sociedad moderna?

Como lo menciona Taylor¹³⁸ en un estudio reciente del Instituto Fraser, utilizaron datos de fuentes gubernamentales para saber si las tuberías o el ferrocarril eran más seguros para transportar petróleo y gas. El estudio se centró en la cantidad de incidentes o accidentes por millón de barriles de petróleo y gas transportados. El resultado fue que tanto el ferrocarril como las tuberías son bastante seguras, pero las tuberías son sin duda la forma más segura de transportar petróleo y gas. “En cada año, de 2003 a 2015, las tuberías experimentaron menos ocurrencias por millón de barriles de petróleo equivalente transportado que el ferrocarril. En general, en este período, el ferrocarril experimentó 0.227 ocurrencias por millón de barriles de petróleo equivalente transportado en comparación con 0.049 para tuberías”¹³⁹. Esto significa que el ferrocarril tiene más de 4.5 veces más probabilidades de experimentar un suceso. Pero quizás la estadística más reveladora con respecto a la seguridad de las tuberías es que según Taylor¹⁴⁰ el 99 por ciento de los casos de tuberías de 2003 a 2015 no dañaron el medio ambiente.

Los debates sobre la expansión de la tubería a menudo ignoran estas realidades. Pero hay que tener en cuenta que el transporte de petróleo y gas por ferrocarril ha estado en auge en ausencia de nuevos oleoductos. Según Frittelli¹⁴¹, las

¹³⁶ Ibid., p. 2

¹³⁷ Ibid., p. 3

¹³⁸ SELJOM, Pernille. Op. cit., p.23

¹³⁹ Ibid., p. 23

¹⁴⁰ Ibid., p. 23

¹⁴¹ FRITTELLI, J. US Rail Transportation of Crude Oil. Moving oil by train from North Dakota to the Gulf Coast or Atlantic Coast. [consultado el 20 de Enero de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303728211_US_Rail_transportation_of_crude_oil_Background_and_issues_for_Congress

exportaciones anuales de petróleo por ferrocarril a los Estados Unidos en 2014 se han disparado a 42 millones de barriles de petróleo. Estos números continuarán aumentando si no se construyen nuevas tuberías. Entonces, si bien las tuberías pueden atraer gran parte de la atención, el ferrocarril tampoco está exento de accidentes como lo menciona Frittelli¹⁴². Una serie de eventos a principios de este año condujo a nuevas regulaciones, que pueden proporcionar pocos beneficios adicionales. Tanto en Canadá como en Estados Unidos, la creciente producción de petróleo y gas natural requiere la expansión de nuestra capacidad de transporte. Sin embargo, los oleoductos propuestos continúan persistiendo en el limbo regulatorio, enfrentando una fuerte oposición y poco apoyo político. Sin embargo, en el modo de transporte, la elección es clara y con los datos recopilados podemos concluir que el método más seguro son las tuberías.

El petróleo crudo fluye a través de la vasta infraestructura de transmisión y distribución de oleoductos de los Estados Unidos. “El oleoducto Trans-Alaska transporta un promedio de 1.8 millones de barriles de petróleo por día”¹⁴³. En los últimos años, el Keystone Pipeline, una extensión propuesta, que comienza en Hardisty, Alberta, y se extiende hacia el sur hasta Steele City, Nebraska, ha sido un punto de discusión muy debatido. Eventualmente transportará petróleo desde Alberta, Canadá a las refinerías en los Estados Unidos el instituto de investigación MCR Safety¹⁴⁴.

Como lo menciona Megan Hansen¹⁴⁵ a pesar de los altos costos iniciales, las tuberías se consideran una inversión que vale la pena. Las tuberías también requieren mucho menos capital humano que los otros dos métodos de transporte, y son más eficientes para mover el producto a grandes distancias.

Como lo muestra la gráfica 5 el transporte de petróleo y gas por tubería es generalmente más barato que transportarlo por ferrocarril o camión. “En promedio, cuesta alrededor de \$ 5 por barril transportar petróleo y gas por tubería en comparación con \$ 10 o \$ 15 por barril por ferrocarril y \$ 20 por barril en camión”¹⁴⁶.

¹⁴² Ibid., p. 68

¹⁴³ FRITTELLI, J. Op. cit., p.68

¹⁴⁴ MCR SAFETY. Pipeline Transportation and Storage. [consultado el 17 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.mcrcsafety.com/en/industry/oil-and-gas/pipeline-transportation-and-storage>

¹⁴⁵ HANSEN, Megan, Ethan Dursteler. Economic, environmental, and safety impacts of transporting oil and gas in the U.S. [Consultado el 17 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.strata.org/pdf/2017/pipelines.pdf>

¹⁴⁶ CONGRESSIONAL Research Service. (2014). U.S. Rail Transportation of Crude Oil: Background and Issues for Congress. Retrieved from: [https:// fas.org/sgp/crs/misc/R43390.pdf](https://fas.org/sgp/crs/misc/R43390.pdf); HILLER, J. 2013,

Grafica 5. Costo de trasportar un barril de petróleo mediante los diferentes métodos



Fuente: Oil Shipment by rail, truck, and barge up substantially”, Institute For Energy Research, accessed June 24, 2014.

Sin embargo, estas alternativas ofrecen sus propias ventajas. El ferrocarril es más rápido que la tubería al transportar petróleo y gas a través de grandes distancias. El ferrocarril puede transportar petróleo desde la remota región del campo Bakken en Dakota del Norte hasta la costa del Golfo en cualquier lugar de cinco a siete días, mientras que el petróleo transportado por tubería tarda aproximadamente cuarenta días en viajar por la misma distancia como lo muestra la gráfica 6.

Grafica 6. Tiempo que toma petróleo en tubería vs tren desde el golfo de la costa este hasta bakken Field



Fuente: Strata. Economic, environmental, and safety impacts of transporting oil and gas in the U.S

July 28. Crude oil will continue rolling by train. Houston Chronicle. [consultado el 10 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.strata.org/pdf/2017/pipelines.pdf>

5.1.2 Camión. Aunque las tuberías y los ferrocarriles se usan generalmente para transportar petróleo y gas a largas distancias, el transporte de camiones se usa comúnmente para mover pequeñas cantidades de petróleo y gas a distancias más cortas. A pesar del hecho de que los camiones tienen una capacidad de retención limitada, ayudan a mover el petróleo y el gas desde los sitios de producción a las tuberías y otras infraestructuras de transporte de larga distancia, y a través de áreas donde no existe infraestructura de tuberías o ferrocarriles. “Un camión promedio tiene aproximadamente 200 barriles de petróleo, aproximadamente un tercio de la capacidad de los vagones promedio”¹⁴⁷.

Los camiones cisterna brindan flexibilidad, ya que conectan los sitios de extracción y las refinerías con las tuberías y terminales ferroviarias. En comparación con otros modos de transporte, los camiones se utilizan principalmente para transportar petróleo a distancias relativamente cortas porque el transporte a larga distancia en camión no es una opción económica. Aunque los camiones transportan solo un pequeño porcentaje del petróleo total que se mueve en los EE. UU. Y Canadá, y un porcentaje aún menor en la región de los Grandes Lagos, el aumento en los envíos de petróleo para camiones puede ser motivo de preocupación. “El envío de petróleo para camiones desde las formaciones de lutitas en Dakota del Norte y las arenas bituminosas en Canadá a las refinerías de EE. UU. Aumentó en un 38% entre 2014 y 2015”¹⁴⁸. Los estudios existentes sobre el transporte de camiones indican que los camiones no son un modo de transporte preferido debido a las altas tasas de incidentes por mil millones de toneladas por milla en comparación con el ferrocarril, barcos / barcasas y oleoductos. Sin embargo, el aumento de la producción puede cambiar las tendencias de transporte.

5.1.2.1 Riesgos Asociados. En comparación con otros modos de transporte, los camiones cisterna operan cerca del público en general y comparten la misma infraestructura: carreteras, carreteras, vecindarios, etc. “Esto aumenta el riesgo de accidentes, incluidas colisiones y accidentes en cruces, durante el curso de su viaje. Dado que una colisión puede involucrar a vehículos que viajan a gran velocidad, las posibilidades de incendio y explosión son mayores”¹⁴⁹.

- **Infraestructura inadecuada:** dado que los camiones a menudo se utilizan para transportar petróleo hacia y desde sitios de transbordo ferroviario y tuberías, una infraestructura mal mantenida y monitoreada en los puntos de entrega y

¹⁴⁷ HANSEN, Megan, Ethan Dursteler. Economic, environmental, and safety impacts of transporting oil and gas in the U.S. [Consultado el 17 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.strata.org/pdf/2017/pipelines.pdf>

¹⁴⁸ INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH . Oil Shipment by rail, truck, and barge up substantially”, Institute For Energy Research. [Consultado el 10 de enero de 2020].Disponible en <http://instituteforenergyresearch.org/analysis/oil-shipments-by-railtruck-and-barge-up-substantially/>

¹⁴⁹ HANSEN Megan. Op. cit., p 47

terminales de carga de combustible podría contribuir a accidentes, incluidos incendios y explosiones como lo menciona Megan¹⁵⁰.

- **Diseño del camión:** al cargar el aceite a través de las líneas inferiores de los camiones cisterna, las líneas no drenan completamente en los tanques principales porque están en el punto más bajo. “Las líneas de fondo estructuralmente frágiles pueden contener más de 50 galones del líquido peligroso, denominadas "líneas húmedas", y pueden contribuir a un evento que provoque incendios y explosiones”¹⁵¹.
- **Régimen regulatorio:** como lo menciona Hansen¹⁵² surge un riesgo significativo por la falta de información; por ejemplo, el Departamento de Transporte de EE. UU. no rastrea el número total de camiones cisterna de carga que operan dentro de los Estados Unidos.

5.1.2.2 Impactos. Según el instituto de energía¹⁵³ los camiones cisterna representan solo el 4 por ciento del transporte total de petróleo crudo y petróleo, las altas tasas de incidentes y muertes en comparación con otros modos de transporte crean una mayor probabilidad de un evento catastrófico cada vez que un camión cisterna está en la carretera.

- **Medio ambiente:** las experiencias anteriores con derrames de petróleo relacionados con camiones indican que la mayor amenaza para el medio ambiente es la contaminación de las corrientes de agua activas cuya agua se utiliza para fines domésticos e industriales. Además, de manera similar a los impactos de derrames de tierra y agua mencionados anteriormente, los efectos posteriores de Se puede sentir un derrame en la flora y la fauna y en las actividades humanas como lo menciona el Instituto para la investigación de la energía¹⁵⁴.

- **Económico:** “un derrame de petróleo que causa incendios y explosiones puede causar daños a la propiedad que pueden tener un impacto duradero en los precios de la vivienda de la zona”¹⁵⁵. Además, un cierre de la autopista y / o el cierre de rutas comerciales importantes puede afectar a las empresas de la zona.

5.1.3 Tren. Históricamente, la mayor parte del petróleo crudo ha sido transportado a través de tuberías. “Sin embargo, en lugares como Dakota del Norte que han visto grandes aumentos en la producción de crudo, la red de tuberías existente carece

¹⁵⁰ Ibid., p. 47

¹⁵¹ Ibid., p. 47

¹⁵² Ibid., p. 47

¹⁵³ INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH. Op. cit., p. 15

¹⁵⁴ Ibid., p. 15

¹⁵⁵ Ibid., p. 15

de la capacidad para manejar la mayor producción”¹⁵⁶. Las tuberías también carecen de la flexibilidad y el alcance geográfico para servir a muchos mercados potenciales. Sin embargo, los ferrocarriles tienen la capacidad y flexibilidad para llenar este vacío.

“Según la Asociación de Ferrocarriles Americanos, 434,000 carros de petróleo crudo movidos por ferrocarril a través de Estados Unidos en 2015, aproximadamente 45 veces la cantidad enviada en 2010, y los volúmenes continúan aumentando”¹⁵⁷. La razón por la cual el envío de petróleo por ferrocarril se ha expandido es la capacidad del ferrocarril para responder rápidamente a la creciente extracción de recursos. Además, los ferrocarriles están dispuestos a celebrar contratos a corto plazo con las compañías petroleras, lo que aumenta aún más su flexibilidad en un mercado petrolero en constante cambio. Sin embargo, el mayor volumen de transporte también ha provocado un aumento en los incidentes de derrames de petróleo. “Durante el período 200-2010, los ferrocarriles derramaron constantemente menos petróleo crudo por tonelada-milla que los camiones o las tuberías. Sin embargo, solo en 2013, el total de galones de petróleo derramados por ferrocarril fue más que el total combinado de 1975-2012”¹⁵⁸. Debido a algunos incidentes cada vez mayores, el transporte ferroviario de petróleo crudo ha recibido un mayor escrutinio público y regulatorio en los EE. UU. y Canadá.

“Suponiendo, por simplicidad, que cada vagón cisterna contiene aproximadamente 30,000 galones (714 barriles) de petróleo crudo, las 299,652 cargas de petróleo crudo originadas en los primeros tres trimestres de 2013 equivalen aproximadamente a 784,000 barriles por día que se mueven por ferrocarril”¹⁵⁹. Como punto de referencia, según los datos de la EIA¹⁶⁰, la producción total de petróleo crudo interno de los EE. UU. En los primeros tres trimestres de 2013 fue de aproximadamente 7.3 millones de barriles por día, por lo que la participación ferroviaria fue de alrededor del 11 por ciento, un porcentaje insignificante hace unos años.

5.1.3.1 Ventajas de transportar petróleo crudo por ferrocarril. Flexibilidad Geográfica: Al prestar servicio a casi todas las refinerías en los Estados Unidos y Canadá, los ferrocarriles ofrecen a los participantes del mercado una enorme flexibilidad para cambiar el producto rápidamente a diferentes lugares en respuesta a las necesidades del mercado y las oportunidades de precios. “Los ferrocarriles entregan petróleo crudo a terminales no solo en Luisiana y otros lugares de la región

¹⁵⁶ CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. Op. cit., p. 20

¹⁵⁷ Ibid., p. 20

¹⁵⁸ Ibid., p. 20

¹⁵⁹ INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH. Op. cit., p. 33

¹⁶⁰ Ibid., p. 33

del Golfo, sino también a ubicaciones en la costa este, la costa oeste y otros lugares”¹⁶¹.

- **Sensibilidad:** Las instalaciones ferroviarias casi siempre se pueden construir o expandir mucho más rápidamente que las tuberías y las refinerías. “Esencialmente, los ferrocarriles son el único modo de transporte que puede invertir en instalaciones lo suficientemente rápido como para mantenerse al día con el crecimiento de la producción en los campos petroleros emergentes”¹⁶².

Los ferrocarriles también ayudan a los clientes de petróleo crudo a encontrar formas de cargar y descargar vagones cisterna más rápidamente y reduce los retrasos en ruta. La promoción de envíos de trenes unitarios es a menudo una parte clave de este proceso. “Los trenes unitarios son trenes largos que consisten en un solo producto. Estos trenes usan equipos dedicados y generalmente siguen rutas de envío directo hacia y desde instalaciones diseñadas para cargarlos y descargarlos de manera eficiente, por ejemplo, desde un lugar de reunión cerca de las áreas de producción de petróleo hasta una terminal de descarga en o cerca de una refinería y generalmente tienen costos mucho más bajos por unidad enviada que los trenes no unitarios. Un solo tren de gran unidad puede transportar 85,000 barriles de petróleo y cargarse o descargarse en 24 horas”¹⁶³.

- **Infraestructura subyacente.** En los últimos años, los ferrocarriles han invertido cientos de millones de dólares para reemplazar y resurgir pistas, comprar nuevas locomotoras, construir nuevas. Las inversiones ferroviarias relacionadas con el servicio de petróleo crudo son solo una pequeña parte de un conjunto mucho más grande de inversiones ferroviarias en curso. “En los últimos años, los ferrocarriles de carga estadounidenses han estado reinvertiendo más que nunca, incluyendo un récord de \$ 25.5 mil millones en 2012, para crear y mantener una red ferroviaria de carga que es insuperable en el mundo”¹⁶⁴.
- **Pureza del producto.** La composición del petróleo crudo varía de región a región, incluso de pozo a pozo dentro de una región. Los consumidores de petróleo crudo a menudo desean un tipo específico de crudo petróleo. “El envío de crudo por ferrocarril permite que se entreguen "barriles puros" a su destino en formas que no siempre son posibles con las tuberías”¹⁶⁵. Los productores de petróleo crudo y otros participantes del mercado han realizado grandes inversiones tanto en la infraestructura como en los vagones cisterna necesarios para mover el crudo por ferrocarril, lo que demuestra la confianza en la viabilidad

¹⁶¹ ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS. Moving Crude Oil by Rail. December 2013. Consultado el 23 de Diciembre de 2019. Disponible en <http://dot111.info/wp-content/uploads/2014/01/Crude-oil-by-rail.pdf>

¹⁶² Ibid., p. 43

¹⁶³ CONGRESSIONAL RESEARCH SERVICE. Op. cit., p. 22

¹⁶⁴ ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS. Op. cit., p. 28

¹⁶⁵ Ibid., p. 28

a largo plazo del servicio ferroviario en este mercado. Incluso a medida que se construyan o expandan más tuberías, los ferrocarriles continuarán brindando una serie de ventajas, especialmente flexibilidad, que les permitirán continuar desempeñando un papel clave en el mercado relacionado con el petróleo en el futuro como lo menciona la asociación de ferrocarriles americanos¹⁶⁶.

- **Seguridad:** Los ferrocarriles tienen un excelente historial de seguridad en el petróleo crudo que las tuberías en años recientes. Basado en datos de la tubería de la asociación de ferrocarriles americanos¹⁶⁷, la "tasa de derrame" para los ferrocarriles de EE. UU de 2002-2012 se estimó en 2.2 galones por millón de toneladas de petróleo crudo por tonelada-milla generada. La tasa de derrame comparable para tuberías es casi tres veces la tasa de ferrocarril a aproximadamente 6.3 galones por millón de toneladas-millas.

Las tuberías transportan, y derraman, mucho más petróleo crudo que los ferrocarriles. “Desde 2002-2012, se derramó un estimado de 19.9 millones de galones (474,000 barriles) de petróleo crudo en incidentes de tuberías, en comparación con un estimado de 95,000 galones (2,300 barriles) de petróleo crudo derramados en incidentes ferroviarios durante el mismo período. Desde 2002-2012, hubo 148 incidentes relacionados con la liberación de petróleo crudo de los ferrocarriles, de los cuales 109 incluyeron liberaciones de menos de cinco galones. Solo 39 de los 148 incidentes ferroviarios tuvieron emisiones de más de cinco galones”¹⁶⁸. Por el contrario, las tuberías informaron 1.785 derrames de al menos cinco galones entre 2002 y 2012, más de 45 veces el número de incidentes ferroviarios según la asociación de ferrocarriles americanos¹⁶⁹.

5.1.4 Barco. “Alrededor del 70 por ciento del crudo de arenas bituminosas extraído recientemente en Alberta, Canadá, se envió a refinerías en el medio oeste de los EE. UU”¹⁷⁰. Sin embargo, el aumento en las arenas bituminosas de Alberta ha aumentado la cantidad total de petróleo transportado a las refinerías en los Estados Unidos en un 53 por ciento entre 2011 y 2012 como lo menciona Maude¹⁷¹. Aunque actualmente no se transportan grandes cantidades de petróleo crudo por los Grandes Lagos, los canales de interconexión de los Grandes Lagos ofrecen condiciones favorables para los envíos de petróleo en el futuro. En lugares como Hennepin, IL y Albany, Nueva York, las barcazas se utilizan para transportar

¹⁶⁶ Ibid., p. 28

¹⁶⁷ Ibid., p. 28

¹⁶⁸ ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS. Op. cit., p. 54

¹⁶⁹ Ibid., p. 54

¹⁷⁰ WORLD PETROLEUM CONGRESS. (1933, January 1). Measurement of Oil in Ships. [Consultado el 19 de Enero de 2020]. Disponible en: https://www.onepetro.org/conference-paper/WPC-275?sort=&start=0&q=+oil+ships&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

¹⁷¹ BARLOW Maude, Liquid Pipeline: Extreme energy's threat to the Great lakes and the St. Lawrence River (The council of Canadians, 2014), 10.

pequeñas cantidades de petróleo crudo como alternativa al transporte ferroviario como lo menciona Alberta Oil Magazine¹⁷². En ausencia de envíos de petróleo crudo a través de los Grandes lagos, un análisis de datos recientes de derrames de líquidos peligrosos del envío de embarcaciones comerciales en los Grandes Lagos puede señalar algunos de los riesgos asociados.

Los estudios muestran que los barcos y barcazas presentan menos riesgos en el transporte de líquidos peligrosos que los trenes y camiones, y tienen ventajas económicas sobre otros modos de transporte. Sin embargo, la posibilidad de un derrame de petróleo, particularmente de arenas bituminosas, en crudo Las aguas o aguas restringidas hacia el interior presentan riesgos con posibles impactos duraderos en el medio ambiente y la economía según el congreso de petróleo mundial¹⁷³.

5.1.4.1 Riesgos Asociados. El casco de una barcaza o buque tanque que contiene petróleo crudo puede sufrir daños estructurales graves como resultado de una colisión con otro barco, lo que resulta en un derrame de petróleo. “Las últimas regulaciones de Transport Canada requieren que todos los petroleros, pequeños y grandes, sean de doble casco para 2015”¹⁷⁴. De manera similar, en los Estados Unidos, bajo la Ley de Contaminación por Petróleo (OPA) de 1990, los petroleros de doble casco reemplazarán el doble fondo y lado buques para 2015 como lo menciona el artículo de moving energy safely¹⁷⁵. “El derrame de petróleo de la Bahía de Galveston (Texas) muestra que, aunque estructuralmente más seguro, los barcos y barcazas de doble casco no brindan protección completa en caso de colisiones de alto impacto”¹⁷⁶. Además, dependiendo del tipo de petróleo en el barco, el impacto resultante de la colisión puede provocar un incendio y explosión.

Muchas de las refinerías, instalaciones de almacenamiento de petróleo y puertos a lo largo de los canales de conexión y afluentes de los Grandes Lagos. Las corrientes

¹⁷² ALBERTA OIL MAGAZINE. “With Production on the rise, oil by barge traffic sets off greater safety concerns”, Alberta Oil Magazine. 2014 .Consultado el 25 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://www.albertaoilmagazine.com/2014/06/athabasca-mississippi-oil-by-barge/>.

¹⁷³ Ibid., p. 55

¹⁷⁴ MOVING ENERGY SAFELY. A Study of the Safe Transport of Hydrocarbons by Pipelines, Tankers and Railcars in Canada (Standing Senate Committee on Energy, the Environment and Natural Resource, 2013). [consultado el 13 de Enero de 2020]. Disponible en: https://www.scga.ca/files/20120813Senate_Report.pdf

¹⁷⁵ Ibid., p. 20

¹⁷⁶ THE TEXAS TRIBUNE. Galveston Bay Oil Spill Leaves Hundreds of Birds Oiled”, The Texas Tribune, [Consultado el 14 de Enero de 2020]. Disponible en <http://www.texastribune.org/2014/04/04/shorebirds-devastated-galvestonoil-spill/>.

de agua y las condiciones climáticas presentan el riesgo de propagar el derrame en la cuenca adyacente, lo que puede complicar una respuesta integral como lo menciona el artículo de moving energy safely¹⁷⁷.

5.1.4.2 Impactos. En aguas abiertas: en las arenas bituminosas los derrames de crudo, el hidrocarburo diluyente flota en la superficie del agua. La ingestión e inhalación de los humos tóxicos resultantes puede poner en peligro a las aves marinas y los mamíferos. Además, dado que el petróleo crudo de las arenas bituminosas es más pesado que el agua, puede hundirse en el fondo del lago o lecho del río, lo que hace que el proceso de extracción sea intensivo y, en algunos casos, imposible como lo menciona el congreso de petróleo¹⁷⁸. De manera similar, el petróleo crudo ligero Bakken tiene una alta proporción de hidrocarburos que lo hacen viscoso y explosivo al mismo tiempo. Debido a su alta volatilidad, un derrame de petróleo en Bakken podría provocar un incendio o una explosión. “Más importante aún, un derrame en aguas abiertas puede afectar a los aproximadamente 26 millones de personas que viven en la cuenca de los Grandes Lagos que dependen de los Grandes Lagos para su agua potable”¹⁷⁹.

En la costa: además de afectar la flora y la fauna, la llegada de petróleo a la costa puede ser perjudicial para el medio ambiente y para las actividades costeras humanas. El petróleo lavado que llega a los humedales costeros y las playas puede afectar gravemente la actividad de pesca comercial y deportiva, una industria importante de los Grandes Lagos, y otras industrias comerciales que dependen del uso del agua de los Grandes Lagos para fines industriales como lo menciona el congreso de petróleo¹⁸⁰.

Económico: la industria de la pesca comercial, incluidos pescadores y proveedores de productos marinos, pueden sufrir daños en caso de derrame de petróleo. Simultáneamente, las pequeñas y medianas empresas como empresas de turismo incurren en grandes pérdidas debido a las vías fluviales acordonadas. Después de la limpieza, estas industrias incurren en gastos adicionales para recuperar la clientela perdida. El sistema de vías fluviales de los Grandes Lagos es un corredor crítico de comercio e industria. Como lo menciona la agencia de ambiente de estados unidos¹⁸¹ el mayor uso de barcos y barcas para transportar crudo de

¹⁷⁷ MOVING ENERGY SAFELY. Op. cit., p. 10

¹⁷⁸ WORLD PETROLEUM CONGRESS, Op. cit., p. 18

¹⁷⁹ Ibid., p. 18

¹⁸⁰ WORLD PETROLEUM CONGRESS, Op. cit., p. 18

¹⁸¹ U.S ENVIRONMENTAL AGENCY. Great Lakes Monitoring, U.S Environmental Protection Agency, accessed July 29, 2014, http://www.epa.gov/glnpo/monitoring/great_minds_great_lakes/social_studies/without.html. The article outlines the major industries shipping cargo across the Great Lakes.

arenas bituminosas de Alberta también puede "desplazar" la carga comercial existente, como carbón, piedra caliza, granos, papel de periódico y cemento, lo que eleva los precios en las industrias que suministra. Los envíos de petróleo crudo a través de trenes ya han comenzado a desplazar los envíos de productos a los puertos del noroeste, y el transporte de barcos y barcazas podría seguir un camino similar.

6. RELACION HISTORICA ENTRE EL TRANSPORTE Y EL ALMACENAMIENTO DEL PETROLEO EN EL MERCADO MUNDIAL

El transporte y el almacenamiento en la industria del petróleo y el gas se refieren al movimiento del petróleo crudo desde los campos petroleros donde se descubrió petróleo a las refinerías de petróleo donde el petróleo se procesa aún más a las áreas de almacenamiento, donde los productos derivados del petróleo se almacenan para su distribución como lo menciona el instituto americano del petróleo¹⁸². En su estado crudo, el petróleo crudo es transportado por dos modos principales: petroleros, que recorren rutas de agua interregionales, y tuberías por donde pasa la mayor parte del petróleo durante al menos parte de la ruta. “Una vez que el petróleo ha sido refinado y separado del gas natural, las tuberías transportan el petróleo a otro transportista o directamente a una refinería. Los productos derivados del petróleo luego viajan desde la refinería al mercado en camiones cisterna, camiones, vagones de ferrocarril o más tuberías”¹⁸³. Los petroleros entregan petróleo mediante el transporte de petróleo y productos refinados de otros países a los EE. UU. para compensar la diferencia entre productos nacionales y demanda. Los petroleros también transportan petróleo a lo largo de la costa del Golfo como lo menciona el Instituto Americano de Petróleo¹⁸⁴. Las mejoras en el diseño de los petroleros han resultado en el desarrollo de transportistas versátiles capaces de transportar una amplia gama de cargas líquidas a granel. Los buques tanque de hoy, que incluyen tanto barcos como barcasas, son responsables del traslado de los grandes volúmenes de cargas líquidas.

Además de trasladar el petróleo de la producción a la distribución, la industria del transporte y el almacenamiento también desempeña un papel vital en el sistema del comercio mundial de petróleo. “Como el comercio de petróleo es la categoría más grande a nivel internacional, la capacidad de carga permite a la industria naviera evaluar cuántos petroleros se requieren y en qué rutas. Como resultado, sus costos asociados son un factor primario para determinar el patrón del comercio mundial”¹⁸⁵.

La industria del transporte y el almacenamiento es un sistema muy complejo que está compuesto por muchos propietarios independientes. Por ejemplo, la industria del transporte de petroleros es una industria muy fragmentada con el 75 por ciento de la flota mundial de petroleros de propiedad independiente como lo menciona el

¹⁸² INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. [Consultado el 24 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://www.api.org> Enlace externo

¹⁸³ Ibid., p. 2

¹⁸⁴ Ibid., p. 2

¹⁸⁵ ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. [Consultado el 20 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov>

comité de transporte, Ciencia y comercio.¹⁸⁶ En la red de transporte y almacenamiento de gas natural, casi todo se transporta a través de tuberías interestatales propiedad de al menos 70 a 80 empresas a más de varios cientos de instalaciones de almacenamiento subterráneo.

Como resultado, el transporte y el almacenamiento representan un laberinto de procesos sofisticados que incluyen inspecciones rigurosas, normas estrictas de cumplimiento, regulaciones generadas a partir de iniciativas de la industria y mandatos gubernamentales para el diseño, construcción y mantenimiento de flotas y tuberías de tanques, y la selección de tripulación calificada. “De acuerdo con la descripción general de Hoovers Oil and Gas Transportation and Storage, algunos de los principales actores involucrados en el transporte y almacenamiento de petróleo y gas son OAO Tatneft, Exxon Mobil Corporation, Royal Dutch Shell, China Petroleum & Chemical Corporation y BP”¹⁸⁷. Estas son las mismas compañías que también están involucradas en la refinación, comercialización y distribución de petróleo y gas en el mercado mundial.

La infraestructura de transporte de hidrocarburos que produce cada país ha sido diseñada para la atención del manejo de los crudos desde su ubicación de producción hasta las refinerías o puertos de exportación, es por esto que el método de transporte tiene mucho que ver con el método de almacenamiento. Debido a esto algunas empresas han intentado formas de tener un almacenamiento flotante para que cualquier tipo de barco logre recoger ese crudo de una manera más rápida y efectiva como lo menciona el ministerio de minas y energía¹⁸⁸ en su objetivo por aumentar la capacidad de almacenamiento y transporte.

La infraestructura de transporte y almacenamiento generalmente se conoce como el sector "Downstream" de la industria petrolera, e incluye aquellas instalaciones involucradas en el almacenamiento físico de hidrocarburos. También cualquier grupo de activos cuya función es procesar, separar o licuar hidrocarburos crudos en productos intermedios y productos terminados de mayor valor como lo menciona Hoovers¹⁸⁹.

¹⁸⁶ U. S. CONGRESS. Senate. Commerce, Science, and Transportation Committee. Phase-Out of Single-hull Tank Vessels. Jan. 9, 2003. [Consultado el 18 de Enero de 2020]. Disponible en: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-108shrg20249/pdf/CHRG-108shrg20249.pdf>

¹⁸⁷ HOOVERS. Transporte y almacenamiento de petróleo y gas. Base de datos de Hoovers Relationship Manager. [Consultado el 20 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://eresources.loc.gov/record=e1000891~S9>

¹⁸⁸ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Cadena del Petróleo Unidad de Planeacion Minero Energetica. [Consultado el 18 de Enero de 2020]. Disponible en: http://www.upme.gov.co/Docs/CadenadelPetroleo_sp.pdf

¹⁸⁹ HOOVERS. Op. cit., p. 10

7. CONCLUSIONES

- En este documento se analizó detalladamente los elementos que diversifican las exportaciones en los países petroleros y así se logró evidenciar la evolución de la logística internacional en la exportación de petróleo en el mercado mundial. Investigando de una forma más específica, el impacto de gran importancia que los países petroleros tienen frente a las diversificaciones de las exportaciones, como también el sistema de exportaciones de la economía posterior al auge petrolero puede llegar a determinar si las bajas del petróleo afectan el proceso de exportación de petróleo en el mercado mundial.
- Los avances en exploración y producción han ayudado a localizar y recuperar un suministro de petróleo y gas natural de las principales reservas de todo el mundo. Al mismo tiempo, la demanda de productos derivados del petróleo ha crecido en todos los rincones del mundo. Pero la oferta y la demanda rara vez se concentran en el mismo lugar, por lo tanto, se evidenció que el transporte de petróleo es vital para garantizar el flujo confiable y asequible de petróleo con el que todos contamos para alimentar nuestros automóviles, calentar nuestros hogares y mejorar la calidad de nuestras vidas.
- Se logró evidenciar las diferentes modalidades de almacenamiento de petróleo dependiendo de la temperatura y presión atmosférica a la que se encuentre la zona y así mismo dependiendo del volumen y densidad del petróleo que se vaya a manejar.
- Los petroleros, ferrocarriles y tuberías son medios comprobados, eficientes y económicos para conectar la oferta y la demanda de petróleo. Las tuberías y los ferrocarriles que terminan el suministro transportan petróleo crudo desde las áreas de producción y almacenamiento a una terminal de carga en un puerto determinado, se logró determinar cuáles son los principales puertos de almacenamiento y transporte de petróleo desde los cuales se transporta el petróleo crudo hacia diferentes partes del mundo.
- A través de los cambios en la forma de transportar y almacenar el petróleo a lo largo del tiempo dependiendo también en los diferentes precios que ha tenido el petróleo en los años recientes se puede evidenciar la relación histórica entre el transporte y el almacenamiento

8. RECOMENDACIONES

- En cuanto a la relación del almacenamiento de petróleo con el transporte no se encuentra una comparación muy profunda o relación entre estos dos temas tan importantes para el petróleo y es necesaria una relación de este tipo para conocer el pasado de este relación y así poder mejorar o crear nuevas formas de transporte o almacenamiento de petróleo , este tema es de suma importancia para conocer como los diferentes precios y así mismo la demanda y oferta del petróleo ha afectado la forma como este se transporta y almacena a lo largo de la historia.
- Con base en la información analizada en el trabajo sería importante hacer un análisis de la oferta y la demanda del petróleo a lo largo de la historia, entender y asimilar más en profundidad por que la demanda y la oferta de petróleo fluctúan de la forma que lo hacen y quienes contralan estos factores , sería interesante realizar un análisis de cómo esta oferta y demanda de petróleo ha influido en la diferente ubicación de los principales puertos petroleros a nivel mundial y así mismo como ha generado cambios en el transporte y almacenamiento de petróleo.

REFERENCIAS

ALBERTA OIL MAGAZINE. "With Production on the rise, oil by barge traffic sets off greater safety concerns", Alberta Oil Magazine 2014, accessed July 25, 2014. Disponible en: <http://www.albertaoilmagazine.com/2014/06/athabasca-mississippi-oil-by-barge/>.

ASSOCIATION OF AMERICAN RAILROADS. Moving Crude Oil by Rail. December 2013. [Consultado el 23 de Diciembre de 2019]. Disponible en <http://dot111.info/wp-content/uploads/2014/01/Crude-oil-by-rail.pdf>

BARLOW, Liquid Pipeline: Extreme energy's threat to the Great lakes and the St. Lawrence River (The council of Canadians, 2014), 10.

BASHEER KHUMAWALA, TIRAVAT ASSAVAPOKEE, RAED HUSSAIN. Supply Chain Management in the Petroleum Industry: Challenges and Opportunities. International Journal of Global Logistics & Supply Chain Management. Noviembre de 2006. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/91a5/b8fc496325c4ed2ab1a6109f6874ac3684b4.pdf>

CHEVRON. Crude Oil Transportation and Storage. [Consultado el 9 de Noviembre de 2019]. Disponible en <https://pascagoula.chevron.com/our-businesses/crude-oil-transportation-and-storage>

CONGRESSIONAL Research Service. (2014). U.S. Rail Transportation of Crude Oil: Background and Issues for Congress. Retrieved from: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R43390.pdf>; HILLER, J. 2013, July 28. Crude oil will continue rolling by train. Houston Chronicle. [consultado el 10 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.strata.org/pdf/2017/pipelines.pdf>

SELJOM, Pernille. Oil and Natural Gas Logistics. Energy Technology systems análisis programme. [consultado el 30 de Octubre de 2019]. Archivo pdf disponible en https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/P03_oilgaslogistics_PS_revised_GSOK2.pdf

DELAPP James, HEARD Anne .Pascagoula OCEAN DREDGEDMATERIAL DISPOSALSITE. SITE MANAGEMENT AND MONITORING PLAN. [Consultado el 23 de Noviembre de 2019]. Disponible en https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-02/documents/2016_pascagoula_smmp.pdf

DEMPSTER, Michael, MEDOVA,E.A. Planning Logistics Operations in the Oil Industry. Artículo en Journal of the Operational Research Society. November 2000.

[Consultado el 30 de Diciembre de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/245279096_Planning_Logistics_Operations_in_the_Oil_Industry/link/587044f808ae8fce491df1b1/download

ENERGY TRANSFER. Marcus Hook Industrial Complex.. [Consultado el 15 de Diciembre de 2019]. Disponible en https://cms.energytransfer.com/wp-content/uploads/2019/05/SP19-108415_MHICFactsSheetUpdated-2.pdf

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. [Consultado el 20 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://www.eia.doe.gov>

FRITTELLI, J. US Rail Transportation of Crude Oil. Moving oil by train from North Dakota to the Gulf Coast or Atlantic Coast. [Consultado el 20 de Enero de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303728211_US_Rail_transportation_of_crude_oil_Background_and_issues_for_Congress

HANSEN Megan E., Ethan Dursteler. Economic, environmental, and safety impacts of transporting oil and gas in the U.S. [Consultado el 17 de Dicimebre de 2019]. Disponible en <https://www.strata.org/pdf/2017/pipelines.pdf>

HOOVERS. Transporte y almacenamiento de petróleo y gas. Base de datos de Hoovers Relationship Manager. [Consultado el 20 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://eresources.loc.gov/record=e1000891~S9>

INSTITUTE FOR ENERGY RESEARCH. Oil Shipment by rail, truck, and barge up substantially”, Institute For Energy Research. [Consultado el 10 de enero de 2020]. Disponible en <http://instituteforenergyresearch.org/analysis/oil-shipments-by-railtruck-and-barge-up-substantially/>

INSTITUTO AMERICANO DE PETROLEO. [Consultado el 24 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://www.api.org> Enlace externo

JACKSON, Taylor. Pipelines are the safest way to transport oil and gas. Fraser Institute. [Consultado el 17 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.fraserinstitute.org/article/pipelines-are-safest-way-transport-oil-and-gas>

MALAWSKEY Nick. Devastated by loss of oil, Marcus Hook's fortunes rest on new buried treasure: gas. Jan 05, 2019. [Consultado el 15 de Octubre de 2019]. Tomado de https://www.pennlive.com/midstate/2015/08/blackbeard_then_oil_now_gas_fe.html

MCR SAFETY. Pipeline Transportation and Storage. [Consultado el 17 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.mcrcsafety.com/en/industry/oil-and-gas/pipeline-transportation-and-storage>

Ministerio de Minas y Energía. Cadena del Petróleo Unidad de Planeación Minero Energética. [Consultado el 18 de Enero de 2020]. Disponible en: <http://www.upme.gov.co>

MOVING ENERGY SAFELY. A Study of the Safe Transport of Hydrocarbons by Pipelines, Tankers and Railcars in Canada (Standing Senate Committee on Energy, the Environment and Natural Resources, 2013). [consultado el 13 de Enero de 2020]. Disponible en: https://www.scga.ca/files/20120813Senate_Report.pdf

NGAI Catherine, GEORGE Libby y TAN Florence. Port Corpus Christi. Texas Flood: U.S. oil exports pour into markets worldwide. Feb 08, 2018. [Consultado el 15 de Octubre de 2019]. Disponible en <https://portofcc.com/texas-flood-u-s-oil-exports-pour-into-markets-worldwide/>

NIGHTINGALE, Linton. One Hundred Ports. Maritime intelligence. [consultado el 1 de Enero de 2020]. Disponible en archivo pdf en https://transportationstore.informa.com/wp-content/uploads/woocommerce_uploads/2018/09/LL-Top-Ports-sampler.pdf

NOONE, A. R. (1951, January 1). Standard Storage Tanks. World Petroleum Congress. [Consultado el 23 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.onepetro.org/conference-paper/WPC>

PEPPER, J. E., & Clark, D. F. (1979, January 1). The Corrosion, Cleaning, Inspection And Repair Of Storage Tanks In Crude Oil Service. Society of Petroleum Engineers.[Consultado el 20 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-7760-MS>.

RAINAUTH, J. J., Ayeni, K. B., & Barrufet, M. A. (2008, January 1). Gas Transportation: Present and Future. Society of Petroleum Engineers. [Consultado el 28 de Noviembre de 2019]. Disponible en https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-114935-MS?sort=&start=0&q=Properties+of+oil+transportation+pdf&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

ROOF, W. E. (1987, January 1). Oil Storage (1987 PEH Chapter 11). Society of Petroleum Engineers. [Consultado el 4 de Noviembre de 2019]. Disponible en https://www.onepetro.org/book/peh/spe19peh?sort=&start=0&q=oil+storage&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

REBECCA, George. TODAY IN ENERGY. The port district of Houston-Galveston became a net exporter of crude oil in April. AUGUST 20, 2018. [Consultado el 3 de Noviembre]. Disponible en <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=36932>

RICHARD FULLENBAUM. Oil & Natural Gas Transportation & Storage Infrastructure: Status, Trends, & Economic Benefits. American Petroleum Institute. 2013. [Consultado el 14 de Noviembre de 2019]. Disponible en <https://www.api.org/~media/Files/Policy/SOAE-2014/API-Infrastructure-Investment-Study.pdf>

RUSTAM Boldanova, STAYRO Degiannakis, GEORGE Filis. Time-varying correlation between oil and stock market volatilities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. [Consultado el 3 de octubre de 2019]. Archivo disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1057521916301533>.

SAHEM Bin, M. A., & Al Zaabi, M. A. (2012, January 1). High Precision Monitoring of Crude Oil Storage. Society of Petroleum Engineers. [Consultado el 2 de Dicimbre de 2019]. Disponible en: https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-161701-MS?sort=&start=0&q=oil+storage+&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

SANDERS Maynard. Plaquemines Port Harbor & Terminal District 2019 Annual Report. [Consultado el 25 de Octubre de 2019]. Disponible en <http://www.portofplaquemines.com/Files/Press/PlaqueminesPortAnnualReport2019.pdf>

SCHACHTER, Taylor. Global Trade Magazine's Top 50 power ports. 2018. [consultado el 12 de noviembre de 2019]. Disponible en <https://www.globaltrademag.com/global-trade-magazines-top-50-power-ports/>

STORAGE TANK MAINTENANCE R-111. Steel Tank Institute. July 2011. [Consultado el 20 de Diciembre de 2019]. Disponible en: <file:///C:/Users/Fam%20Caro%20Alba/Downloads/Tank%20Maintenance.pdf>

TEXAS PORT PROFILES. 2017. Texas Department of Transportation "Port of Galveston". [Consultado el 10 de Diciembre de 2019]. Disponible en <https://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdot-info/mrt/port-profiles.pdf>, página 14

THE TEXAS TRIBUNE. Galveston Bay Oil Spill Leaves Hundreds of Birds Oiled", The Texas Tribune, Consultado el 21 de Enero De 2020, Disponible en: <http://www.texastribune.org/2014/04/04/shorebirds-devastated-galvestonoil-spill/>.

TM. Oil Transport. Student Energy. [Consultado el 13 de Novimebre de 2019]. Disponible en <https://www.studentenergy.org/topics/ff-transport>

TRAINOR, Tony. Safety and environmental standards for fuel storage sites. Process Safety Leadership Group Final report. HSE. [Consultado el 27 de Dicimbre de 2019]. Disponible en <https://www.hse.gov.uk/comah/buncefield/fuel-storage-sites.pdf>

URQUHART, R. D. (1985, January 1). Heavy Oil Transportation - Present And Future. Petroleum Society of Canada. [Consultado el 7 de Novimebre de 2019]. Disponible en https://www.onepetro.org/conferencepaper/PETSOCSS8526?sort=&start=0&q=oil+transportation&from_year=&peer_reviewed=&published_between=&fromSearchResults=true&to_year=&rows=25#

U. S. CONGRESS. Senate. Commerce, Science, and Transportation Committee. Phase-Out of Single-hull Tank Vessels. Jan. 9, 2003. [Consultado el 18 de Enero de 2020]. Disponible en: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-108shrg20249/pdf/CHRG-108shrg20249.pdf>

U.S ENVIRONMENTAL AGENCY. Great Lakes Monitoring, U.S Environmental Protection Agency, [Consultado el 18 de Enero de 2020]. Disponible en: http://www.epa.gov/glnpo/monitoring/great_minds_great_lakes/social_studies/without.html.

WEBER April. Storage and Transportation of Crude Oil, Natural Gases, Liquid Petroleum Products and Other Chemicals. 04 April 2011. [Consultado el 14 de Noviembre de 2019]. Disponible en: <https://iloencyclopaedia.org/component/k2/176-storage/storage-and-transportation-of-crude-oil-natural-gases-liquid-petroleum-products-and-other-chemicals>