

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE NUEVO LEÓN

División de Estudios Profesionales



Trabajo de Titulación Opción TI. Tesis

La cadena de suministro, una herramienta para la
exploración y explotación del gas *shale* en la zona
Noreste

Proyecto: "Consolidación de la infraestructura científica y tecnológica para la exploración y explotación sustentable de hidrocarburos no convencionales, oil/gas *shale* en México"

ALUMNO(S):	Julio Cesar Soriano López
No. CONTROL:	10480748
CARRERA:	Ingeniería Industrial
ASESOR DE RESIDENCIA:	Doc. Rene Sanjuán Galindo
REVISORES:	Doc. Ernesto Jesús Rincón Martínez Mc. Gloria Alicia Martínez Malacara

Guadalupe, N.L.

Febrero, 2016

Contenido

Introducción

i Resumen de la tesis

ii Objetivo general

CAPÍTULO 1

Marco teórico para una cadena de suministro

- 1.1 Definición de Cadena de Suministro (*Supply Chain*)
- 1.2 La cadena de suministro incrementa el valor
- 1.3 Administración de la cadena de suministro
- 1.4 Funciones y proceso de la cadena de suministro dentro de una empresa
 - 1.4.1 Proceso macro en el interior de la empresa
 - 1.4.2 Proceso de implementación de una cadena de suministro
- 1.5 Visualización de los procesos de una cadena de suministro
- 1.6 Mejora de los procesos de planificación de la cadena de suministro
- 1.7 Tecnología de la Información en una cadena de suministro
- 1.8 La cadena de suministro en el sector minero como estrategia en Sudamérica
- 1.9 Cadena de suministro en el sector minero como enfoque en la productividad
- 1.10 Cadena de suministro para gas *shale* en escenarios internacionales

CAPÍTULO 2

Proceso de fracturación hidráulica, gas *shale*, potencial energético de México

- 2.1 Antecedentes de la industria mexicana del petróleo y gas
- 2.2 ¿Qué es un yacimiento convencional o no convencional?
- 2.3 ¿Qué es el gas *shale*?
- 2.4 ¿Qué es la fractura hidráulica (*fracking*) y su proceso?
- 2.5 ¿Qué es la recuperación térmica y su proceso?
- 2.6 Importancia económica
- 2.7 Esquema
 - 2.7.1 Proceso de exploración y evaluación
 - 2.7.2 Proceso de perforación (extracción)
 - 2.7.3 Proceso de producción (explotación)
- 2.8 Cuencas de gas *shale* en México
- 2.9 Provincias petroleras de México
 - 2.9.1 Provincia petrolera Sabinas-Burro-Picachos
 - 2.9.2 Provincia petrolera Burgos
 - 2.9.3 Provincia petrolera Tampico-Misantla
 - 2.9.4 Plataforma de Tuxpan
 - 2.9.5 Provincia petrolera de Veracruz
 - 2.9.6 Provincia petrolera de Sureste

- 2.9.7 Provincia petrolera Golfo de México profundo
- 2.9.8 Provincia petrolera plataforma de Yucatán
- 2.9.9 Provincia petrolera Cinturón Plegado de Chiapas
- 2.9.10 Provincia petrolera Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental
- 2.9.11 Provincia petrolera Chihuahua
- 2.9.12 Provincia petrolera Golfo de California
- 2.9.13 Provincia petrolera Vizcaíno – La Purísima – Iray

CAPÍTULO 3

Desarrollo de una cadena de suministro en la distribución del gas *shale* en la zona Noreste.

- 3.1 Situación actual del sector hidrocarburo en México
- 3.2 Exploración y producción
- 3.3 Proceso
- 3.4 Transporte y almacenamiento
 - 3.4.1 Gasoductos
 - 3.4.2 Infraestructura Carretera
 - 3.4.3 Marítimo y fluvial (buques)
 - 3.4.4 Ferrocarriles
 - 3.4.4.1 Participantes del mercado
 - 3.4.5 Transporte de agua, hidrocarburo y residuos
 - 3.4.6 Transporte de Personal
 - 3.4.7 Almacenamiento
- 3.5 Distribución
- 3.6 Comercio
- 3.7 Cadena de valor de hidrocarburos en México, (*Hydrocarbon Value Chain, HCVC*)
- 3.8 Los segmentos la cadena de valor de hidrocarburos
- 3.9 Metodología de los participantes en la industria de hidrocarburos en México
- 3.10 Listado de las empresas participantes en la industria de hidrocarburos en México
 - 3.10.1 Empresas participantes en el segmento *upstream*
 - 3.10.2 Empresas participantes en el segmento *midstream*
 - 3.10.3 Empresas participantes en el segmento *downstream*

VII. Conclusión

VIII. Bibliografía

Índice de figuras

- Figura 1.1 Diagrama de la Cadena de Suministro
- Figura 2.1 Desarrollo de gas lutita (gas *shale*) y su impacto en el mercado energético de México
- Figura 2.2 Extracción de esquisto
- Figura 2.3 Proceso de fracturación hidráulica
- Figura 2.4 Segmentos de la cadena de suministro en gas *shale*
- Figura 2.5 Exploración y evaluación
- Figura 2.6 Procedimiento de extracción
- Figura 2.7 Representación gráfica de un proceso de extracción de gas *shale*
- Figura 2.8 Cuencas de crudo y gas en México, en miles de millones de barriles de petróleo equivalente
- Figura 2.9 Disponibilidad de cuencas de hidrocarburos
- Figura 2.10 Mapa de provincias petroleras de México
- Figura 2.11 Mapa de las provincias Sabinas – Burro – Picachos – Burgos
- Figura 2.12 Gas de lutitas en la provincia petrolera de Burgos
- Figura 2.13 Provincia petrolera de Tampico-Misantla
- Figura 2.14 Plataforma de Tuxpan
- Figura 2.15 Provincia petrolera de Veracruz dentro de la cuenca de Chicontepec
- Figura 3.1 Regiones actuales y potenciales con *fracking*
- Figura 3.2 Labores piloto de exploración
- Figura 3.3 Cadenas de valor del flujo de los hidrocarburos
- Figura 3.4 Proceso del crudo y gas y sus principales productos
- Figura 3.5 Anuncian ramal en gasoducto Los Ramones
- Figura 3.6 Mapa del sistema de transporte y almacenamiento nacional integrado de gas natural
- Figura 3.7 Gasoducto Tuxpan - Tula
- Figura 3.8 Gasoducto La Laguna - Aguascalientes
- Figura 3.9 Gasoducto Lázaro Cárdenas – Acapulco
- Figura 3.10 Gasoducto Tula - Villa de Reyes
- Figura 3.11 Gasoducto Villa de Reyes – Aguascalientes – Guadalajara
- Figura 3.12 Gasoducto San Isidro – Samalayuca
- Figura 3.13 Gasoducto Samalayuca - Sásabe
- Figura 3.14 Gasoducto Jáltipan- Salina Cruz
- Figura 3.15 Gasoducto Salina Cruz – Tapachula
- Figura 3.16 Gasoducto Sur de Texas – Tuxpan
- Figura 3.17 Gasoducto Colombia – Escobedo
- Figura 3.18 Gasoducto Los Ramones – Cempoala
- Figura 3.19 Estación de Compresión El Cabrito
- Figura 3.20 Infraestructura carretera
- Figura 3.21 Grafica de índice del desempeño logístico
- Figura 3.22 Buque Metanero
- Figura 3.23 Mapa de puertos de que transportan GNL
- Figura 3.24 Mapa de infraestructura ferroviaria
- Figura 3.25 Tanque para la recolección de residuos industriales

Figura 3.26 Transporte de PEMEX

Figura 3.27 Mapa de estados con capacidad de almacenamiento

Figura 3.28 Cadena de valor de hidrocarburos

Figura 3.29 Participación de las compañías por segmento

Índice de cuadro

- Cuadro 1 Provincias potenciales para gas *shale*
- Cuadro 2 Lista de instituciones de gobierno *upstream*
- Cuadro 3 Listado de compañías internacionales de petróleo y gas *upstream*
- Cuadro 4 Lista de compañías locales *upstream*
- Cuadro 5 Lista de compañía nacional de petróleo y gas *upstream*
- Cuadro 6 Lista de compañías de servicios *upstream*
- Cuadro 7 Lista de instituciones de gobierno *midstream*
- Cuadro 8 Listado de compañías internacionales de petróleo y gas *midstream*
- Cuadro 9 Lista de compañías locales *midstream*
- Cuadro 10 Lista de compañía nacional de petróleo y gas *midstream*
- Cuadro 11 Lista de instituciones de gobierno *downstream*
- Cuadro 12 Listado de compañías internacionales de petróleo y gas *downstream*
- Cuadro 13 Lista de compañías locales *downstream*
- Cuadro 14 Lista de compañía nacional de petróleo y gas *downstream*
- Cuadro 15 Lista de compañías de servicios *downstream*

Introducción

El propósito de este estudio es proporcionar una visión de la situación actual en el sector mexicano de hidrocarburos, en la presente investigación se centra en analizar los componentes del sector energético en el país, basado en una cadena de suministro, que nos permita la identificación de los eslabones, funciones, procesos, flujos que componen dicha cadena de hidrocarburos incluyendo las áreas actuales de operación y las que se desarrollaran en México.

Debido a que México es la cuarta nación con el mayor número de reservas de gas *shale*, y este hidrocarburo se encuentra en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Jalisco, Sinaloa, Durango, Guerrero, Michoacán, San Luis Potosí y Veracruz. En este caso en particular nos centraremos en este energético, como fuente principal de energía que promoverá el desarrollo económico en los sectores industriales, por ser una fuente energética de bajo costo para los próximos años.

El gas *shale*, conocido como gas de lutitas es simplemente gas natural cuya procedencia es el esquisto (en inglés, *shale*), también conocida como pizarra o lutita. Los esquistos son rocas sedimentarias (son rocas formadas por la acumulación de elementos orgánicos residuales, como algas y plantas, en la superficie terrestre) de grano fino compuestas por arcilla, lodo y limo, las cuales son ricas en materia orgánica. Los esquistos se caracterizan por su alta impermeabilidad (la cantidad de poros que poseen es muy baja, lo cual evita la fuga de los fluidos que contiene). Para que el sistema funcione como yacimiento se requiere crear permeabilidad a través de perforaciones, para inducir el flujo de fluidos hacia el pozo.

Para extraerlo es necesario usar técnicas no convencionales, tales como el taladrado horizontal y la fractura hidráulica, de lo que se trata es de romper la roca, creando fisuras, de forma que el gas pueda fluir libremente y así ser extraído, se inyectan a alta presión fluidos en las rocas que se presumen contiene el gas, de tal manera que aquellas se fracturan y permiten su liberación, para ser bombeado a la superficie.

Primero se realiza un pozo vertical, hasta la profundidad deseada, y luego se taladra horizontalmente, en forma lateral, de manera que los tubos cubren una mayor distancia, cuando los tubos están en posición, se inyecta el fluido y se empieza el proceso. Al principio, el fluido es absorbido por la formación geológica, pero eventualmente la velocidad de inyección es superior a la absorción y se producen fisuras y fracturas, que una vez que estas fueron creadas, se cesa la inyección de fluido y se recoge parte del mismo que vuelve a la superficie. Por el mismo camino emerge el gas, que es luego recolectado, almacenado y distribuido.

Pero el flujo disminuye muy pronto y para mantener la producción, es necesario realizar continuamente el procedimiento de fractura hidráulica en un mismo pozo y un mismo pozo puede ser fracturado hasta 18 veces.

i Resumen de la tesis

Capítulo 1 Marco teórico para una cadena de suministro

La cadena de suministro es una parte importante para las empresas que desean competir en un mercado que es cada vez más competitivo, globalizado, demandante, con altos requerimientos e exigencias del cliente y de calidad en el producto o servicio. A nivel mundial existen muchos métodos y cada empresa deberá utilizar el que sea conforme a su proceso de producción o servicio desde el principio hasta el final, para adecuarlo a sus características y alcances, sin sacrificar las demandas del cliente.

Como veremos más adelante la cadena de suministro es un conjunto de funciones, recursos interconectados, procesos y actividades necesarias para que la materia prima, sea creada en productos o servicios, entregados y consumidos por el cliente. Y las funciones las entendemos por aquellas áreas de la compañía con responsabilidades sobre una parte de la cadena: función de compras, responsable de la adquisición de mercancías y servicios en un alto grado de calidad, y a un buen precio, de planificación, responsable de predecir con la mayor precisión, la posible demanda.

Los procesos son el conjunto de actividades que gestionan las necesidades internas de la cadena de suministro: cliente/caja, que incorpora las actividades de gestionar los pedidos de venta, entregar y recepción de productos, facturar a los clientes y manejar las cuentas, compras/pagos, donde encontramos las actividades de identificación de necesidades, petición de ofertas, negociación con proveedores, aprovisionamiento, recepción de mercancías, verificación de la facturas recibidas y la emisión de los pagos.

Las empresas deberían enfocarse más en sus cadenas de suministro, o implementarla si aún no la tienen, porque es un factor que contribuye al incremento de valor a la compañía, que se traduce en excelencia para el cliente.

Capítulo 2 Proceso de fracturación hidráulica, gas *shale*, potencial de México

Las necesidades energéticas de México y los países, se han incrementado o han sido insuficientes en algunos casos, debido al rápido crecimiento y desarrollo socioeconómico, esto ha ocasionado una preocupación para asegurar la suficiente producción y suministro para cubrir las mencionadas necesidades. La demanda de energía en el país y a nivel mundial crece exponencialmente, lo que ocasiona fuertes presiones para una mayor oferta, esto lleva a que los gobiernos estén apostando por mayor producción de energía en una buena parte por la vía de los hidrocarburos.

Para poder cumplir con la necesidad de la demanda creciente del país, se usara una de las formas de extracción de energía que ha mejorado enormemente gracias a su innovación y avances tecnológicos en el campo de gas natural no convencional en Estados Unidos, generando expectativas, y posibilidades de reproducir los éxitos y logros en México, es la fracturación hidráulica, para extraer gas, petróleo y es una técnica que está generando una revolución energética.

México tiene un lugar importante en cuanto a la existencia en el territorio de recursos prospectivos de gas de lutitas o gas *shale* que mediante la reforma energética, y con la apertura a la inversión privada se busca crear un impulso en el desarrollo de la industria nacional, fomentar la participación de la inversión extranjera y con ello, logren producir este recurso a fin de potencializar los beneficios de la propia reforma en el país.

Capítulo 3 Desarrollo de una cadena de suministro en la distribución del gas *shale* en la zona Noreste

La región Norte del país presenta la mayor extensión territorial, incluyendo una porción terrestre así como la marina, la exploración tiene como objetivo la evaluación potencial que presentan las cuencas de Burgos, Sabinas, Tampico – Misantla y la porción Norte del Golfo de México Profundo. Ya que la región Norte produce diversos hidrocarburos, como aceite ligero y pesado, gas seco y húmedo, además de gas y condensado.

En particular, los activos de producción de aceite terciario del Golfo y Poza Rica – Altamira producen preponderantemente aceite, mientras que la producción de gas no asociado proviene de Burgos y de Veracruz, esto ha permitido que la región se constituya nuevamente en la principal productora de gas natural.

ii Objetivo general

Identificar los elementos que participan en la cadena de suministro del proceso de exploración y explotación del gas *shale* en la región noreste de México.

CAPÍTULO 1

Marco teórico para una cadena de suministro

El planteamiento teórico que da sustento a este trabajo trata de conjuntar las diferentes ópticas que se ha abordado.

1.1 Definición de cadena de suministro (*SupplyChain*)

Se presentan los conceptos que reportan diferentes autores.

Para Chopra y Meindl (2013), la cadena de suministro se compone de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, para satisfacer la petición del cliente, incluye no sólo al fabricante y los proveedores, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (menudeo), e incluso a los clientes mismos.

Las cadenas de suministro combinan el flujo de bienes, inversiones, servicios, tecnología y personas entre países, denominada esta maraña “comercio internacional con cadenas de suministro”. (Baldwin, 2011)

La cadenas de suministro se refiere a la brecha de tiempo y espacio entre los puntos de procesamiento de una empresa y sus clientes. (Ballou, 2004)

La cadenas de suministro usa tecnología avanzada, gestión de información e investigación de operaciones para planificar y controlar una complejidad creciente de factores para producir y entregar de mejor forma los productos y servicios para satisfacer al cliente. (Chávez, y Torres-Rabello, 2012)

Un conjunto de funciones, procesos y actividades que permiten que la materia prima, productos o servicios sean transformados, entregados y consumidos por el cliente final. (Sánchez Gómez, 2008)

La cadena de suministro busca añadir valor al cliente, mejorar las relaciones con proveedores, fabricantes, clientes y aumentar las ganancias a los accionistas. (Correa y Gómez, 2009)

A partir de las definiciones presentadas, se puede identificar que el concepto de cadena de suministro combina procesos logísticos, infraestructura, información, productos, dineros los cuales van desde el aprovisionamiento de materias primas o utilización de servicios, los cuales son transformados en productos que se distribuyen a los clientes para satisfacer las demandas.

Se puede decir también, en un concepto un poco más avanzado, que la cadena de suministro es una red global, desde las materias primas hasta los consumidores finales, unidos a través de un flujo lógico de información, distribución física y efectivo, que en este flujo se involucran varios elementos que proveen la

información necesaria para operar el negocio, para distribuir los productos a lo largo de la cadena y para obtener el efectivo que generan las ganancias de la empresa o negocio. Figura 1.1

Este concepto requiere una visión global que incluya no sólo las relaciones con las funciones al interior de la organización, sino también aquellas que se establecen con los elementos al externo de la misma.

En los últimos años ha surgido el concepto de la cadena de suministro que encierra la esencia de la logística y las relaciones que tiene entre las funciones de marketing, producción. De esta manera, la cadena de suministro busca integrar los distintos departamentos dentro de las empresas con el único fin de alinearlos en dirección de objetivos comunes.

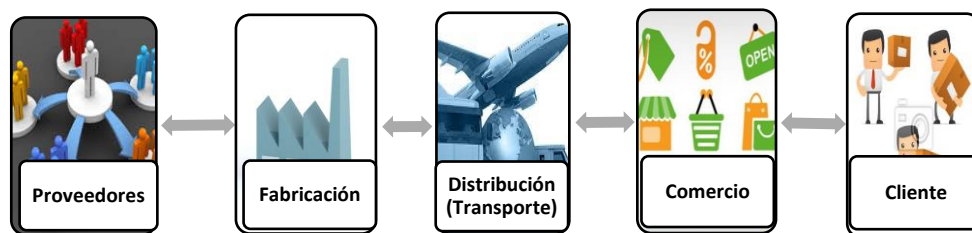


Figura 1.1 Diagrama de la Cadena de Suministro.

Fuente: Elaboración propia.

Las funciones e importancia de los elementos que participan en una Cadena de Suministro, conforme se describe en la Figura 1.1 son:

Proveedores

- Los proveedores son personas o empresas que suministran bienes o servicios a cambio del pago acordado. Es importante tener una estrategia, para seleccionar proveedores, con sistemas donde se vean como socios y compartan más información, que se encargan de proveer los insumos necesarios para satisfacer las necesidades de producción (materia prima y materiales) cuidando los tiempos de entrega.

Fabricación

- Es el proceso de producción o transformación de materias primas en productos o servicios, elaborado a las necesidades del cliente, con flujos que de información, materiales, y recursos.

Distribución (transporte)

- Es aquel conjunto de actividades, que se realizan desde que el producto ha sido elaborado por el fabricante hasta que ha sido comprado por el consumidor final, y que tiene por objeto precisamente hacer llegar el producto (bien o servicio), se hace un análisis del transporte como factor

integrador del proceso de abastecimiento y distribución, que es complementado con la importancia de las relaciones de colaboración entre las empresas, que se encarga de custodiar insumos y producto terminado, hacerlo llegar a los clientes o a su red de distribución, que puede incluir otros almacenes o centros de distribución. Además se tiene una gama de servicios a su disposición que giran alrededor de cinco modalidades o modos básicos: marítimo, ferroviario, por camión, aéreo y por ductos o conducto directo, que cumplen con ciertas características básicas para todos los servicios como: precio, tiempo de tránsito promedio, variación del tiempo de tránsito, y pérdidas y daños.

Comercio

- Desarrollo de un marco integrado que considera una estrategia de interacciones entre las compañías, compartir el mercado, comercialización del producto y costos de distribución, mientras maximiza la rentabilidad.

Cliente

- Los clientes perciben la oferta de toda compañía en términos de precio, calidad, servicio y responden a ella de acuerdo con su preferencia o su falta de ella. Y es la satisfacción de la demanda en las mejores condiciones de servicio, costo, y garantizar la calidad, es decir la conformidad con los requisitos de los clientes.

Por lo tanto, las cadenas de suministro son de un gran interés dentro de los sistemas productivos, por eso, es importante conocer su estructura, funciones, las relaciones que guardan sus elementos, sus actores, el adecuado diseño y operación, logran posicionar a la empresa en un lugar estratégico dentro de su mercado. Sin embargo, el diseño y operación requieren de tomar decisiones en distintos aspectos de la red de suministro.

También el concepto ha adquirido importancia en el medio empresarial, ya que permite desarrollar un enfoque que incluye a los proveedores, productores y distribuidores que conforman la cadena, permitiendo la satisfacción de las necesidades del cliente a través de la transformación de la materia prima en productos terminados, los cuales son distribuidos a los mismos. (Ballou, 2004), respalda dicha definición, describiendo que la cadena de suministro, es “un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor”.

A partir del concepto de cadena de suministro ha surgido a nivel empresarial el concepto denominado Gestión de la Cadena de Suministro o *SupplyChain Management (SCM)* en inglés, el cual busca coordinar e integrar la cadena de suministro con el fin de aumentar el aprovechamiento de sus recursos y procesos asociados.

La gestión de cadena de suministro es la planificación, organización y control de las actividades y está implicada la gestión de flujos monetarios, de productos o servicios de información, a través de toda la cadena, con el fin de maximizar, el valor del producto y servicio entregado al consumidor final a la vez que disminuimos los costes de la organización. Lo que busca es coordinar e integrar adecuadamente los procesos logísticos con el fin de mejorar su desempeño, lo cual puede implicar aumentar la eficiencia y atender adecuadamente las necesidades de los clientes.

Cuando describe clientes, se refiere tanto a consumidores como: proveedores, fabricantes, comercializadores entre otros agentes de la cadena de suministro. (Correa y Gómez, 2008)

1.2 La cadena de suministro incrementa el valor

Teniendo en cuenta que una cadena de suministro optimizada, y aprovechando al máximo el potencial que ella proporciona, ayudará a liberar la auténtica excelencia en la empresa, y de costos, a la vez que aumenta el porcentaje de cumplimiento de los pedidos de los clientes.

Esto permite aplicar iniciativas que aumentan directamente el valor de la compañía/valor del accionista. Dichas iniciativas impactan directamente sobre el aumento de los ingresos de la compañía mediante la consecución del incremento del nivel de servicio, la minimización de las roturas de stock, y de las evoluciones, y sobre la reducción de los costos de las operaciones atacando costos de almacenamiento, transporte, compras y administrativos.

El incremento de los ingresos unido a la reducción de los costes de las operaciones redundan en una mejora del *EBITDA* (beneficio antes de intereses, impuestos, amortizaciones, y depreciaciones) de la compañía. Otras iniciativas persiguen la reducción del activo circulante mediante la consecución de niveles menores inventarios, periodos de cobro de clientes inferiores, y la reducción de activos fijos por optimización de la red logística. El resultado es una necesidad menor de niveles de inversión por parte de la compañía. (Sánchez Gómez, 2008)

Tomando varias acciones que se traducirán en mejoras en el balance, la cuenta de resultados y el flujo de caja o *cash flow*, que juntos producirán más beneficio económico para la empresa, y este beneficio conecta directamente la excelencia de la cadena de suministro con valor para el accionista. (Slone, Dittman, y Mentzer, 2012)

La excelencia de la cadena de suministro contribuye a generar valor para el accionista porque controla el pulso de la firma: el flujo esencial de materiales e información procedente de los proveedores por toda la empresa hasta llegar a los clientes. (Slone, Dittman, y Mentzer, 2012)

Un producto o un servicio tienen poco valor si no está disponible para los clientes en el momento y el lugar en que ellos desean consumirlo. Cuando una empresa incurre en el costo de mover el producto hacia el consumidor o de tener un inventario disponible de manera oportuna, ha creado un valor para el cliente que antes no tenía. Es un valor tan indudable como lo es el creado mediante la fabricación de un producto de calidad o mediante un bajo precio. Por lo general se reconoce que el negocio crea cuatro tipos de valor en los productos o en los bienes. Estos son: forma, tiempo, lugar y posesión.

La logística crea dos de esos cuatro valores. La manufactura crea valor de forma cuando el dinero gastado se convierte en producción, es decir, cuando las materias primas se convierten en bienes terminados. La logística controla los valores de tiempo y lugar en los productos, principalmente mediante el transporte, el flujo de información y los inventarios. El valor de posesión a menudo es considerado como la responsabilidad del marketing, la ingeniería y las finanzas, donde el valor se crea ayudando a los clientes a adquirir el producto mediante mecanismos como la publicidad (información), el apoyo técnico y los términos de venta (fijación de precios y disponibilidad de crédito). Considerando que la SCM incluye producción, tres de los cuatro valores pueden ser responsabilidad del director de logística y de la cadena de suministros. (Ballou, 2004)

1.3 Administración de la cadena de suministro

En su concepto más básico, la cadena de suministro se define como la integración de todas las actividades y procesos necesarios para proveer un producto o servicio que satisfaga la demanda del consumidor. Ya sea que se incluya a uno o varios productores, la cadena agrupará varias organizaciones con relaciones cliente, proveedor.

En general, los componentes específicos, dependen del tipo de industria y de la naturaleza del producto o servicio del que se trate. Existen flujos en ambas direcciones pero, usualmente los productos y servicios irán de las fuentes de abastecimiento con dirección hacia las fuentes de demanda, mientras que la información fluirá en sentido contrario.

Cuando las organizaciones deciden optimizar su cadena, se dan a la tarea de diseñar un modelo que integre y sincronice a todos los elementos, de tal forma que los flujos resultantes (información, productos y efectivo) puedan beneficiar al consumidor final. Cada uno de los elementos obtiene ganancias o pérdidas, a través de su habilidad de interrelacionarse sin perder su independencia.

Es en este momento donde la definición de procesos toma importancia, porque permiten desarrollar, producir y entregar productos que satisfagan las necesidades de los consumidores, la adecuada administración de éstos determina las mejoras requeridas para optimizarla. El abastecimiento asocia las actividades de compra de materiales, que éstas incluyen la identificación y selección de proveedores, la adquisición, recibo, almacenamiento y distribución de los mismos.

La conversión se relaciona a la transformación de las entradas de productos terminados, que incluyen la producción y empaque del producto, así como el mantenimiento y operación de los equipos productivos y por último, la entrega incluye el envío, almacenamiento y distribución física del producto terminado, así como el procesamiento de pedidos.

1.4 Funciones y proceso de la cadena de suministro dentro de una empresa.

Para el éxito de la cadena de suministro se requieren cambiar las actividades funcionales por actividades integrales de los procesos claves de dicha cadena, normalmente los proveedores y clientes de la empresa, en una operación de suministro, actúan individualmente como entidades desconectadas que reciben flujos de información de manera esporádica.

En la gestión de la cadena de suministro se requiere que la información fluya continuamente para que se produzca el flujo más adecuado de los bienes, es importante recordar que debido a que el enfoque de la gestión tiene como base el cliente, se requiere de información precisa y oportuna de los procesos para que los sistemas de respuesta rápida respondan a los frecuentes cambios y fluctuaciones de la demanda. Una vez controlada la incertidumbre de la demanda del cliente, los procesos industriales y la actuación del proveedor, son básicos en la eficacia de la cadena.

El flujo de información entre cada uno de los integrantes de una determinada cadena de suministro es aprovechada de forma diferente según la estructura de la cadena y el proceso de compartir dicha información, hará que se reduzca la incertidumbre entre los miembros de la cadena. (Chopra, y Meindl. 2008)

En una empresa, internamente la cadena conecta toda la organización pero especialmente las funciones comerciales, Mercadotecnia/Ventas/Servicio al Cliente, de Abastecimiento de insumos a la producción, productivas a Control de Producción/Manufactura, de almacenaje y transportación de productos terminados a Distribución, con el objetivo de alinear las operaciones internas hacia la satisfacción del cliente, reducción de ciclo y el ahorro del capital necesario para operar.

1.4.1 Procesos macro en el interior de la empresa

Las relaciones con los proveedores

- Selección y evaluación de proveedores
- Negociación de contratos
- Compras
- Colaboración en el diseño
- Colaboración en el suministro

Administración de la Cadena de Suministro

- Planeación estratégica
- Planeación de la demanda
- Planeación de abasto
- Cumplimiento en el procesamiento de órdenes
- Cumplimiento en el servicio

Las relaciones con el cliente

- Marketing
- Fijación de precios
- Ventas
- Atención al cliente
- Administración de órdenes

1.4.2 Proceso de implementación de una cadena de suministro

Para llevar a cabo la implementación de una cadena de suministro, debemos entender que dicha cadena es parte de una red de cadenas y que estas se unen por los eslabones que las conectan. A partir de esto, hay un eslabón, una empresa, que tiene una posición dominante, y la cadena se organiza en torno a esta empresa dominante. A esta empresa, entonces, compete el rol de organizador.

Y para que este rol sea realizado en forma exitosa, hay 10 factores críticos de éxito que deben ser considerados.

1. Compromiso de la dirección con establecer un acuerdo de trabajo y sólidas relaciones con los otros eslabones de la cadena.
2. Desarrollar un nuevo plan de negocios, que incluya el trabajo en conjunto con otras empresas en la cadena, en una relación ganar-ganar.
3. Comunicar a toda la organización la naturaleza de los cambios, de manera que todos conozcan sus responsabilidades y su autoridad, especialmente en el trabajo en conjunto con otras empresas de la cadena.
4. Simplificar, mejorar o rediseñar los procesos claves de negocio, poniendo énfasis en los puntos de interacción con proveedores y clientes.
5. Establecer indicadores de desempeño que enfatizan, más que el éxito local, el éxito de la cadena en su conjunto.
6. Involucrar a los proveedores y clientes en etapas tempranas de diseño y desarrollo y, posteriormente, en la producción y distribución, para satisfacer a los consumidores finales.
7. Ajustar políticas de compra y niveles de inventario, reemplazando las antiguas órdenes de compra por reposición continua, just in time o algún programa similar que reduzca los niveles de inventario y los quiebres de stocks.

8. Hacer uso intensivo de la moderna tecnología de información y comunicaciones para intercambiar datos e información en la cadena, logrando visibilidad de todos los actores y posibilitando la trazabilidad.
9. Retroalimentar los resultados alcanzados a todos los participantes en la cadena, de manera que se logre una rápida capacidad de respuesta frente a inesperados cambios en el mercado y que se emprendan acciones correctivas cuando sea necesario.
10. Implementar el mejoramiento continuo, mediante el trabajo en equipo con los participantes en la cadena, buscando soluciones en conjunto y cimentando una relación de mutuo beneficio, a través del trabajo cotidiano. (Chávez, 2006)

1.5 Visualización de los procesos de una cadena de suministro.

Una cadena de suministro es una secuencia de procesos y flujos que ocurren dentro y entre etapas que se combinan para satisfacer la necesidad de un cliente por un producto. Para que la cadena sea rentable, debe establecer un balance entre el nivel de servicio que provee y el costo total de su operación.

La coordinación del flujo de bienes y servicios entre las instalaciones físicas es un asunto importante en el manejo de la cadena de suministro, la decisión de las cantidades que se moverán, en el momento de moverlas, la forma de moverlas, y las ubicaciones de donde serán adquiridas son preocupaciones frecuentes. Estas decisiones de programación se presentan dentro de la cadena y su buen manejo implicará la coordinación con otras actividades dentro de la empresa, en especial con producción.

El proceso de planeación incluye las actividades de identificación y comunicación de la demanda, así como la identificación de los requerimientos para satisfacerla.

Hay varias maneras de ver los procesos realizados en una cadena de suministro.

1. Visualización de ciclo. Los procesos en una cadena de suministro se dividen en una serie de ciclos, cada uno realizado en la interfaz entre dos etapas sucesivas de una cadena de suministro.
2. Visualización de empuje/tirón. Los procesos en una cadena de suministro se dividen en dos categorías dependiendo de si se ejecutan en respuesta al pedido de un cliente o con anticipación a este. Los procesos de *tirón* se inician con el pedido del cliente, en tanto que los de *empuje* se inician y realizan con anticipación a los pedidos del cliente (Chopra, y Meindl, 2013).

Tradicionalmente, cuando una cadena empuja productos y materiales, sin tomar en cuenta el requerimiento real de los clientes resulta en un exceso de inventario y un costo de operación muy elevado, esto se debe a que el sistema que utilizan se basa su producción en un pronóstico de lo que se va a vender y no mantienen una comunicación constante con todos los elementos.

Por el contrario, cuando una cadena logra nivelar al abastecimiento con la demanda, sólo se produce y distribuye la mezcla de productos que los clientes realmente están consumiendo, porque cada uno de los elementos ajusta su abastecimiento a la demanda real del mercado.

Para lograr el balance de la cadena de suministro con los requerimientos de los clientes, requiere de canales efectivos de comunicación entre funciones y la integración de diferentes equipos en una sola función de planeación y debe tener las siguientes características:

- Son sistemas basados en demanda: los procesos de abastecimiento, producción y distribución se enfocan a reponer el producto que se consume en el siguiente eslabón.
- Tienen ciclos cortos de operación: proveen de flexibilidad a las operaciones y por lo tanto, es posible reaccionar con mayor rapidez a cambios en la demanda y permiten producir y resurtir a la misma velocidad de la demanda.
- Tienen tiempos de respuesta cortos: los procesos que se ejecutan en cada uno de los eslabones de la cadena se completan en forma rápida, el tiempo es casi inmediato
- Ejecutan sus procesos consistentemente de una manera confiable y conforme a lo planeado.
- Tienen visibilidad a todo lo largo de la cadena: es necesario tener acceso y oportuna información acerca del desempeño de la cadena y de la demanda que tiene que satisfacer.

1.6 Mejora de los procesos de planificación de la cadena de suministro

La planificación de las operaciones de las cadenas de suministro tiene como objetivo la alineación de los niveles de demanda, la producción y la capacidad para asegurar que los requerimientos de los clientes sean cumplidos al menor costo posible.

Para obtener altos niveles de desempeño en una cadena de suministro en una empresa, es necesario concentrarse en diferentes objetivos y horizontes, tales como:

1. Planificación a corto plazo. Esta etapa de planificación se basa en preparar planes detallados de las actividades a desarrollar en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro. La optimización y la ejecución de una programación ajustada permiten obtener capacidad extra mediante la reducción de las pérdidas de capacidad por motivos de la variabilidad operacional. El objetivo fundamental de esta planificación es maximizar la capacidad mediante la coordinación de actividades de mantenimiento a lo largo de la cadena de suministro, teniendo en cuenta los niveles esperados de demanda y producción.

2. Planificación a largo plazo. Esta planificación enfatiza en desarrollar pronósticos robustos de la demanda, sobre los cuales se fundamenten las decisiones de inversión para mejorar el margen de beneficio en la empresa y en los eslabones de la cadena de suministro.

1.7 Tecnología de la información en una cadena de suministro.

La información es crucial para el desempeño de una cadena de suministro porque constituye la base para que se puedan tomar de decisiones. La tecnología de información se compone de herramientas que se emplean para percatarse de la información, analizarla y ejecutar acciones basadas en ésta para mejorar el desempeño de la cadena de suministro.

La información es un elemento fundamental de la cadena de suministro porque actúa como el aglutinante que permite que los demás elementos fundamentales de la cadena funcionen en conjunto, con el objetivo de crear una cadena de suministro integrada y coordinada, porque proporciona el fundamento a partir del cual los procesos de la cadena ejecutan transacciones y los gerentes toman decisiones, ya que sin ella no puede saber qué quieren los clientes, cuánto inventario hay y cuándo debe producirse o enviarse más producto.

La tecnología de información (TI), se compone de hardware, software, y personal a lo largo de la cadena de suministro, que recopilan, analizan y ejecutan acciones con base a la información. La disponibilidad y análisis de la información para impulsar la toma de decisiones es un elemento fundamental para el éxito de una cadena de suministro.

Para apoyar las decisiones eficaces relacionadas con la cadena de suministro, la información debe tener las siguientes características:

1. La información debe ser precisa. Sin información que dé un panorama real del estado de la cadena de suministro, es difícil tomar buenas decisiones, esto no quiere decir que toda la información deba ser 100% correcta.
2. La información debe ser accesible de manera oportuna. A menudo existe información precisa, pero para cuando está disponible, ya es obsoleta o no está en un formato accesible.
3. La información debe ser del tipo correcto. A menudo las compañías tienen grandes cantidades de datos que no le sirven para tomar decisiones, deben reflexionar sobre qué información deben registrar para no desperdiciar recursos valiosos.
4. La información debe compartirse. Una cadena de suministro puede ser eficaz sólo si todos los accionistas comparten una perspectiva común de la información que utilizan para tomar decisiones de negocios.

La tecnología de la información y comunicación (TIC), se refiere a la aplicación del conjunto de actividades y prácticas empresariales resultantes de la incorporación

de las TI, basadas principalmente en internet, en apoyo a las funciones de la empresa.

1.8 La cadena de suministro en el sector minero como estrategia en Sudamérica

Se puede indicar que los conceptos de cadena de suministro son aplicables a la minería debido a que ésta se compone de un conjunto de empresas las cuales poseen instalaciones, actividades funcionales y sistemas de distribución que buscan entregar minerales a diferentes clientes.

Y con estos conceptos aplicados, ya ha alcanzado un papel importante en el desarrollo de algunos países mineros como Perú y Chile, los cuales han aumentado su productividad y competitividad debido a la implementación de mejores prácticas y procesos logísticos en sus operaciones.

En el caso de Chile, una instancia de cooperación que se constituye en el seno del Consejo Minero, que está abierta a otras compañías, buscando respaldar la cadena de suministro para el sector minero chileno en tres aspectos:

- Promover la formación de profesionales en los distintos ámbitos de abastecimiento
- Elaborar y difundir un código de ética de abastecimiento en la minería
- Promover y compartir las prácticas de excelencia en la gestión de la cadena de suministro

Estos aspectos buscan promover la integración, colaboración y elevan la competitividad del sector minero Chileno. Se puede inferir que el concepto de cadena de suministro en la minería chilena ha sido identificado como crítico debido a que afecta aproximadamente el 50% de los costos de operaciones de las empresas mineras.

En el caso Peruano, se identifican tres aplicaciones de cadena de suministro, a nivel de una gran empresa, una asociación de profesionales de logística y el análisis (Friere, 2006), solamente se citara la más reciente.

En el ámbito de la cadena de suministro ha logrado diferentes distinciones por su modelo de excelencia en esta área, dando prioridad a un abastecimiento oportuno y eficiente de bienes y servicios que buscan asegurar la continuidad de las operaciones de la empresa. En este proceso se resaltan las funciones de compras, almacén de insumos, maquinaria, repuestos y distribución, las cuáles son críticas para la explotación y operación de la mina. Aplicación de cadena de suministro en Antamina S.A. (Antamina, 2008), esta empresa es una de las mayores productoras de cobre y zinc del Perú.

Según en el Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO), el cual es la fuente oficial de documentación del Ministro de Minas y Energía, el plan de desarrollo minero visión 2019, se enfoca en la promoción de un conjunto de minerales estratégicos tales como: carbón, oro níquel, platino, esmeraldas y materiales de construcción, los cuáles son considerados críticos para el desarrollo productivo y económico del país.

Adicionalmente, se debe considerar que alrededor de cada uno de estos minerales, se deberían formar cadenas productivas o de suministro que asocien y coordinen empresas de proveedores, exploración, explotación y comercializadoras, como medio para aumentar la productividad y competitividad.

En particular, en el caso colombiano, se identifica que la cadena de suministro puede mejorar la productividad y aprovechamiento de los minerales debido a la coordinación de sus diferentes actores (proveedores, empresas de exploración, explotación, comercializadores) y aplicación de técnicas logísticas que permitan mejorar las operaciones de compra, transporte, trazabilidad, entre otras. (Correa Espinal, y Gómez Montoya 2008)

Como podemos observar la cadena de suministro se puede aplicar en todo ámbito industrial y de servicio.

1.9 Cadena de suministro en el sector minero como enfoque en la productividad

Revisaremos la utilización de modelos de cadenas de suministro en el sector minero, como medio para conocer herramientas que aumenten, mejoren la productividad y aprovechamiento de los recursos.

La industria minera es compleja en cuanto al número de actividades y procesos necesarios requeridos para convertir el mineral en un producto funcional al cliente final. Para operar a altos niveles de utilización y eficiencia, es necesario realizar actividades de integración entre dichas actividades y procesos. (Arango Serna, Zapata Cortes, y Gómez Montoya 2010)

Las herramientas que permiten mejorar los procesos de integración entre las empresas del sector minero son:

1. Mejora de las comunicaciones y la visibilidad entre los eslabones de la cadena de suministro, para mejorar los procesos de toma de decisiones.
2. Establecer un conjunto estándar y fijo de sistemas de medida a lo largo de todos los eslabones de la cadena de suministro, lo cual facilita la medición del desempeño de la misma, mejora el proceso de toma de decisiones y permite la implementación de programas de mejora continua.

3. Integrar todas las operaciones a lo largo de la cadena de suministro, desde el cliente final, la mina y los proveedores, con el fin de identificar, establecer y manejar las fuentes potenciales de problemas y de variabilidad.
4. Realizar proceso de planificación, teniendo en cuenta todos los eslabones de la cadena de suministro, asegurándose de que existe un único plan, con lo cual se pueda lograr que todos los esfuerzos se realicen hacia un mismo fin. (Arango Serna, Zapata Cortes, y Gómez Montoya 2010)

En los últimos tiempos la minería se ha convertido en un sector en crecimiento a nivel económico y comercial debido a los altos precios de algunos de sus minerales y a la demanda de países industrializados en Asia y Europa, lo cual ha conllevado al aumento de inversiones y desarrollo de actividades en las áreas de: exploración, explotación, comercialización, diseño de nuevos productos o servicios, fomento de proveedores, tecnificación, entre otras que se encuentran asociadas a su operación. Adicionalmente, dicho crecimiento ha generado impacto en diversas regiones, especialmente en Sudamérica, en factores tales como: la política, la sociedad y la productividad, entre otros, los cuales pueden modificar aspectos sociales y competitivos de las regiones, teniendo en cuenta que en la minería los recursos explotados no son renovables.

La cadena de suministro se ha empleado en varios países sudamericanos en los procesos de extracción minera, para aumentar la eficiencia y atender las necesidades de sus clientes, bajar costos, optimizar recursos, haciéndolos más competitivos.

El concepto de cadena de suministro en la minería Chilena ha sido identificado como crítico debido a que afecta aproximadamente el 50% de los costos de operaciones de las empresas mineras. Adicionalmente, se observó que la promoción de su uso, se está liderando desde instituciones públicas o académicas como Abastemi, las cuales impactan e integran empresas mineras privadas. En cuanto a los componentes de la cadena de suministro que consideran se encuentra el aprovisionamiento, los procesos logísticos y las TIC.

La implementación del concepto de cadena de suministro en la minería Peruana ha sido liderada por empresas grandes como Antamina S.A y APROLOG. Inclusive, el presidente de esta última, Friere (2006) realiza una propuesta de implementación de modelos de cadena de suministro, que buscan aumentar la productividad y competitividad del sector considerando factores críticos y beneficios potenciales en su uso tales como: operación continua, adecuados costos de operación e integración con proveedores. En cuanto a los componentes de la cadena de suministros éstos consideran el aprovisionamiento, las TIC'S y los procesos logísticos de compras, inventarios, transporte, entre otros.

En el caso de Colombia, no se identificaron propuestas directas de entidades públicas o privadas relacionadas con la implementación y promoción de cadenas de suministro. Lo que se observó, fue el concepto de cadenas productivas para minerales del país como carbón, oro, níquel, entre otros (SIMCO, 2008), los cuales

promueven encadenamientos productivos hacia adelante o hacia atrás, pero no lo conciben como una cadena de suministro enfocada directamente al aprovechamiento de los recursos y la satisfacción de los clientes, que en el caso minero pueden ser actores o empresas proveedoras, exploración, explotación, beneficio, transformación, comercialización, consumidores. (Correa Espinal y Gómez Montoya, 2008)

1.10 Cadena de suministro para gas *shale* en escenarios internacionales

La integración, aplicación de la cadena de suministro en la extracción, exploración, producción y comercialización del gas *shale* existentes en otras partes del mundo, buscan que sea de una forma más integral, que no sólo se quede en el cumplimiento de la demanda, requerimientos del cliente o mercado, y cumplir con ciertas normas, sino que también busque que el diseño de la cadena de gas esquisto y su operación se enfoque hacia un mejor ciclo de vida con el medio ambiente y su optimización ambiental de la red.

Los avances, en los últimos años en el acompañamiento de la perforación horizontal y la fracturación hidráulica, del gas de esquisto, o gas natural extraído de roca de pizarra, se han convertido en una prometedora fuente de energía. El ciclo de vida de la electricidad generada a partir de gas *shale*, consta de una serie de etapas que incluye la adquisición de agua dulce, perforación de pozos de esquisto, fractura miento hidráulico y la finalización, la producción gas *shale*, gestión de aguas residuales, procesamiento de gas, la generación de electricidad, así como el transporte y almacenamiento.

En los EE.UU., la producción de gas de esquisto ha aumentado a la contribución a la producción total de gas natural, de menos del 5% al 35% de 2005 a 2012, y se espera llegar a 50% en 2035. El sistema de producción de gas de esquisto es una de red de múltiples etapas complejas, incluyendo varios componentes tales como la adquisición de agua, la producción de gas de esquisto, gestión de aguas residuales, procesamiento de gas de esquisto, el inventario, el uso y el transporte. Una variedad de decisiones debe hacerse en cada etapa de este sistema.

Por lo tanto, discernir el diseño óptimo y las operaciones de la cadena de suministro de gas de esquisto tiene un gran potencial económico, mientras tanto, el desempeño ambiental del gas pizarra es de gran preocupación. El gas natural está principalmente compuesto por metano, las pequeñas tasas de metano y estas emisiones podrían tener una gran influencia en el gas de efecto invernadero al uso de gas natural, y la cadena de suministro tiene actividades como la producción de gas de esquisto, procesamiento, transporte, y la generación de energía podría incurrir en gran a las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero).

Los beneficios climáticos de gas de esquisto, en comparación con los combustibles fósiles tradicionales dependerán de GEI en general de la emisión de todo el sistema. Debido al significativo esperado impactos económicos y ambientales, es

esencial ambos de estos criterios toman en cuenta simultáneamente. Cuando abordar el diseño óptimo y las operaciones del gas esquisto en la cadena de suministro.

Hay publicaciones que abordan el diseño y funcionamiento de las cadenas de suministro de gas esquisto en la literatura existente, que presentan diferentes tipos de modelos de programación, que han sido desarrollados para las cadenas en otros lugares del mundo y proporcionan una forma sistemática para abordar lo económico y los impactos ambientales asociados con la producción del gas de esquisto.

Yang y Grossmann presentan un modelo de programación lineal entera mixta (MILP) para maximizar la economía del uso del agua en la fracturación hidráulica, y es ampliamente utilizado en la ingeniería de procesos para optimizar una amplia variedad de procesos de producción que van desde la refinería de petróleo, procesos de polimerización e incluso se puede aplicar a la evaluación del ciclo de vida.

Cafaro y Grossmann presentan un modelo de programación no lineal entera mixta (MINLP) para determinar de manera óptima el diseño más económica de una cadena de suministro de gas de esquisto.

Sin embargo, no tomaron en cuenta la vida útil real de los pozos de esquisto. Gao y You, proponen un modelo lineal entera mixta de programación fracción (MILFP) para abordar el diseño óptimo y las operaciones de las redes de la cadena de suministro de agua para la producción de gas de esquisto.

Aparte de la literatura que se centra en el diseño y las operaciones de gas de esquisto en las cadenas de suministro, hay un número creciente de publicaciones que consideran los impactos ambientales, especialmente el ciclo de vida del carbono en la huella de gas de esquisto, para evaluar la sostenibilidad de este recurso energético.

En 2011, Howarth, presenta un análisis de la huella de gases de efecto invernadero del gas de esquisto. Este trabajo impulso un gran aumento en la investigación y el análisis sobre el ciclo de vida del carbono, y la huella del gas de esquisto, mediante diferentes datos y supuestos. Weber y Calvin, presentan una revisión del estudio original de Howarth, así como los estudios posteriores.

Heath, presenta un método de armonización para desarrollar comparaciones sólidas y actualizadas de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de la electricidad generada a partir de gas de esquisto, gas natural convencional, y el carbón.

Allen recomienda la conciliación de abajo hacia arriba y las mediciones de arriba hacia abajo para una mejor comprensión de las emisiones de metano a partir de una cadena de suministro de gas natural.

La escasez de herramientas y metodologías de apoyo a las decisiones dedicadas al diseño y operación de un sistema de cadena de suministro de gas de esquisto sostenible puede ser identificada a partir de la revisión del trabajo existente en el campo.

El propio artículo de Gao y You, presenta un modelo MINLP con la ventaja de incluir mejoras en el desarrollo económico y también en el desarrollo del ciclo de vida ambiental.

No se encontró para el caso de México un desarrollo similar de una cadena el suministro del gas *shale* que puede ser extraído de la zona noreste de México, por lo tanto este trabajo se enfoca a identificar los elementos que participan en la creación de un modelo de cadena de suministro para el proceso de extracción y exploración del gas *shale* en México.

CAPÍTULO 2

Proceso de fracturación hidráulica, gas shale, potencial energético de México

2.1 Antecedentes de la industria mexicana del petróleo y gas

La industria mexicana de hidrocarburos ha desarrollado tradicionalmente sus operaciones *onshore* (tierra), mediante la extracción de recursos convencionales, y sus operaciones *offshore* (en alta mar), mediante la extracción de recursos en aguas poco profundas y ha alcanzado un estado de madurez en esta área, compartiendo las mismas capacidades centrales desarrolladas por todos los grandes actores globales de la industria. Petróleos Mexicanos (PEMEX), la compañía petrolera y gas desde que la producción de petróleo se nacionalizó en México en 1938. (SENER 2015)

Sin embargo, la demanda nacional de hidrocarburos ha ido en aumento, así como las importaciones, mientras que el territorio mexicano tiene depósitos sin explotar con un potencial de producción significativa. Estos depósitos presentan recursos no convencionales que requieren algunos métodos de recuperación que no se realizan actualmente en México, tales como la fractura hidráulica (método conocido como *fracking*), la recuperación térmica y operaciones en aguas profundas.

La Reforma Energética atraerá capital privado en la extracción de recursos no convencionales, lo que con lleva a tener capital con experiencia técnica especialista en la extracción, lo cual reforzará la industria energética Mexicana, maximizando el ingreso de petróleo y gas, que impulsara el crecimiento económico. PEMEX ya no es la única compañía con derechos para extraer y producir petróleo y gas, como consecuencia, no sólo las áreas operativas existentes recibirán más capital, nuevas tecnologías y experiencia técnica; sino también se desarrollarán áreas nuevas de operación en el sector de hidrocarburos.

2.2 ¿Qué es un yacimiento convencional o no convencional?

Los yacimientos de aceite y gas en lutitas se definen como un sistema petrolero de rocas arcillosas orgánicamente ricas y de muy baja permeabilidad, que actúan a la vez como generadoras, almacenadoras, trampa y sello. Para que el sistema funcione como yacimiento se requiere crear permeabilidad a través de la perforación de pozos horizontales que requieren fractura miento hidráulico, para inducir el flujo de fluidos hacia el pozo.

El gas natural es obtenido de yacimientos convencionales o no convencionales, la diferencia radica en la estructura geológica de los yacimientos y la manera en que se realiza la extracción.

Yacimientos convencionales, son utilizadas tecnologías tradicionales de perforaciones verticales, debido a que el gas se encuentra en rocas de alta permeabilidad y en alta presión, por lo que durante la perforación sale por sí mismo a la superficie de la tierra, siendo una extracción fácil y barata. (Estrada, 2012)

Yacimientos no convencionales, se encuentra la de Gas de Esquisto (gas *shale*), también conocido como gas de pizarra o lutita, que se ha atrapado bajo la superficie a profundidades de mil a cinco mil metros, en sedimentos de roca abundantes en esquisto y otros materiales orgánicos, estas rocas se caracterizan por su baja permeabilidad, es por eso que requiere métodos de extracción más compuestos y técnicamente más avanzados. (Estrada, 2012)

Como se puede observar en la figura 2.1, el gas *shale* se encuentra a mayores profundidades que otras fuentes de gas natural convencional, lo cual, sumado a la impermeabilidad de las rocas en las que se encuentra, hace su extracción inviable en cantidades masivas y comerciales sin el respaldo de la tecnología adecuada para su extracción. En los últimos 10 años, los avances tecnológicos de extracción de gas *shale* realizados por Estados Unidos, pionero en la investigación de este tipo de gas, han incrementado la eficiencia y rentabilidad de esta actividad.

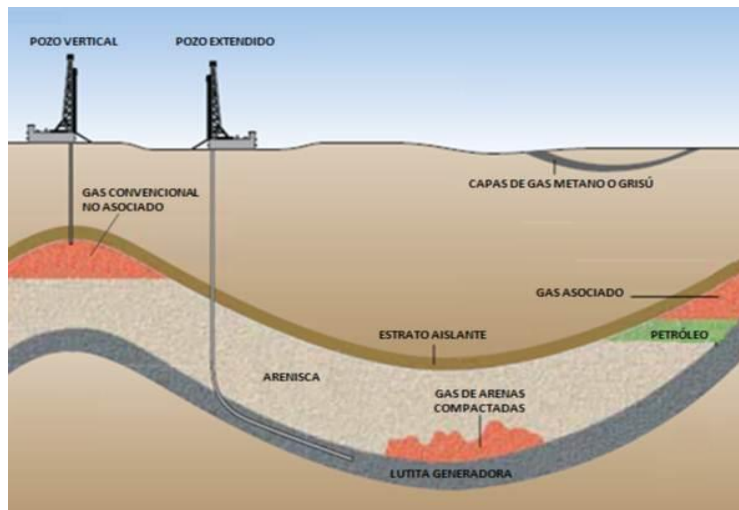


Figura 2.1 Desarrollo de gas lutita (gas *shale*) y su impacto en el mercado energético de México.

Fuente: Estrada, 2012.

Retos en el desarrollo de *plays* (conjunto de campos y/o prospectos en determinada región, que están controlados por las mismas características geológicas generales, roca almacén, sello, roca generadora, donde el yacimiento y el tipo de trampa controlan la distribución de aceite y gas *shale*).

Se presentan algunos aspectos técnicos de exploración y explotación:

- Entendimiento de la geología y el yacimiento desde sus perspectivas
- Maximización de la producción a través del pozo y el ciclo de vida del yacimiento
- Empleo de eficiencias operacionales a través del proceso
- Uso de la tecnología para hacer económico el proyecto
- Soluciones ambientales
- Capacidad
- Logística
- Experiencia

2.3 ¿Qué es el gas *shale*?

El gas *shale* es simplemente gas natural. No obstante, su nombre lo diferencia debido a su procedencia, el esquisto (o *shale*, en inglés), los esquistos son un conjunto de rocas metamórficas de bajo a medio grado de metamorfismo, pertenecientes al grupo de silicatos. El gas natural se produce dentro de las rocas orgánicas o lutitas, es decir, en fragmentos sólidos compactados, dicha compactación puede convertir a las lutitas en pizarras o en filitas “rocas brillosas compuestas por cristales”. (Estrada, 2012)

La presión sedimentaria expulsa la mayor cantidad de gas hasta la parte más porosa de la roca, el gas que no puede salir se le denomina gas *shale*, gas de lutita, gas de esquisto o gas de pizarra. El gas *shale* es metano producido por depósitos de lutitas y otras rocas de grano fino. Figura 2.2

Se caracterizan por poseer estructura foliada y composición química variable, con una estructura molecular de 1 átomo de silicio y 4 de oxígeno, dentro de los esquistos más comunes podemos encontrar: esquisto de mica, hornablenda, clorita y talco. Los esquistos provienen de arcillas o lodos, los cuales han sufrido procesos metamórficos de diversas temperaturas y presiones. Su estructura foliada permite que sean fácilmente separados en delgadas láminas, manteniendo su composición. (Pontificia Universidad Católica de Chile. 2011)



Figura 2.2 Extracción de esquisto

Fuente: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2011

2.4 ¿Que es la fractura hidráulica (*fracking*) y su proceso?

El *fracking* o fracturación hidráulica es el método de extracción del gas *shale*, y se hace a través de una técnica que parte de la perforación de un pozo en vertical, que una vez alcanzada la profundidad deseada, da paso a otra perforación horizontal que puede extenderse entre 1 y 1.5 kilómetros, y esta perforación se repite en diferentes direcciones, partiendo del mismo pozo ya perforado inicialmente en vertical. Figura 2.3

Una vez hechas las perforaciones, y debido a la baja permeabilidad de la roca de esquisto, es necesario fracturar con inyección de una mezcla de agua, arena y sustancias químicas a elevada presión que liberen el gas (Estrada 2012). Pero el flujo disminuye muy pronto y para mantener la producción, es necesario realizar continuamente el procedimiento de fractura hidráulica en un mismo pozo y este mismo puede ser fracturado hasta 18 veces.

El reto al que se enfrenta la fractura hidráulica tiene que ver con el medio ambiente y la gestión de los residuos, ya que el proceso de fractura es mucho más intenso en agua que las operaciones convencionales y produce grandes cantidades de flujo de retorno que contiene productos químicos.

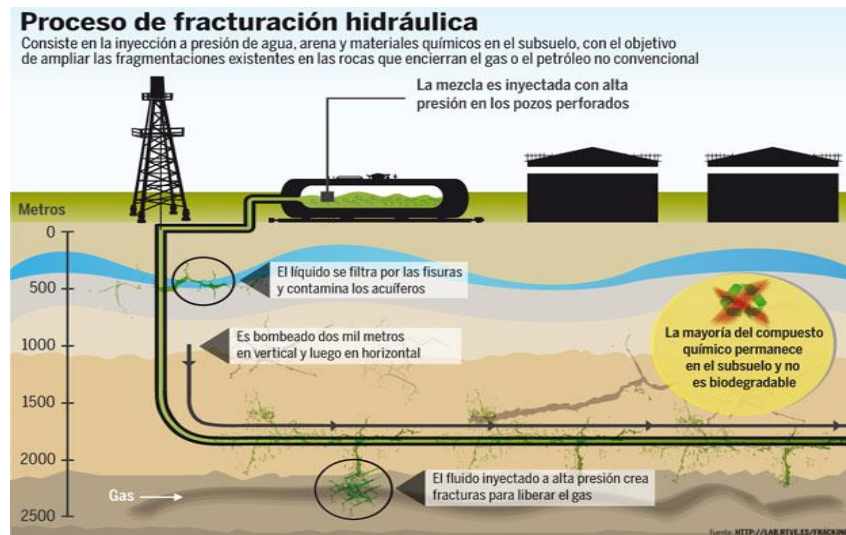


Figura 2.3 Proceso de fracturación hidráulica

Fuente: Laboratorio de innovación audiovisual de RTVE, 2015

2.5 ¿Que es la recuperación térmica y su proceso?

Este método se utiliza principalmente para reducir la viscosidad del hidrocarburo mediante el aumento de la temperatura del yacimiento con la finalidad de facilitar el flujo de hidrocarburo, la recuperación térmica se ha utilizado como un método de mejora para optimizar los pozos existentes.

Hay varias maneras de calentar el depósito, pero el método más utilizado comúnmente es la inyección de vapor, de la gran cantidad de métodos específicos de recuperación térmica, la mayoría de las diferencias se basan en si se utilizan pozos verticales u horizontales, las características específicas del yacimiento, y los pesos del aceite. Al igual que otros métodos no convencionales, la recuperación térmica se caracteriza por su alta complejidad técnica.

En comparación con la perforación convencional, la recuperación térmica requiere métodos específicos y equipos para llevar a cabo las operaciones de exploración y las actividades de perforación. Consiste en la adopción de métodos de perforación horizontal, la inyección de vapor y la gestión de las altas presiones y temperaturas. Una complejidad a la que se enfrenta la recuperación térmica, es la que tiene que ver con relación al medio ambiente, referente con el agua y la gestión de los residuos, las operaciones de recuperación térmica requieren acondicionamiento del agua antes de su aplicación, esto puede comprender el tratamiento de agua, calefacción, generación de vapor u otros procesos que se requieren para mejorar la recuperación del petróleo o gas.

2.6 Importancia económica

El crecimiento y desarrollo socioeconómico ha incrementado las necesidades energéticas de cada país, esta ha ocasionado una constante preocupación por asegurar la suficiente producción y suministro para cubrir dichas necesidades. La demanda de energía a nivel mundial crece exponencialmente, lo que ocasiona fuertes presiones por mayor oferta de energía a nivel global, ello conlleva a que los gobiernos, estén apostando por mayor producción de energía por una parte vía los hidrocarburos y por otra con la diversificación de la red energética vía las energías alternativas, también llamadas energía renovable.

El motivo de la extracción es que sin duda el económico, pues este hidrocarburo se considera el gas más barato de Norteamérica, y por tener la posición número cuatro a nivel mundial según la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés) de 32 países. Se espera, además que la cuenca de Burgos se convierta en un foco de atracción de inversiones.

De acuerdo a varios estudios, las estimaciones de recursos recuperables varía entre 4.2 billones de metros cúbicos y 19 billones. El gas *shale* podría ser una aportación significativa para cubrir las necesidades de gas en México a largo plazo, sin embargo, otras opiniones apuntan a que las cifras de potencial económico se inflaron a raíz del informe de la IEA, ya que Estados Unidos ha reconocido que 80% de los pozos perforados puede resultar inviable económicamente, debido a complejidades técnicas de la explotación y baja productividad. (Jaramillo 2014)

Una de las formas de extracción de energía que está en auge es la fractura hidráulica, para extraer el gas natural no convencional, la fractura hidráulica (*fracking*) es una técnica que se utiliza para la extracción de petróleo, gas y está

generando una revolución energética que se vislumbra podría ser más fuerte que las renovables, aunque esto traería repercusiones medioambientales irreversibles.

Aunque utilizar la metodología de fracturación hidráulica, no es igual el método en todos los lugares si podemos decir que hay 2 tipos de hacer los pozos, verticales y horizontales, estas técnicas tienen gran potencial de desarrollo, pero requieren una investigación básica del gas de arenas compactas y lutitas, ya que solo se han basado en conocimientos empíricos hasta ahora.

El tema del medio ambiente es preponderante al hablar de este tipo de extracción, por emisiones de carbono y ahorros en el costo de combustibles. La combinación de fracturación y la perforación direccional permite reducir la producción de gases de invernadero, aunque el tema de uso del agua es una de las principales críticas a la técnica, ya que dependiendo de la perforación y las condiciones geológicas, en promedio se consume 8 millones 700 mil a 14 millones 400 mil litros de agua por ende la contaminación de las fuentes de la misma, y sin contar que contribuye al calentamiento global, debido a las emisiones de gas metano producidas por inferencias en la extracción, procesamiento, almacenamiento, traslado y distribución.

Otras críticas que han hecho, es que se le atribuyen sismos a la fracturación hidráulica pero esto no es comprobable y es atribuible a otras causas. El *fracking* ha generado un cambio estructural en el mercado de gas natural a nivel mundial, de tal forma que existe un reordenamiento global ocasionado por el rápido crecimiento de la producción de petróleo y gas natural en Estados Unidos y Canadá, así como por la expansión de la demanda de hidrocarburos en Asia, y el Medio Oriente, que han modificado el flujo y la dirección de su comercio internacional. (Lajous, 2013)

De modo complementario, Hug Rudnick, profesor de la Pontificia Universidad Católica de Chile, realizó un análisis del impacto del gas *shale* sobre el mercado de gas en mayo del 2011, el mismo que en términos generales concluye puntualizando en la posibilidad que tienen países como Francia, Polonia y Ucrania en reducir sus importaciones de gas natural, mientras que Estados Unidos, Canadá, México y China estarían en camino a satisfacer totalmente su demanda local de gas natural e incluso exportarlo en largo plazo.

Por su parte Australia se destaca entre todos los países como aquél con mayores oportunidades de desarrollar gas *shale* en el corto plazo debido a que cuenta con las instalaciones necesarias para su producción, mientras Argentina y Brasil resultan ser los países de América Latina que mayor oportunidad de explotar gas *shale* tienen en el corto plazo, mientras Japón y Corea del Sur aún mantendrían una participación importante en las importaciones mundiales de gas natural.

Por otro lado México, no sólo cuenta con recursos petroleros o gas no convencional sino que también tiene un enorme potencial para desarrollar energías renovables, en especial eólica y solar, sin embargo se requieren

inversiones cuantiosas dirigidas a modernizar el sector energético e introducir tecnologías de punta para alcanzar ese potencial. (Jaramillo 2014)

2.7 Esquema

Como vemos en la figura 2.4, es un esquema macro de la cadena de proceso de la fracturación, que está dividido en tres segmentos, y que estos describen las operaciones que se llevan a cabo en las etapas que va desde la evaluación del yacimiento hasta su producción.

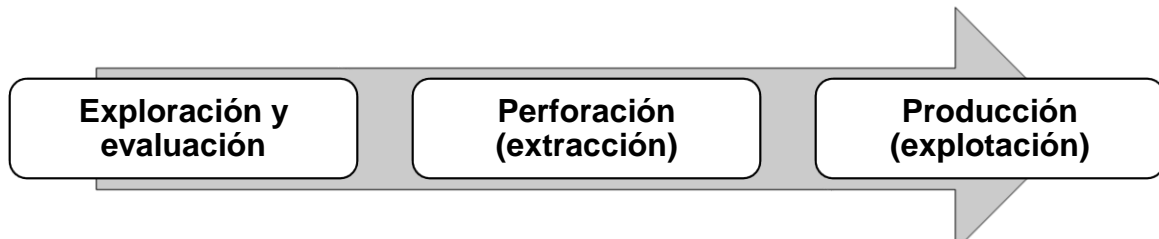


Figura 2.4 Segmentos de la cadena de suministro en gas *shale*

Fuente: Elaboración propia

2.7.1 Proceso de exploración y evaluación

El proceso de exploración y evaluación incluye todas las actividades relacionadas con la identificación de áreas abiertas para evaluar el sitio para su posible desarrollo y las actividades de exploración, mediante la realización de estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos, recopilación de datos sísmicos, evaluación de datos para determinar posibles potenciales de yacimientos de hidrocarburos antes de la perforación real, y esta etapa implica una cuantiosa inversión de capital para realizar los estudios de geología, sísmica y perforación a grandes profundidades. Figura 2.4

Este proceso implica la identificación de áreas con potencial para depósitos comerciales sobre la base de la historia geológica, el magnetismo, la gravedad y las vibraciones sísmicas, la identificación de grandes riesgos asociados al área y el cálculo de las necesidades de capital para las actividades exploratorias.

Es la primera etapa de la cadena de valor del gas natural (gas *shale*), esta labor se ha perfeccionado desarrollando nuevas tecnologías que reducen los factores de riesgo, sin embargo no se ha encontrado un método que nos asegure la presencia de hidrocarburos en el subsuelo sin la perforación de pozos exploratorios.

En la exploración y evaluación hace uso de todos los medios de detección de riesgos y de transporte necesarios para el desarrollo de las operaciones que con llevan en sí riesgos, debido a las altas presiones y temperaturas. Para comenzar la exploración, los geólogos realizan exámenes sobre la estructura de la tierra que les permitirá determinar las áreas con mayores posibilidades de encontrar gas natural. Se denomina gas natural a la mezcla de hidrocarburos más volátiles de la

serie parafínica que se encuentra frecuentemente en yacimientos fósiles, solo o acompañando al petróleo o a los depósitos de carbón. (Estrada, 2012)

Sin embargo dado lo novedoso de su explotación, la evaluación completa de estos desarrollos confronta dificultades metodológicas, estadísticas y de conocimiento científico, tecnológico, social y económico, no existe historial suficientemente largo para sacar conclusiones sobre procesos de exploración, picos y declives de producción y técnicas de recuperación de los recursos, las analogías y extrapolaciones de la experiencias varían entre *plays* o conglomerados de yacimientos. Figura 2.5

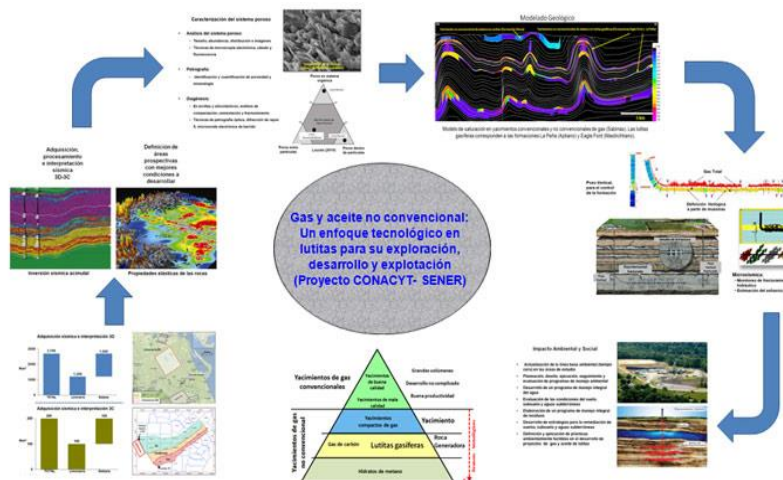


Figura 2.5 Exploración y evaluación

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo IMP y Secretaria de Energía SENER, 2015

2.7.2 Proceso de perforación (extracción)

El proceso de llevar a cabo la perforación, implica todas las actividades para planificar, preparar y ejecutar todas las operaciones de perforación con el fin de llevar a cabo la extracción del hidrocarburo, y este proceso es considerado el más complejo técnicamente y el que está más afectado por el tipo de método de recuperación utilizado.

Este proceso implica el establecimiento de la infraestructura y equipos necesarios para la perforación, las operaciones de preparación de sitio del pozo a perforar, como la construcción de una plataforma, acceso al agua u otro equipo y estructuras necesarias, establecer la plataforma petrolífera de perforación, la perforación de un pozo de sondeo y la eliminación de la plataforma de perforación para la terminación del pozo.

La primera perforación o excavación se hace en dirección vertical hasta alcanzar la capa de gas, dependiendo del espesor de capa se decide si basta perforar pozos verticales o si éstos deberán ser excavados en forma horizontal.

Una vez que la perforación llega a la capa de gas, se detonan explosivos para provocar pequeñas fracturas en las lutitas. Estas fracturas son ensanchadas con inyección de agua a presión, el número de fracturas artificiales, su longitud y posición vertical u horizontal dependen del espesor del intervalo y otras características de la formación. Figura 2.6

Un ramal lateral de un pozo horizontal aloja numerosos intervalos de inyección seleccionados por su potencial de productividad, la inyección de agua se aíslapa para cada intervalo de producción. En la etapa productora la línea del pozo horizontal, figura 2.6, llega a tener hasta nueve intervalos repartidos en ramales de 600 m a 1,500 m, aunque estos límites llegan a superarse. (Estrada, J.H. 2012)

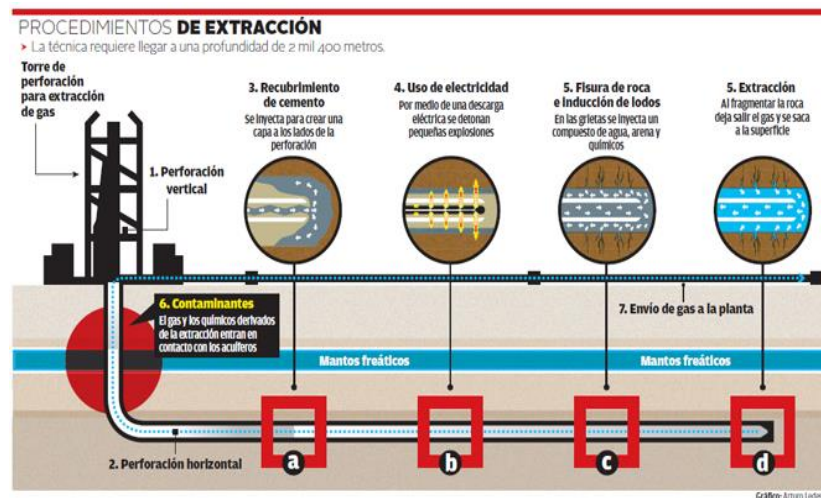


Figura 2.6 Procedimiento de extracción
Fuente: Arturo Ledesma

2.7.3 Proceso de producción (explotación)

El proceso de producción incluye todas las actividades relacionadas con la gestión eficaz de la explotación del pozo durante el día a día, en la duración del todo el proceso de producción y recuperación del hidrocarburo. Figura 2.7

Se debe comparar la producción real con la prevista, analizar el mantenimiento diario para cumplir con los objetivos, preparar informes diarios, monitorear diariamente el rendimiento del pozo para entender qué tan bien está produciendo con el fin de analizar el rendimiento del campo de acuerdo al plan de producción e identificar oportunidades de optimización de la producción.

Se recopilan datos de rendimiento, de forma manual a través del proceso de pruebas a los pozos realizados en el campo, para asegurarse de que están produciendo correctamente, en esta revisión se observan presiones, temperaturas y caudales en la cabeza del pozo. También se reciben datos de los pozos de manera electrónica a través de sistemas de medición virtuales en tiempo real

conectados con la oficina de campo a través de plataformas tecnológicas, tales como el sistema de supervisión de control y adquisición de datos. (SCADA)

Una práctica habitual usada para rentabilizar la explotación es la agrupación de varios pozos, separados de 5 a 8 m, entre ellos, en una sola plataforma, los pozos se perforan consecutivamente y se distribuyen de tal manera que permiten cubrir un área determinada del estrato de pizarra sin dejar huecos.

El número de plataformas por km², requiere una superficie de 1,5 a 2 hectáreas, que permita almacenar todo el flujo de fractura, los lodos de perforación, el equipo asociado a las operaciones de fractura hidráulica, el correspondiente a la perforación vertical y el horizontal, sin olvidar los restos de la perforación y el fluido de retorno y demás sustancias que emergen del pozo (Asamblea contra la Fractura Hidráulica. Burgos, 2011).

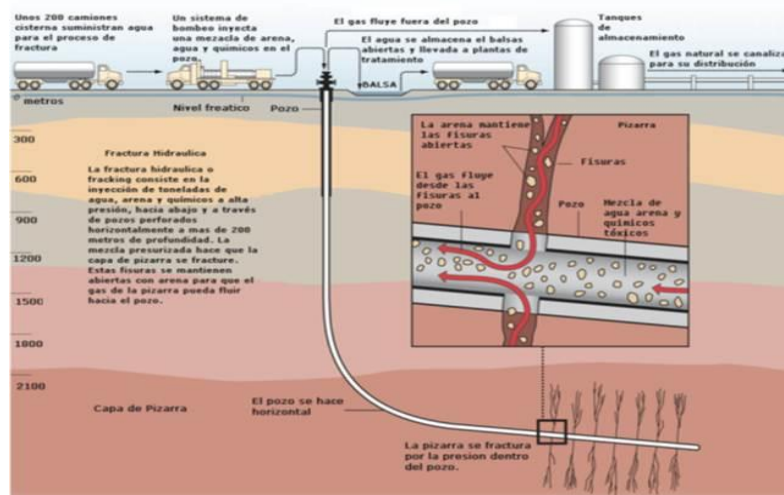


Figura 2.7 Representación gráfica de un proceso de extracción de gas *shale*
Fuente: Asamblea contra la Fractura Hidráulica.

2.8 Cuencas de gas *shale* en México

Cuenca Sedimentaria: las capas de rocas de sedimentarias normalmente sobre yacen a un complejo de rocas ígneas y metamórficas en áreas continentales llamado basamento, una cuenca sedimentaria ocupa una depresión en la superficie del basamento.

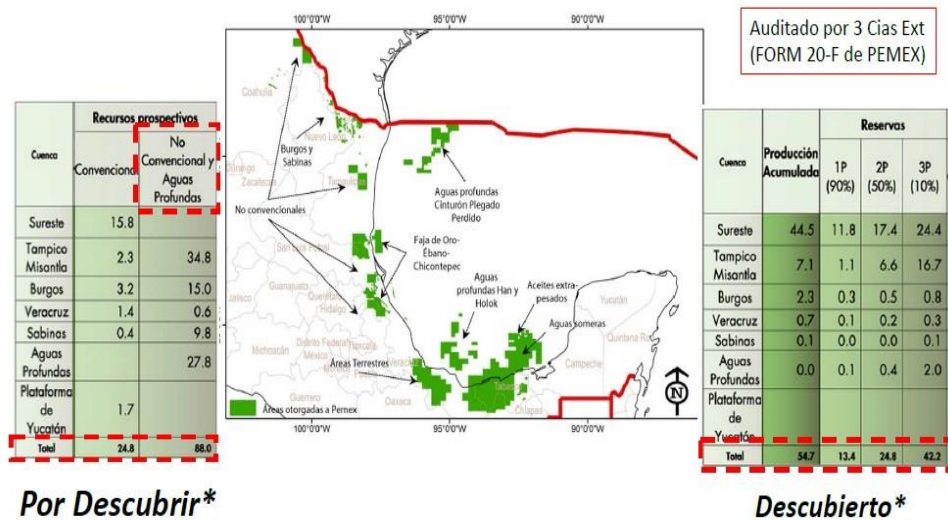
En Geología normalmente se le denomina cuenca a la depresión rellena de rocas sedimentarias y al grueso paquete de sedimentos que la rellenan.

Sin embargo el término cuenca tiene dos acepciones:

1. Una muy general es un término geomorfológico en donde el término cuenca involucra toda la depresión rellena de sedimentos sin dividirla en ambientes sedimentarios.

2. Cuenca sedimento lítica en donde esta se subdivide en todos los ambientes sedimentarios que tienen lugar en ella.

Una cuenca puede tener cualquier forma o tamaño desde cientos de km² hasta miles de km² de área, así como cientos de metros hasta miles de metros de espesor de sedimentos que rellenan la cuenca. Distribución de las provincias petroleras productoras y/o con reservas y de potencial medio-bajo. Figura 2.8



Por Descubrir*

Descubierto*

Figura 2.8 Cuenas de crudo y gas en México, en miles de millones de barriles de petróleo equivalente.

Fuente: Pemex, SENER, reservas de hidrocarburos al 1 de enero de 2014.

México cuenta con excelente potencial de desarrollar sus yacimientos de *Shale gas*, PEMEX ha identificado al menos 200 puntos con oportunidades de extracción en el noreste del país. Figura 2.9



Figura 2.9 Disponibilidad de cuenas de hidrocarburos.

Fuente: Pemex, pozos exploratorios terminados en el 2010.

2.9 Provincias petroleras de México

La provincia petrolera, es un área donde ocurren cantidades comerciales de petróleo o en la que se ha identificado condiciones favorables para la acumulación de hidrocarburos (potencial Medio-Bajo). Cuadro 1 y Figura 2.10

Provincias productoras y/o con reservas	Provincias de potencial medio-bajo
1.- Sabinas-Burro-Picachos	7.- Plataforma de Yucatán
2.- Burgos	8.- Cinturón Plegado de Chiapas
3.- Tampico-Misantla	9.- Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental
4.- Veracruz	10.- Chihuahua
5.- Sureste	11.- Golfo de California
6.- Golfo de México Profundo	12.- Vizcaíno-La Purísima-Iray

Cuadro 1 Provincias potenciales para gas *shale*

Fuente: PEMEX Exploración y Producción, 2013, Las reservas de hidrocarburos de México

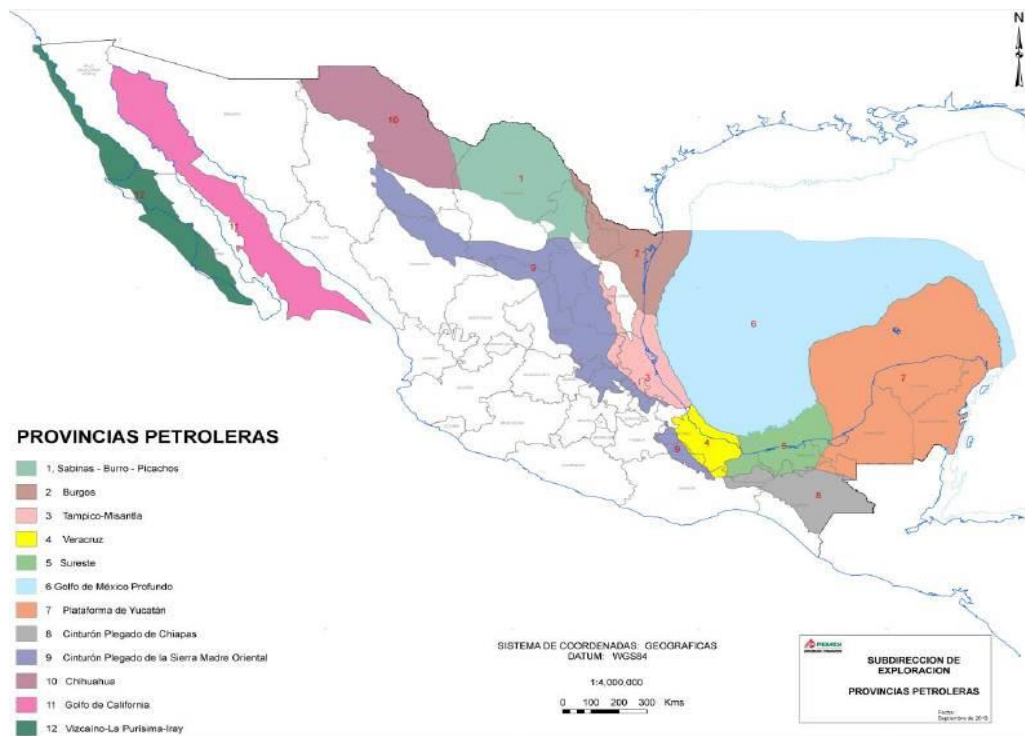


Figura 2.10 Mapa de provincias petroleras de México

Fuente: PEMEX Exploración y Producción 2013, Las reservas de hidrocarburos de México.

2.9.1 Provincia petrolera Sabinas-Burro-Picachos

Esta provincia es principalmente productora de gas seco no asociado, las rocas generadoras corresponden a la formación La Casita del Tithoniano y los hidrocarburos se encuentran almacenados en rocas del Jurásico Superior y Cretácico Inferior en trampas estructurales laramídicas.

Cuenta con un área de 92,463 km² en la parte noroeste del país, más solo una parte está contemplada para la extracción de gas *shale*. Los estados que abarcan esta zona son Coahuila y Nuevo León, en dicha zona se encuentra un pozo de extracción de PEMEX denominado Peyotes – Picachos (Corporación Mexicana de Investigación en Materiales).

Los campos más importantes son Monclova – Buena Suerte, Pirineo, Merced, Forastero, Lampazos y Minero, la producción acumulada y reservas 3P están incluidas en la Provincia Petrolera de México. Los recursos prospectivos tienen una media de 0.4 MMMbpce al 2013. Existen dos puntos principales para la extracción de gas *shale* en la cuenca de Sabinas, el primero “*Eagle Ford Shale*” con un estimado de 2.83 Tcm técnicamente recuperables y el segundo es “*La casita Formation*” con un estimado de 0.45 Tcm. Figura 2.11

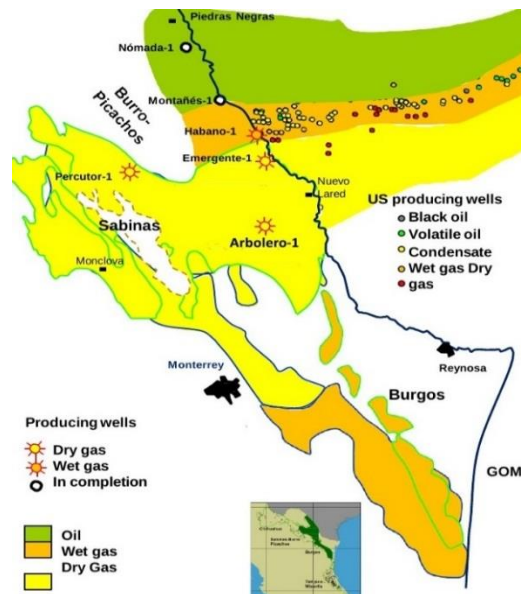


Figura 2.11 Mapa de las provincias Sabinas – Burro – Picachos – Burgos
Fuente: Barite, 2014.

2.9.2 Provincia petrolera Burgos

Esta provincia es la principal productora de gas no asociado en el país, las rocas generadoras corresponden principalmente a litologías arcillo – calcáreas del Tithoniano y lutitas del Paleógeno. Los hidrocarburos se encuentran almacenados en areniscas inter estratificadas del Paleógeno en trampas anticlinales tipo *roll – over* y cierres contra falla.

Localizada al noreste de México en el estado de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas con una extensión aproximada de 44,800 km², donde se identifica zonas con profundidades de 1 a 5 km, el territorio que también es parte de la cuenca de Burgos excluido de estas zonas son yacimientos en los cuales el gas *shale* está a más de 5 km de profundidad. El primer descubrimiento en la cuenca de Burgos fue realizado por PEMEX en el 2010, por medio del pozo denominado Emergente-1. (Corporación Mexicana de Investigación en Materiales)

Los campos más importantes son Reynosa, Monterrey, Cuitláhuac, Arcabuz, Culebra, Arcos, Pandura, Corindón, Fundador y Enlace entre otros, la producción acumulada es de más de 2.4 MMMbpce y las reservas 3P son de 0.8 MMMbpce, al 1 de enero de 2013 (estas reservas incluyen a la Provincia Sabinas – Burro – Picachos). Los recursos prospectivos evaluados en la provincia tienen una media de 2.9 MMMbpce al 2013. Esta zona tiene contacto con Eagle Ford, zona de extracción de gas *shale* perteneciente a EU, de donde se tiene una prospectiva de extracción de 9.7 Tcm de este gas.

En la Figura 2.12, se muestra la zona geográfica de la cuenca de Burgos. Se aprecia que abarca los estados mexicanos que conforman, la región noreste.

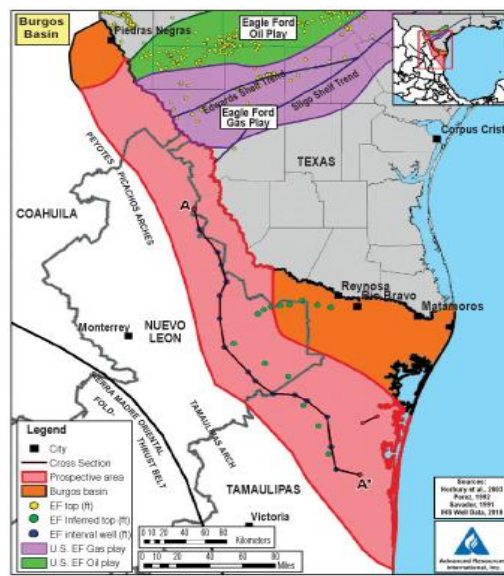


Figura 2.12 Gas de lutitas en la provincia petrolera de Burgos

Fuente: Energía a debate, 2014

2.9.3 Provincia petrolera Tampico-Misantla

La provincia petrolera de Tampico – Misantla es productora de aceite, las rocas generadoras son lutitas carbonosas del Jurásico Inferior – Medio; mudstone calcáreo arcilloso y lutitas del Oxfordiano, Kimmeridgiano y Tithoniano, siendo el último el más importante. Los hidrocarburos se encuentran almacenados en calizas y areniscas del Jurásico Medio, calizas oolíticas del Kimmeridgiano, calizas arrecifales y de talud, arrecifal del Cretácico Medio, calizas fracturadas del Cretácico Superior y las areniscas del Paleoceno – Eoceno – Neógeno y las trampas son de tipo estructural, estratificadas y combinadas asociadas a altos de basamento. Ubicada en los territorios de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla y Veracruz, conocida como una zona petrolera, los yacimientos de gas *shale* se encuentran a una profundidad aproximada de 1,400 – 3,000 m.

Los campos más importantes son Poza Rica, Arenque, Tamaulipas – Constituciones y Chicontepec, por su producción los campos más importantes son los del Jurásico Superior y Cretácico Medio con casi el 50% de los 6.5 MMMbpce acumulados y por sus reservas, el más importante, es el del Paleoceno – Eoceno con el 88% de los 17.4 MMMbpce: cabe mencionar que el Cretácico Medio aún posee el 5% de las reservas de hidrocarburos en la provincia, sin considerar al aceite remanente no recuperado por los métodos tradicionales de explotación, al 1 de enero de 2013. El principal yacimiento de este gas se encuentra en “Pimienta *Shale*” con una extensión territorial de 35,224 km², alrededor de esta zona se identifican cerca de 50 pozos de extracción convencional. Los recursos de esta zona están en promedio de 4.27 Tcm únicamente de gas *shale* (Corporación Mexicana de Investigación en Materiales). Figura 2.13

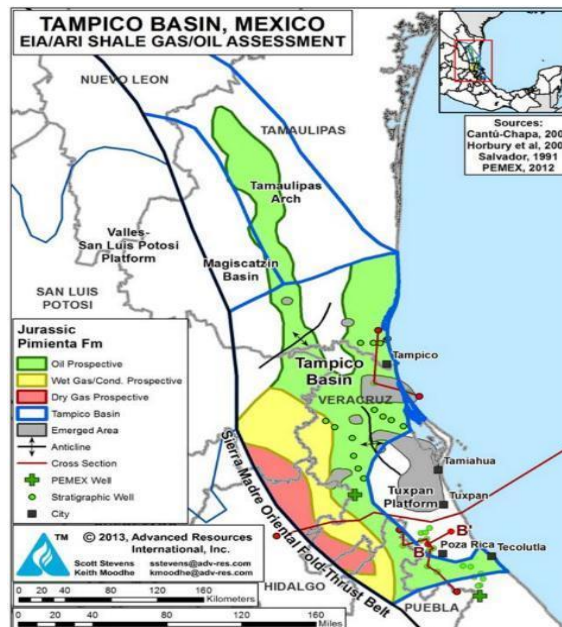


Figura 2.13 Provincia petrolera de Tampico-Misantla

Fuente: Radio La Nueva República

2.9.4 Plataforma de Tuxpan

Localizada al sureste de la cuenca de Tampico, cuenta con yacimientos de las épocas cretácea y jurásica, con las zonas nombradas como “Tamaulipas FM” y “Pimienta Fm” respectivamente. Tamaulipas Fm presenta un rango de profundidad de 2.4 km con una prospectiva de 0.028 Tcm de gas *shale* recuperable en la zona, mientras que Pimienta Fm con área aproximada de 2,590 km².

Actualmente en esta zona no se tienen actividades registradas por parte de PEMEX para la explotación de este gas, esta zona se caracteriza principalmente por la obtención de petróleo (Corporación Mexicana de Investigación en Materiales). Figura 2.14



Figura 2.14 Plataforma de Tuxpan
Fuente: Radio La Nueva República

2.9.5 Provincia petrolera de Veracruz

La provincia es productora principalmente de gas y aceite en secuencias del Terciario y Mesozoico, las rocas generadoras son principalmente calizas arcillosas y lutitas de Tithoniano, calizas arcillosas del Cretácico Medio y lutitas del Mioceno Superior. Las rocas almacenadoras son principalmente siliciclastos del Eoceno y Mioceno así como calizas del Cretácico Medio – Superior, los yacimientos se encuentran en trampas estructurales neógenas y iaramídicas.

Los campos de gas y aceite en rocas siliciclásticas más importante son Playuela, Lizamba, Vistoso, Apértura, Arquimia, Papán, Gasífero, El Treinta y Bedel; los campos de aceite en roca Mesozoica son Cópite, Mata Pionche, Macayucan y Angostura. La producción acumulada total de la provincia es de 0.7 MMMbpce, las reservas 3P son de 0.3 MMMbpce, al 1 de enero de 2013.

Cuenta con una extensión de 23,388 km² a lo largo del estado de Veracruz, y ocupando una parte de Oaxaca, dicha zona cuenta con los recursos prospectivos evaluados en la provincia tienen una media de 1.6 MMMbpce al 2013. Figura 2.15



Figura 2.15 Provincia petrolera de Veracruz dentro de la cuenca de Chicontepec
Fuente: PEMEX, 2010 (energy-pedia)

2.9.6 Provincia petrolera Sureste

La provincia es la cuenca productora de aceite más importante del país, las rocas generadoras principales son calizas arcillosas del Tithoniano de distribución regional, localmente se tienen calizas arcillosas del Cretácico y lutitas del Mioceno.

Los hidrocarburos se encuentran almacenados en carbones del Cretácico, carbones y areniscas del Jurásico Superior, brechas carbonatadas del Paleógeno y areniscas del Neógeno en trampas estructurales y combinadas de diferentes edades.

Los campos más importantes son Cantarell, Ku – Malob – Zapp, A.J. Bermúdez, Jujo – Tecominoacán. Esta provincia alcanzó su máximo histórico de más de 4.0 millones de barriles de petróleo crudo equivalente por día en el 2004. La producción acumulada de la provincia es de 45.4 MMMbpce, las reservas 3P son de 24.4 MMMbpce, al 1 de enero de 2013.

Los recursos prospectivos evaluados tienen una media de 20.1 MMMbpce al 2013.

2.9.7 Provincia petrolera Golfo de México profundo

Esta provincia actualmente es frontera en la cual se están realizando trabajos exploratorios para evaluar su potencial petrolero, la roca generadora principal son calizas arcillosas y lutitas del Tithoniano. Los hidrocarburos descubiertos se encuentran en calizas del Cretácico y en areniscas del Neógeno en trampas estructurales y combinados.

En el área de Cinturón Plegado Perdido se ha confirmado la presencia de aceite con la perforación de los pozos Trion-1, Supremus-1 y Maximo-1, mientras que en el Cinturón Plegado Catemaco se ha descubierto gas siendo los campos más importantes son Noxal, Lakach, Lalail y recientemente Kunah. En el área de Salina del Istmo se ha descubierto aceite extra pesado en el campo Tamil, las reservas 3P de 1.7 MMMbpce, al 1 de enero de 2013.

Los recursos prospectivos de la provincia tienen una media de 26.6 MMMbpce al 2013.

2.9.8 Provincia petrolera plataforma de Yucatán

La provincia abarca la plataforma continental y la península de Yucatán, se extiende hasta Guatemala y Belice, se postulan rocas generadoras carbonatadas de la Formación Cobán del Cretácico Inferior – Medio y rocas almacenadoras carbonatadas del Cretácico.

En esta provincia se ha establecido producción únicamente en Guatemala y Belice, los recursos prospectivos en la provincia tienen una media de 0.5 MMMbpce al 2013.

2.9.9 Provincia petrolera Cinturón Plegado de Chiapas

En esta provincia se ha establecido producción comercial de aceite y condensados, las rocas generadoras corresponden a Mudstone arcillosas y lutitas Tithoniano y secuencias carbonatadas – evaporíticas del Cretácico Inferior – Medio, los hidrocarburos están almacenados en calizas y dolomías del Cretácico en trampas estructurales originadas por el evento tectónico Chiapaneco.

Existen descubrimientos en la porción norte, centro y oriente de esta provincia, la producción de la provincia se encuentra en su porción norte, sin embargo a la fecha es considerada dentro de la provincia Sureste. Está en proceso asignarle recursos prospectivos que anteriormente eran considerados dentro de la provincia del Sureste.

2.9.10 Provincia petrolera Cinturón Plegado de la Sierra Madre Oriental

La provincia es la cadena de pliegues y fallas más extensa de México, las rocas generadoras son del Jurásico Superior, las almacenadoras son siliciclastos y carbonatos del Jurásico y Cretácico. Las trampas son estructurales laramídicas y las áreas más atractivas se encuentran en los frentes sepultados.

A la fecha no se tienen descubrimientos de hidrocarburos y se considera de potencial medio – bajo y no se cuenta con detección de oportunidades ni de estimación de recursos prospectivos.

2.9.11 Provincia petrolera Chihuahua

En la provincia se han postulado 4 rocas de edad: Paleozoico, Aptiano y Turoniano, por la alta madurez de la roca generadora y falta de sincronía, el sistema petrolero lo tiene de alto riesgo. Las rocas almacenadoras son calizas y dolomías del Paleozoico, areniscas, calizas de Jurásico y Cretácico.

Las trampas potenciales son estructurales asociadas a la deformación laramídica, a la fecha no se tienen descubrimiento de hidrocarburos y se considera de potencial medio – bajo y no se cuenta con detección de oportunidades ni de estimación de recursos potenciales.

2.9.12 Provincia petrolera Golfo de California

Esta provincia se ha probado la existencia de gas seco, las rocas generadoras son lutitas del Mioceno y los hidrocarburos se encuentran almacenados en areniscas del Mioceno y Plioceno. Las trampas son combinadas y están asociadas a procesos extensionales y trans tensionales.

El único pozo productor es el Extremeño-1, esta provincia de potencial medio – bajo y sus recursos están en proceso de evaluación.

2.9.13 Provincia petrolera Vizcaíno – La Purísima – Iray

La provincia es una cuenca de antearco, sus rocas generadoras corresponde a lutitas del Cretácico y Paleoceno, sus rocas almacenadoras corresponden a areniscas de la formación Valle del Cretácico Superior. Las trampas son principalmente estratigráficas y combinadas, son acuña miento arenosos contra altos de basamento.

A la fecha no se tienen descubrimientos de hidrocarburos y se considera de potencial medio – bajo y no se cuenta con detección de oportunidades ni de estimación de recursos potenciales.

CAPITULO 3

Desarrollo de una cadena de suministro en la distribución del gas *shale* en la zona Noreste.

3.1 Situación actual del sector hidrocarburo en México

México tiene capacidades maduras en perforación en tierra convencional y en aguas poco profundas, pero en este momento se está llevando a cabo múltiples ensayos y estudios en la reserva de Chicontepec para atender las necesidades de los métodos de recuperación no convencionales dadas las características de la reserva, y el desarrollo de la perforación de aguas profundas permanece como un objetivo futuro del sector y constituirá una nueva actividad en México. Figura 3.1

Para ello, habrá que promover un acercamiento entre las compañías mexicanas y sus contrapartes extranjeras que abone a una mayor integración e intercambio de tecnologías, conocimiento sobre la exploración y explotación de recursos no convencionales, con esquemas de coinversión que mantengan criterios de contenido nacional ambiciosos, para consolidar el desarrollo de la industria petrolera nacional y alcanzar los niveles de producción que nos harían competitivos a nivel mundial. México puede tener uno de los mejores recursos de esquisto en el mundo a pesar de los desafíos geológicos y de infraestructura. (Zeng, Black, Veatch, 2015)

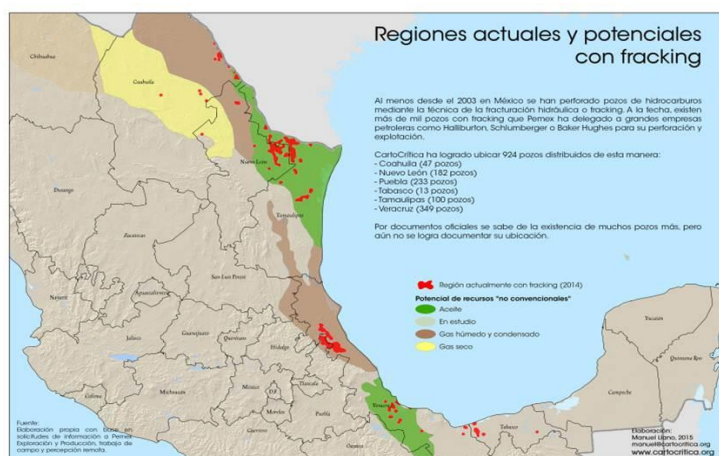


Figura 3.1 Regiones actuales y potenciales con *fracking*

Fuente: Manuel Llano, 2015, con base en información de Pemex Exploración y Producción

El estímulo que ha dado la reforma energética al sector de hidrocarburos, se espera que sea de tal magnitud que la producción nacional de gas natural de México logre revertir años de descenso, a través de un aumento en la producción de gas asociado y este impulso está vinculado al aumento de la producción de petróleo en la cuenca de Burgos, que es una extensión de la formación prolífica de pizarra de Eagle Ford.

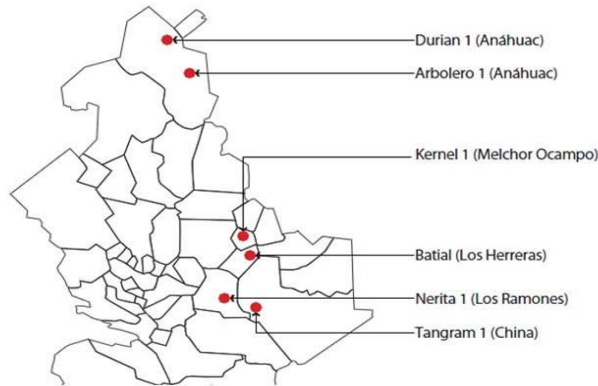
REALIZAN TRABAJOS EN CINCO MUNICIPIOS

► Las labores piloto darán información sobre los sitios en que se puede realizar alguna actividad de explotación en el futuro, mencionó Vladimir Sosa, subsecretario de Energía en la entidad.



NUEVO LEÓN

► La Cuenca de Burgos está llamada a ser el proyecto más importante de exploración de aquí al 2026, contempla más de 10 mil kilómetros cuadrados sólo en Nuevo León, abarca entre 13 y 14 municipios del estado, los cuales se verán beneficiados con la extracción del hidrocarburo.



Fuente: Secretaría de Desarrollo Económico

Figura 3.2 Labores piloto de exploración
Fuente: Secretaría de Desarrollo Económico

El proceso de fraccionamiento de la cadena de petroquímicos, recibe líquidos del gas del proceso de criogénico y condensados dulces, que pueden provenir de las plantas endulzadoras de líquidos o como se ve en la figura 3.3 directamente de los campos productores.

Cadena de petroquímicos

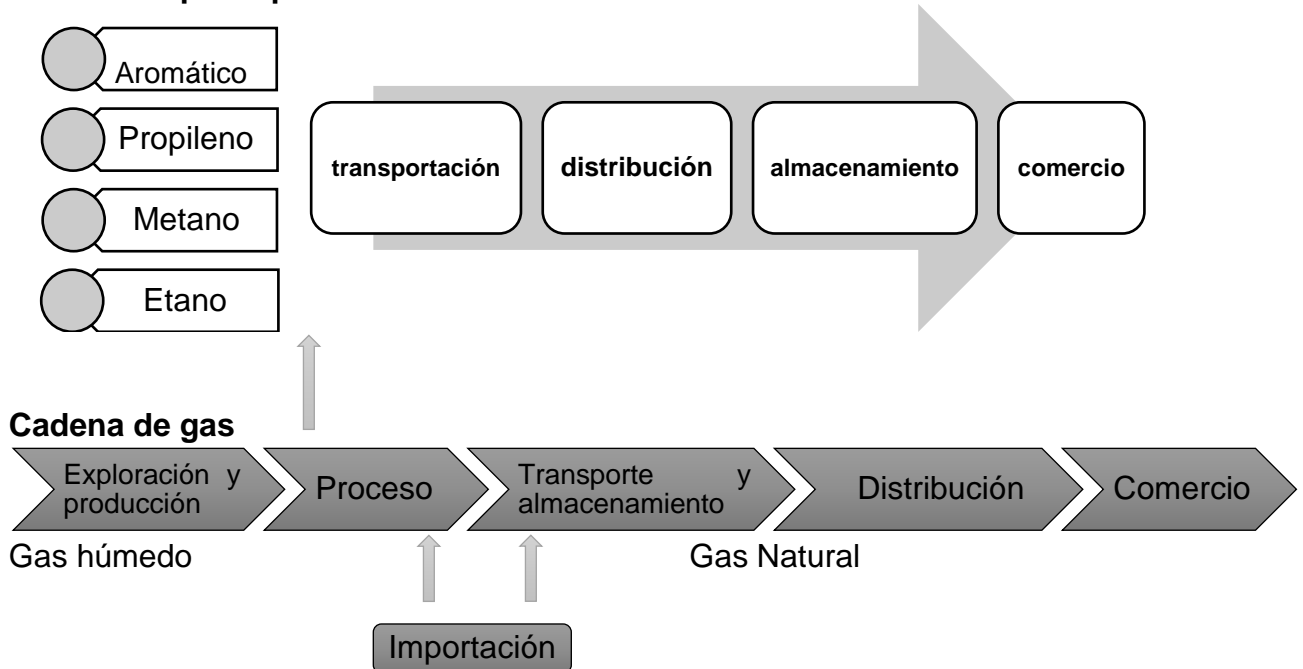


Figura 3.3 Cadenas de valor del flujo de los hidrocarburos
Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo IMP, 2015

3.2 Exploración y producción

En esta etapa de la cadena de valor de hidrocarburos, se hace la evaluación de los recursos de exploración, con los datos obtenidos (geológicos, geoquímicos y sísmicos), complementado con la perforación de pozos exploratorios, perforación de pozos prueba, ya que es la única forma fiable para determinar la presencia del recurso y la viabilidad de su extracción. Figura 3.4

Se continúa con la perforación y operación de pozos, para minimizar el riesgo de contaminación se introduce en el pozo una tubería de acero desde la superficie hasta el final del pozo y posteriormente se inyecta cemento en el espacio que hay entre la tubería y las paredes del pozo, se hacen instalaciones secundarias, se construyen las líneas de recolección, los caminos para vehículos, los espacios para desechos para luego ser transportado hacia los puntos de tratamiento e eliminación, las líneas o ductos de recolección y las líneas o ductos troncales. Finalmente la extracción.

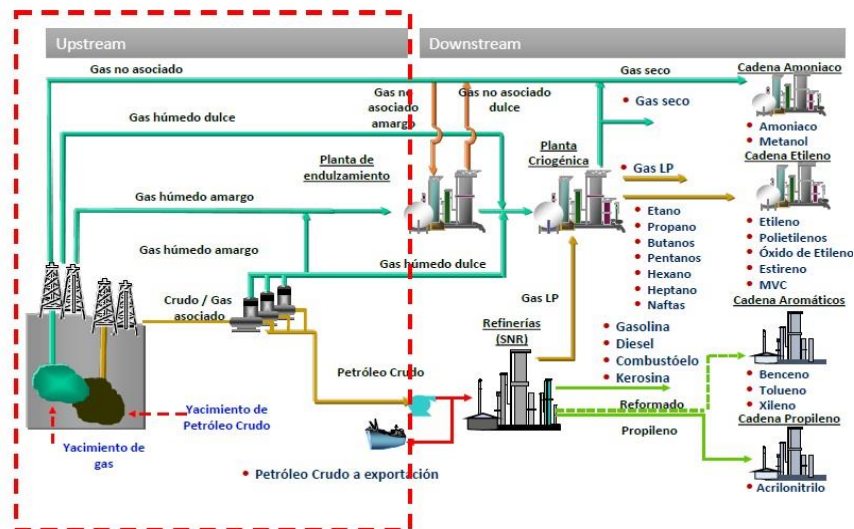


Figura 3.4 Proceso del crudo y gas y sus principales productos

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo IMP, 2015

3.3 Proceso

El procesamiento de gas se logra mediante la estimulación con la fracturación hidráulica, consiste en que una vez alcanzada la capa de gas con la perforación realizada se inyecta una mezcla de grandes cantidades de agua, arena y químicos a alta presión (98% de agua y 2% de aditivos, en promedio) conocido como fluido de fracturación. Esta acción provoca pequeñas fracturas en las lutitas y libera el gas atrapado en la roca.

Cuando la presión del agua inyectada disminuye, el agua residual contiene fragmentos de metales pesados y radioactivos que se mezclan con los reflujos de la roca, llevándolos a la superficie junto al gas extraído, y este a su vez pasa

través de los ductos de transporte a las instalaciones industriales (plantas procesadoras y refinerías), para dar lugar a la refinación de los hidrocarburos, se debe contar con instalaciones accesorias (superficiales) adecuadas, por ejemplo, para el personal de mantenimiento y se debe contar con caminos de acceso transitables y que sea de un flujo que no haga que se tengan demoras.

3.4 Transporte y almacenamiento

Hoy en día existe una desigualdad regional en cuanto a la infraestructura y abastecimiento de los recursos energéticos con los que cuenta el país. Por una parte, la zona norte cuenta con un desarrollo importante de infraestructura, tanto en procesamiento como de transporte de combustibles, el cual permite suministrar los energéticos que impulsan la actividad económica de los polos de desarrollo industrial, mientras que en el sur del país se cuenta con una importante cantidad de recursos energéticos; no obstante su infraestructura de transporte para abastecer a las localidades es limitada o inexistente.

El transporte de gas natural, a diferencia del petróleo en términos de costos, es uno de los eslabones de la cadena de valor del gas natural más relevantes, porque encarece el precio final y puede llegar a convertir un suministro de gas, en no viable económico para el transportista, según el medio utilizado. En tal caso, el mismo debe ser seleccionado principalmente en función de la demanda a atender y la distancia, entre los medios de transporte de gas natural podemos citar:

- Gasoductos
- Carreteras
 - ◆ Infraestructura Carretera
- Ferrovias y fluvial (buques)
- Ferrocarriles
- Transporte de residuos
- Transporte de Personal
- Almacenamiento

Si bien a partir de las modificaciones al reglamento de gas natural, realizadas en 1995, se permitió la participación privada en actividades de transporte, almacenamiento y distribución de gas natural, la expansión del sistema nacional de gasoductos ha sido limitada, lo que resulta insuficiente para atender la tendencia creciente en los niveles de demanda nacional de este combustible. En este sentido, el aumento en la demanda nacional y las restricciones físicas existentes en la capacidad de transporte, han provocado:

- Saturación de transporte en el Sistema Nacional de Gasoductos, cercanos a su límite de capacidad, es decir con niveles de uso de 85% o mayores.
- Limitaciones de gas natural, entre los puntos de oferta y los puntos de consumo, lo que hace inviable la importación de un mayor volumen de gas natural y el aumento en el suministro de la Zona Centro-Occidente.

De lo anterior, podemos decir que, lo que se busca es minimizar el riesgo de interrupciones en el suministro, y la capacidad de la infraestructura debe dar espacio no sólo a un suministro promedio, sino a la satisfacción de la demanda pico, y a una flexibilidad que responde a las fluctuaciones en las zonas productoras de gas natural en el país.

3.4.1 Gasoductos

Los gasoductos son un método de transporte y distribución de gases combustibles a gran escala, son análogos a las líneas de transmisión, respecto a su función de transportar energía de un lugar físico a otro. Las tuberías son el método más seguro y eficaz de transportar el gas desde el pozo de origen, hasta las plantas de extracción, desde donde luego de su procesamiento de deshidratado y recuperación de los hidrocarburos líquidos, allí queda el metano como gas residual, el cual es comprimido y entra a los sistemas de transmisión para ser despachado al consumidor industrial y doméstico.

Son tuberías de acero por las cuales circula gas a alta presión (72 bares para transmisión y 16 bares para distribución), construidas a una profundidad habitual a 1 m o en la superficie. Cabe destacar que se construyen gasoductos que atraviesan grandes cantidades de agua. Figura 3.5



Figura 3.5 Anuncian ramal en gasoducto Los Ramones
Fuente: Onexpo Nacional A.C., 2015

Por el lado de la demanda (CENEGAS, 2015), consideró una perspectiva en la que el sector eléctrico presenta una mayor utilización de la capacidad de generación instalada, y la adición de nuevas plantas como consecuencia de un despacho económico que revela al gas natural como combustible más eficiente y por consiguiente, de uso más intensivo.

La empresa estatal Comisión Federal de Electricidad (CFE), de cara al futuro impulsará la mayoría de los desarrollos de infraestructura, ya que lanzó una licitación para 12 proyectos de energía eléctrica y de infraestructura de gas natural en enero 2015 y está trabajando en 48 proyectos de infraestructura energética para una inversión total de \$12.5 mil millones.

Un consorcio liderado por Energy Transfer Partners de los EE.UU. va a construir los dos gasoductos desde el centro de Texas en el oeste de Texas a la frontera entre Estados Unidos y México. IENova, la filial mexicana de Sempra, construirá el segmento de Ojinaga a El Encino, momento en el que TransCanada ya está construyendo un oleoducto de Topolobampo. A partir de ahí, la CFE también está licitando para el transporte marítimo de aproximadamente 170 Mmcf por día de gas natural, o los volúmenes equivalentes en forma de gas natural licuado (GNL), al sur del puerto de La Paz Baja California para abastecer esa región.

Actualmente, además de los proyectos de expansión de la red de gasoductos llevados a cabo por Petróleos Mexicanos (Pemex) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se desarrollan proyectos para transportar gas natural por distintos medios (gas comprimido y licuado por medio de pipas) a ciudades medianas que se encuentran alejadas de la red de gasoductos, aun con los proyectos de infraestructura de transporte en desarrollo, existen oportunidades para llevar gas natural a aquellos estados del país que no cuentan con gasoductos o cuentan con acceso limitado al gas natural. (Zeng, Black, Veatch, 2015)

La construcción de los proyectos incluidos en el Plan Quinquenal de expansión del sistema de transporte y almacenamiento nacional integrado de gas natural 2015-2019 aprobado por la SENER implica una expansión del Sistema de 5,159 km de nuevos gasoductos. Figura 3.6



Figura 3.6 Mapa del sistema de transporte y almacenamiento nacional integrado de gas natural

Fuente: Erick Zepeda, con base en la información de SENER, CENEGAS, y CRE (Comisión Reguladora de Energía).

Los ductos que transportan gas natural desde el norte hacia el centro, buscan aumentar la capacidad del suministro de gas de importación hacia las zonas demandantes en el centro del país de manera que se compensen las fluctuaciones de oferta nacional proveniente del sureste del país.

Los ductos que conectan al Golfo con el occidente, van a lograr aliviar la congestión de las actuales rutas que conducen gas natural desde el troncal de 48 pulgadas hacia los mercados del centro y occidente del país al mismo tiempo que dan redundancia al suministro de importantes centros de población y actividad económica.

Los ductos que conectan al sistema, con nuevos centros de demanda de gas natural, logran extender la cobertura del sistema para la gasificación del país, para detonar nuevos mercados y contribuir a su desarrollo económico. Y los ductos que refuerzan la capacidad de internación de gas natural de importación al norte del país, aumentan y diversifican la capacidad de suministro de gas natural de importación hacia las zonas demandantes en el norte del país, y propician la formación de anillos que logran la redundancia.

México avanza en la distribución de proyectos con una visión integral que permitirá llevar este hidrocarburo a distintas zonas del país, fortaleciendo el desarrollo de zonas industriales establecidas, e incorporando a otras regiones que hasta ahora no han tenido acceso al gas natural.

Gasoductos Tuxpan - Tula

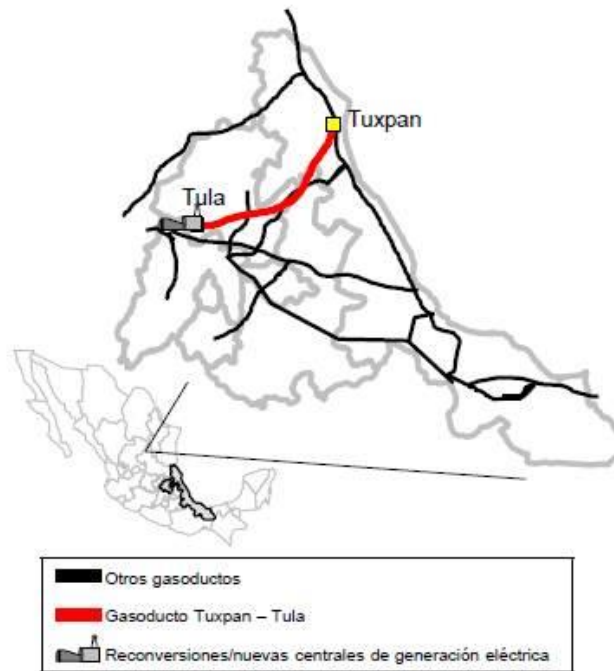


Figura 3.7 Gasoducto Tuxpan - Tula
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto transportará gas natural proveniente del Sur de Texas para satisfacer los requerimientos de gas natural en las centrales de la CFE ubicadas en los estados de Veracruz, Puebla e Hidalgo, así como en las regiones Centro y Occidente del país. Figura 3.7

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la CFE, con la finalidad de suministrar gas natural a las nuevas centrales de generación que se planea instalar en la zona Centro, así como las que operan actualmente con combustóleo y serán reconvertidas para utilizar gas natural.

Tendrá un diámetro de 36 pulgadas con una longitud aproximada de 263 km y la fecha estimada de licitación 10 de noviembre de 2015, y fecha estimada de operación diciembre 2017. (SENER, 2015)

Gasoducto La Laguna – Aguascalientes

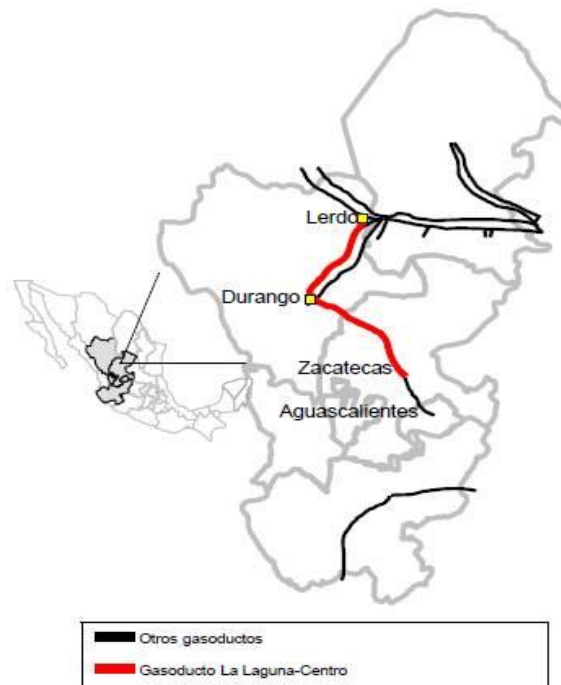


Figura 3.8 Gasoducto La Laguna - Aguascalientes
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 42 pulgadas de diámetro y 600 km de longitud aproximada, se interconectará con el gasoducto El Encino – La Laguna y al gasoducto Villa de Reyes – Aguascalientes – Guadalajara de los estados de Durango, Zacatecas y Aguascalientes. Figura 3.8

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la CFE para satisfacer los requerimientos de gas natural en las nuevas centrales de generación de la CFE en los estados de Durango, Zacatecas y Aguascalientes, así como las que operan con combustóleo actualmente y serán reconvertidas para utilizar gas natural. Fecha estimada de licitación enero 2016 y fecha estimada de operación diciembre 2017. (SENER, 2015)

Gasoducto Lázaro Cárdenas – Acapulco

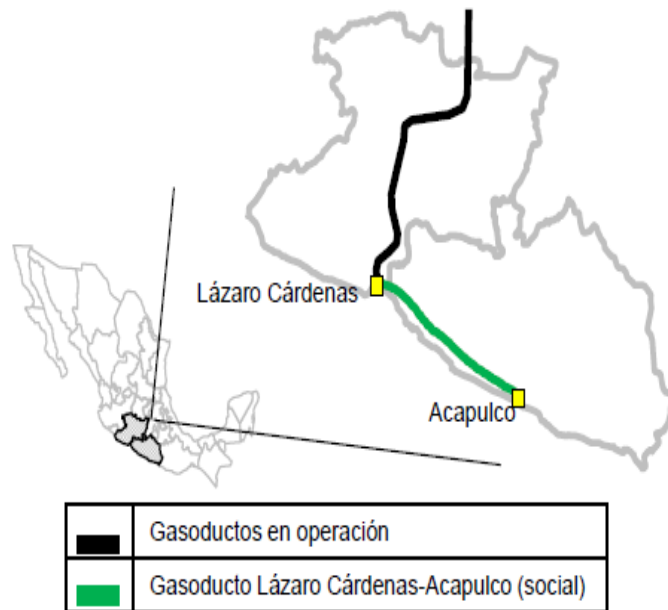


Figura 3.9 Gasoducto Lázaro Cárdenas – Acapulco

Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 20 pulgadas de diámetro y 331 km de longitud aproximadamente, contribuirá al suministro de gas natural y a la industrialización de los estados de Michoacán y Guerrero. Figura 3.9

El 28 de noviembre de 2014, la SENER determinó este gasoducto como proyecto social. Fecha estimada de licitación 2016 y fecha estimada de operación 2018. (SENER, 2015)

Gasoducto Tula - Villa de Reyes

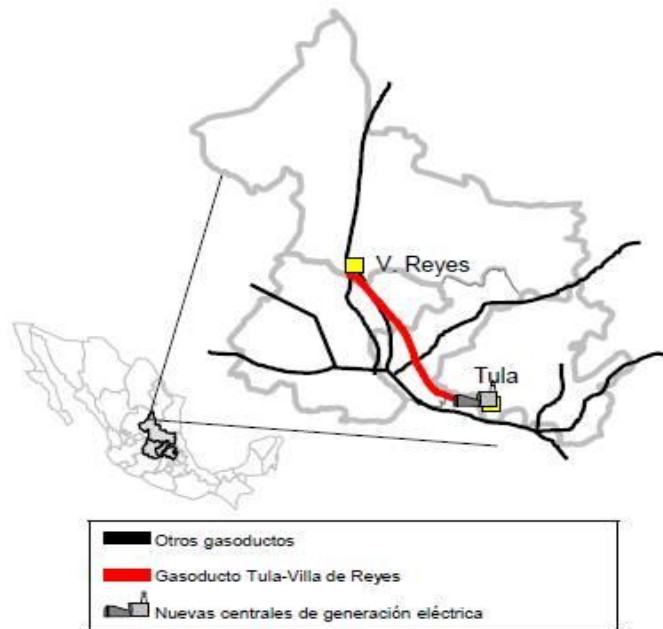


Figura 3.10 Gasoducto Tula - Villa de Reyes
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 36 pulgadas y 259 km de longitud aproximada contribuirá a satisfacer los requerimientos de gas natural en las centrales de generación de la CFE ubicadas en los estados de Hidalgo y San Luis Potosí, así como en las regiones Centro y Occidente del país. Este proyecto interconectará con el gasoducto Tuxpan – Tula y al gasoducto Villa de Reyes – Aguascalientes – Guadalajara. Figura 3.10

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la CFE, para abastecer a las nuevas centrales de generación y así como las que operan con combustóleo y que podrán ser reconvertidas para utilizar gas natural. La fecha de estimada de licitación diciembre de 2015 y la fecha estimada de operación diciembre de 2017. (SENER, 2015)

Gasoducto Villa de Reyes – Aguascalientes – Guadalajara



Figura 3.11 Gasoducto Villa de Reyes – Aguascalientes – Guadalajara

Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 36 pulgadas de diámetro y 355 km de longitud aproximada, se interconectará con los gasoductos Tula – Villa de Reyes y La Laguna – Aguascalientes, de los estados de San Luis Potosí, Aguascalientes y Jalisco, así como las que operan con combustóleo y serán reconvertidas para utilizar gas natural. Figura 3.11

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la CFE, como una alternativa para incrementar de gas natural a la zona Centro y Occidente del país, la fecha de estimada de licitación diciembre de 2015 y la fecha estimada de operación diciembre de 2017. (SENER, 2015)

Gasoducto San Isidro – Samalayuca

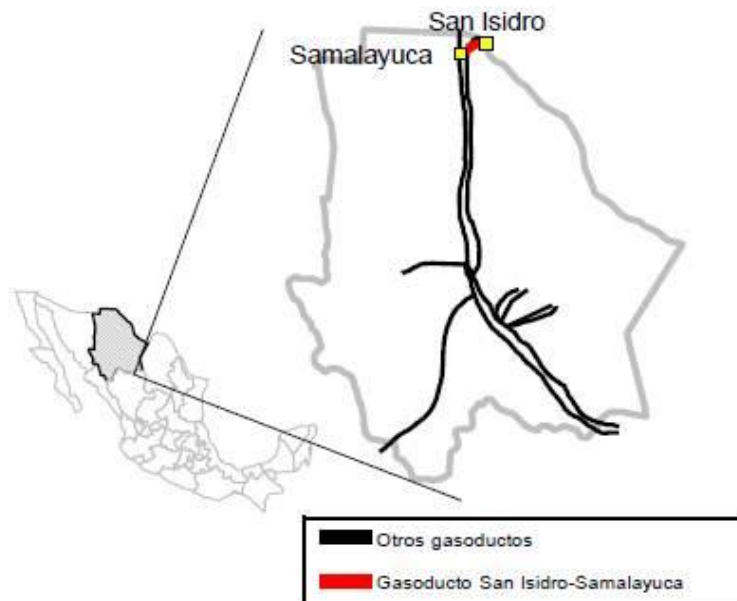


Figura 3.12 Gasoducto San Isidro – Samalayuca
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 23 km de longitud transportará gas natural proveniente de Estados Unidos con la finalidad de generar electricidad en la Central de Ciclo Combinado “Norte III”, ubicada en Samalayuca, Chihuahua.

Este proyecto será de dos secciones, Figura 3.12:

- La primera de 42 pulgadas, irá de San Isidro al punto de interconexión con el gasoducto Corredor Chihuahua (en operación).
- La segunda de 36 pulgadas de diámetro, irá del mencionado punto de interconexión a la central “Norte III”.

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la CFE, dada la necesidad de contar con nuevas fuentes de suministro de gas natural y diversificar las rutas de transporte a fin de atender los requerimientos del sector, la fecha de estimada de licitación 14 de julio de 2015 y la fecha estimada de operación enero de 2017. (SENER, 2015)

Gasoducto Samalayuca - Sásabe

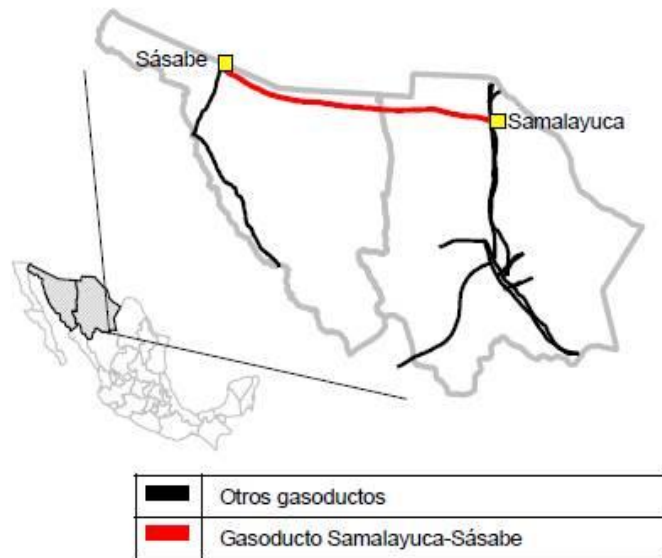


Figura 3.13 Gasoducto Samalayuca - Sásabe
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 36 pulgadas de diámetro y 650 km de longitud aproximadamente, transportará gas natural proveniente de la región de Waha en Texas, con lo cual se podrá satisfacer los requerimientos en las centrales de generación de la CFE ubicadas en los estados de Chihuahua y Sonora, se interconectará con el gasoducto Sásabe – Guaymas y el gasoducto San Isidro – Samalayuca. Figura 3.13

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la CFE, con la finalidad de suministrar gas natural a las nuevas centrales de generación así como a las que operan con combustóleo que podrán ser reconvertidas para utilizar gas natural en las regiones Norte y Noreste del país, la fecha de estimada de licitación 11 de septiembre de 2015 y de operación noviembre de 2017. (SENER, 2015)

Gasoducto Jáltipan- Salina Cruz

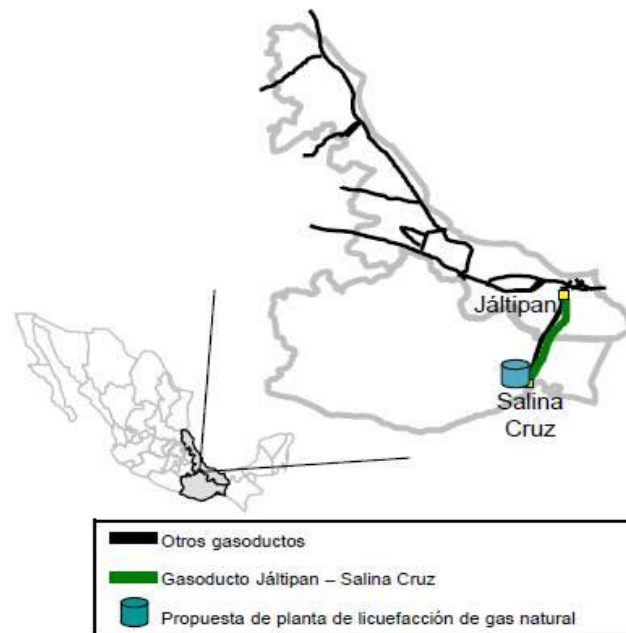


Figura 3.14 Gasoducto Jáltipan- Salina Cruz
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 36 pulgadas y 247 km de longitud aproximado será fuente de abasto de los estados de Veracruz y Oaxaca de gas natural para 4 proyectos. Figura 3.14:

- Reconfiguración de la refinería de Salina Cruz
- Planta de cogeneración en Salina Cruz
- Posible planta de licuefacción en Salina Cruz
- Exportación hacia Centroamérica

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la PEMEX el 16 de diciembre de 2014, la fecha de estimada de licitación 2015 y la fecha estimada de operación 2017. (SENER, 2015)

Gasoducto Salina Cruz – Tapachula



Figura 3.15 Gasoducto Salina Cruz – Tapachula

Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 20 pulgadas de diámetro y 440 km de longitud aproximada contribuirá al desarrollo económico de los estados de Oaxaca y Chiapas, mediante la atracción de inversión para la instalación de plantas productivas en la región. Figura 3.15

El 28 de noviembre de 2014, las SENER determinó este gasoducto como proyecto de cobertura social, fecha estimada de la licitación 2016 y la fecha estimada de operación 2018. (SENER, 2015)

Gasoducto Sur de Texas – Tuxpan

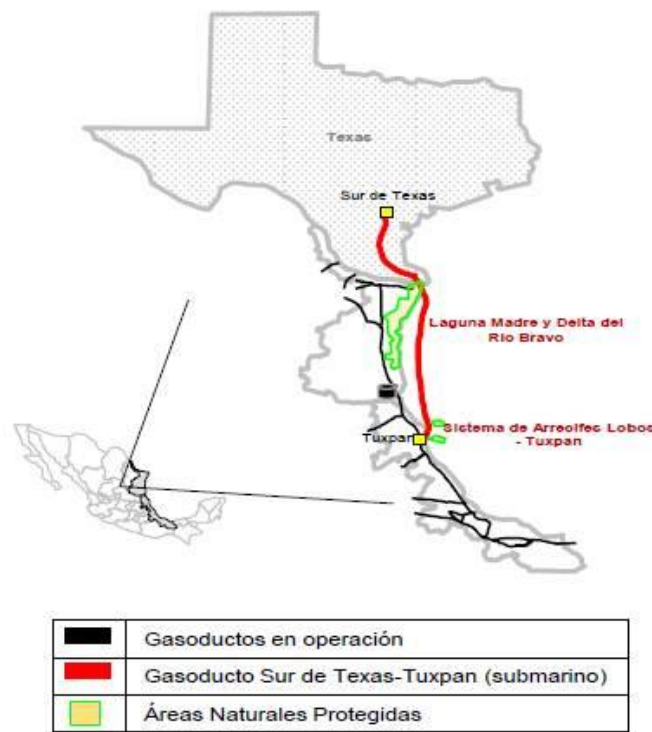


Figura 3.16 Gasoducto Sur de Texas – Tuxpan
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 16, 20 y 42 pulgadas de diámetro y 800 km de longitud aproximada transportará gas natural por una ruta submarina en el Golfo de México desde el Sur del estado de Texas, Estados Unidos de América, hasta Tuxpan, Veracruz, el proyecto se interconectará con el gasoducto Nueces – Brownsville y el gasoducto Tuxpan – Tula. Figura 3.16

La licitación de este proyecto fue instruida por la SENER a la CFE gas natural a las nuevas ce para contribuir a satisfacer los requerimientos de gas natural en la nuevas centrales de generación que la CFE instalará en los estados de Tamaulipas y Veracruz, así como a las que operan con combustóleo que podrán ser reconvertidas para utilizar gas natural.

La fecha estimada de licitación es en febrero de 2016, y la fecha estimada de operación en junio de 2018. (SENER, 2015)

Gasoducto Colombia – Escobedo



Figura 3.17 Gasoducto Colombia – Escobedo
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 30 pulgadas de diámetro y 300 km de longitud aproximada, será una opción adicional de suministro de gas natural en el estado de Nuevo León, proveniente de Estados Unidos y abastecerá a las nuevas centrales de generación eléctrica que la CFE instalará en la región Noreste. Figura 3.17

La fecha estimada de la licitación es 2016, y la fecha estimada de operación es 2018. (SENER, 2015)

Gasoducto Los Ramones – Cempoala



Figura 3.18 Gasoducto Los Ramones – Cempoala
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este gasoducto de 36 pulgadas de diámetro y 855 km de longitud aproximada incrementará el transporte de gas natural en el Golfo de México, con objeto de destinar la oferta nacional del Sureste hacia Centroamérica y hacia una posible planta de licuefacción de gas natural en Salinas Cruz, en los estados de Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz. Figura 3.18

Fecha estimada de operación en 2019. (SENER, 2015)

Estación de Compresión El Cabrito

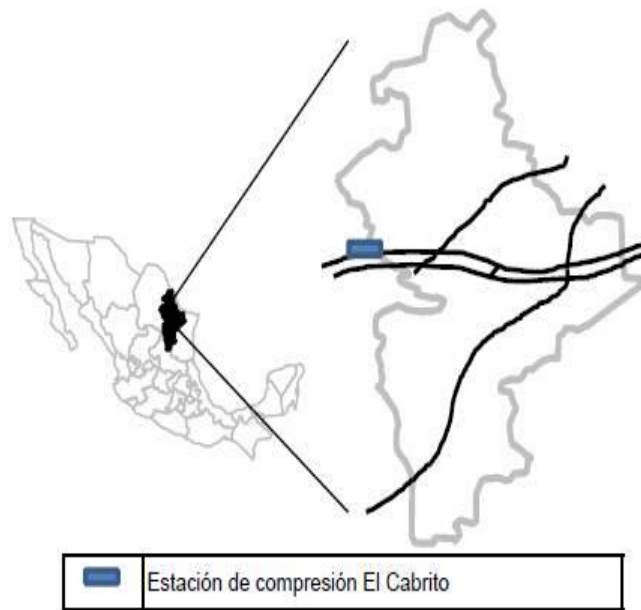


Figura 3.19 Estación de Compresión El Cabrito
Fuente: SENER, CENEGAS Y CRE, 2015

Este proyecto consiste en incrementar la capacidad de transporte en la zona norte del país para atender el requerimiento de suministro de gas natural, en los estados de Chihuahua y Nuevo León. Figura 3.19

Fecha de instrucción por parte de la SENER a PEMEX para la licitación de la estación de compresión es el 18 de junio de 2015. (SENER, 2015)

El Plan Quinquenal de transporte y almacenamiento, descrito anteriormente es un elemento central del nuevo modelo de transporte y comercialización de gas natural de México.

3.4.2 Infraestructura Carretera

Este medio se utiliza, para transportar tubos cilíndricos de gas natural comprimido (GNC), a altas presiones, habitualmente entre 200 bar (2900 PSI) y 250 bar (3626 PSI), de ésta manera se traslada el gas natural hasta una planta de descarga emplazada en la inmediaciones de la localidad en donde el combustible se le reduce a la presión de distribución domiciliaria para su inyección a la red.

El gas licuado de petróleo (GLP), conocido más comúnmente como “gas de cocina” se comercializa generalmente en recipientes en estado líquido (mediante una compresión moderada, logrando una considerable reducción del volumen y de esta menor espacio de almacenaje y menor costo de transporte), luego éste se convierte en gaseoso a la presión atmosférica y temperatura ambiente en el momento en que se utiliza en la cocina.

Para que México sea un país más competitivo, productivo y próspero es necesario contar con infraestructura de comunicaciones y transportes de calidad alineada a las necesidades de movilidad y de carga, así como de comunicación. La importancia de la infraestructura es un factor dominante para el desarrollo económico, también es un factor para elevar la competitividad: reduce costos y tiempos de transporte, facilita el acceso a mercados e integra cadenas productivas. Figura 3.20

A pesar de los esfuerzos en infraestructura de comunicaciones y transportes, la inversión ha atendido necesidades e iniciativas que, en muchos casos, han surgido de forma aislada o han carecido de una visión integral. En este contexto, México requiere inversiones oportunas para mejorar y ampliar las redes de transporte y comunicaciones del país y así alcanzar las metas de crecimiento esperado de los próximos años. (Programa Nacional de Infraestructura. 2014-2018)

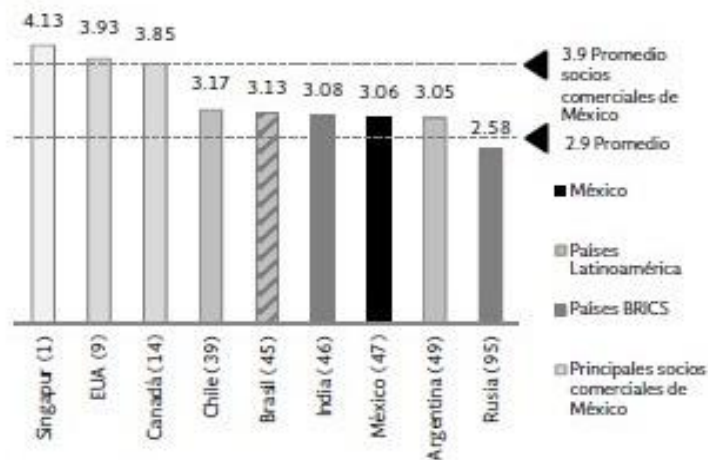


Figura 3.20 Infraestructura carretera
Fuente: Secretaria de Turismo SECTUR, 2015

Por lo tanto, en la planificación de infraestructura de comunicaciones y transportes se debe tener un enfoque en el cual se priorice el equilibrio entre los modos de transportes, dominado por la carretera, y la optimización funcional del conjunto de los sistemas de transportes y comunicaciones.

- Asignación de rutas de reparto
- Itinerario de vehículos

Transporte logístico, de acuerdo al Índice de desempeño logístico 2012 del Banco Mundial, México se ubica en el lugar 47 de 155 países, posicionándose a 38 lugares de distancia de nuestros principales socios comerciales y de naciones con desarrollo similar en la región. Figura 3.21



¹ Puntaje del 1 al 5, siendo 1 extremadamente ineficiente y 5 extremadamente eficiente.

Nota: Los países BRICS son Brasil, Rusia, India y China y Sudáfrica.

FUENTE: Banco Mundial.

Figura 3.21 Grafica de índice del desempeño logístico
Fuente Banco Mundial, 2012

3.4.3 Marítimo y fluvial (buques)

Por esta vía, por lo general se transporta el gas natural licuado (GNL), que está conformado fundamentalmente por metano, el cual ha sido convertido a líquido en las plantas criogénicas (mediante el proceso de licuefacción) reduciendo su volumen de cerca de 600 veces, para su almacenamiento y transporte eficiente del gas natural especialmente a grandes distancias a bajo costo, por mar (buques especializados), por carretera y transporte ferroviario. Figura 3.22



Figura 3.22 Buque Metanero
Fuente Gn Criogénico, 2007

El Sistema Portuario Nacional se compone de 117 puertos y terminales, de los cuales 71 son federales y están concesionados a 25 API. En México, gracias a su posición y composición geográfica favorece a los tráficos marítimos, donde actualmente operan en el país 41 puertos comerciales de los cuales 26 están habilitados para el tráfico de altura y dedicados a actividades comerciales, industriales, petroleras y turísticas. Figura 3.23

Los puertos son muy importantes para una economía, en México y han fungido como polos detonadores de desarrollo en las regiones de influencia directa e indirecta.

Los principales puertos que transportan gas natural licuado GNL:

- Tuxpan, Veracruz
- Topolobampo, Sinaloa
- Manzanillo, Colima
- Lázaro cárdenas, Michoacán
- Campeche, Yucatán
- Rosarito, Baja california
- Altamira, Tamaulipas
- Salina Cruz, Oaxaca
- Pajaritos, Veracruz

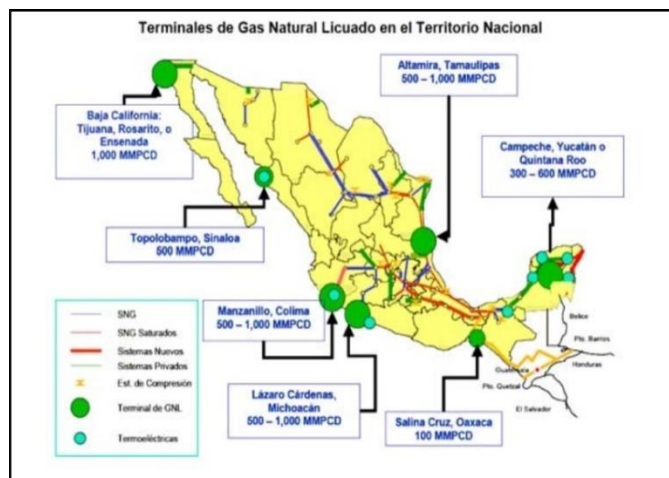


Figura 3.23 Mapa de puertos de que transportan GNL
Fuente SENER, CFE Y CRE

Es importante hacer hincapié en que México se ha convertido en un país geoestratégico para el comercio internacional, debido a ser vecino de uno de los mercados más grandes del mundo, pero también por su ubicación geográfica que favorece las relaciones económicas con los países asiáticos y del Pacífico. Debido a que su espacio territorial es una plataforma muy atractiva para la inversión extranjera que desea acceder al mercado de los Estados Unidos, de ahí la importancia estratégica de contar con puertos eficientes. (Puertos Mexicanos, 2006)

Las terminales de GNL en Altamira, Tamaulipas y en la península de Yucatán podrían tener interacciones que flexibilicen las entregas de este combustible entre dichas terminales e inclusive entre éstas y las terminales de EE.UU., ubicadas en la costa del Golfo de México y el Océano Atlántico. De forma similar entre las terminales que se instalan en las costas del pacífico, ya sea en Manzanillo o Lázaro Cárdenas y a la que se instale en la Península de Baja California, en Topolobampo, y en Salina Cruz, Oaxaca. (Puertos Mexicanos, 2006)

3.4.4 Ferrocarriles

Actualmente los más de 26,727 km de red ferroviaria nacional, de las cuales 20,722 km forman parte de troncales y ramales, que tocan la mayor parte de las regiones de importancia económica de México, uniendo al país al norte con la frontera de los Estados Unidos, al sur con la frontera de Guatemala, y del Este al Oeste al Golfo de México con el Pacífico. Esto ha sido el resultado de un largo proceso de construcción ferroviaria, basado en una gran diversidad, que en su mayoría concesionada y con formas jurídicas de propiedad y con tendido de líneas con características técnicas variadas, 4,450km son vías secundarias y 1,555 km son particulares. Figura 3.24

VAN POR INTEGRACIÓN NACIONAL

A través de la interconexión ferroviaria, se posibilita el que una sola empresa preste el servicio de transporte de mercancías entre dos puntos aunque involucren tramos de vía de dos concesiones distintas.



Figura 3.24 Mapa de infraestructura ferroviaria
Fuente Programa Sectorial de la SCT 2013 - 2018

3.4.4.1 Participantes del mercado

La red es operada por 5 empresas concesionadas y 2 asignatarios, con una flota de 1,555 locomotoras:

1. Kansas City Southern de México, S. de R.L. de C.V.(Noreste)
2. Ferrocarril Mexicano, S.A. de C.V. (Pacífico – Norte, línea corta Ojinaga – Topolobampo, vía corta Nazcozari)
3. Ferrosur, S.A. de C.V. (Sureste, Oaxaca – Sur)
4. Línea Coahuila Durango, S.A. de C.V. (Coahuila – Durango)
5. Ferrocarril y Terminal del Valle de México, S.A. de C.V. (Chiapas – Mayab)
6. Compañía de Ferrocarriles Chiapas – Mayab, S.A. de C.V. (vía Ferroviaria del Valle de México)
7. Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V. (Ferrocarril de Istmo de Tehuantepec)
8. Administradora de la vía corta Tijuana – Tecate. (vía corta Tijuana – Tecate)

Aquí, los materiales con los cuales se construyen el recipiente deben de cumplir una serie de normas, deben de tener aislamiento térmico, para evitar accidentes.

3.4.5 Transporte de agua, hidrocarburo y residuos

Este proceso involucra todas las actividades relacionadas con el uso responsable del agua, tratamiento y disposición de las aguas residuales, involucra la coordinación de la cadena de suministro de agua, la conformidad con los procesos regulatorios, y el desarrollo e implementación de una cadena rentable y sostenible.

El manejo optimizado del agua también podría reducir la masa de contaminantes en el efluente tratado, mejorando así la calidad de la descarga de las aguas residuales y ultimadamente el impacto ambiental de las perforaciones y descargas

de una refinería. Las aguas residuales contaminadas son típicamente enviadas a una planta de tratamiento, el agua que no ha estado en contacto directo con el hidrocarburo o tenga solo una contaminación mínima pueden ser una fuente de reutilización.

El definir una estrategia de manejo del agua incluye la evaluación de las necesidades de agua, la identificación de opciones viables de ser fuentes de agua, el transporte del agua, almacenamiento, tratamiento y disposición final.

El manejo de residuos, involucra almacenaje responsable, tratamiento y disposición final de los diferentes tipos de residuos en las perforaciones, o refinación de petróleo crudo, los residuos más comúnmente asociados con el procesamiento del gas natural, son residuos químicos de las anteriormente mencionadas operaciones. Las estrategias de manejo de residuos deciden cuál de las operaciones seguirán, con base en los requerimientos regulatorios y los costos de operación, mantenimiento y transporte.

Se consideran materiales peligrosos a los elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezcla de ellos que, independientemente de su estado físico, representan un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas.

En cuanto al manejo de sustancias peligrosas, existen una serie de dispositivos que tienden a regular tanto su manejo como su transferencia, algunas son meramente estadísticas y de información, siendo otras precautorias y condicionales. Par el transporte de sustancias peligrosas, los transportistas deberán observar reglas específicas que son establecidas en el Reglamento de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. Figura 3.25

No obstante lo anterior, como podemos observar no existen obligaciones específicas para el manejo de ciertas sustancias, sino que existen obligaciones en otros instrumentos, los cuales integran a las mismas como un instrumento de gestión. Sobre lo que si existen obligaciones específicas son sobre los residuos. (Basurto González, D. 2007)

Competencial Federal

El manejo de los residuos que por sus características Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Toxicas, Inflamables o Biológico infecciosos (CRETIB), sean considerados como peligrosos.

Competencia Local: el manejo de todos los residuos que no tengan las características CRETIB de los residuos peligrosos.



Figura 3.25 Tanque para la recolección de residuos industriales

Fuente: DESLER S.A.

3.4.6.- Transporte de Personal

La seguridad, salud en el trabajo y Protección Ambiental son valores de la más alta prioridad para la producción, transporte, las ventas, la calidad y los costos. Integra y estandariza las solicitudes de transporte aéreo, transporte marítimo, alimentación, hospedaje, reserva en línea el hospedaje y transporte requerido (camas, asientos) y asegura el hospedaje al trabajador que sube a instalaciones costa afuera.

Ventanillas integradas para confirmación de solicitudes de servicio de:

- Ventanilla del Helipuerto: Transporte Aéreo y Hospedaje
- Ventanilla de Terminal Marítima Laguna Azul: Transporte Aéreo, Transporte Marítimo, Alimentación y Hospedaje de personal. Figura 3.26



Figura 3.26 Transporte de PEMEX

Fuente: PEMEX

Para llevar el gas natural a los distintos polos del país de modo que sirva como detonante y continúe apoyando el crecimiento económico se requiere de mayor coordinación entre los distintos actores para agilizar la ejecución de inversiones a fin de ampliar y fortalecer la capacidad de transporte por medio de gasoductos.

3.4.7.- Almacenamiento

Es conveniente analizar las ventajas de completar la infraestructura actual del transporte y suministro de gas natural, con capacidad de almacenamiento, que permitan mantener el balance operativo del sistema.

Aunado a lo anterior, se debe tomar en cuenta la falta de capacidad de almacenamiento de gas natural a nivel nacional, más allá de la escasa capacidad que ofrecen las plantas privadas de regasificación de gas natural licuado, cuyo diseño operativo no tiene este fin. Figura 3.27

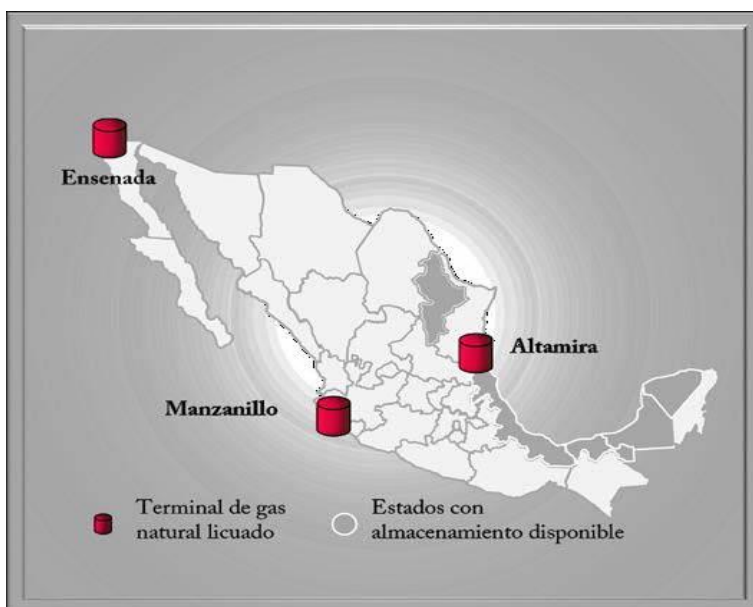


Figura 3.27 Mapa de estados con capacidad de almacenamiento

Fuente: Secretaría de Energía SENER, 2015

El uso adecuado de la capacidad de almacenamiento permite el mejor aprovechamiento de un sistema, al contar con sistemas de almacenamiento robustos, es posible llevar a cabo las operaciones bajo mejores condiciones, reduciendo las probabilidades de fallo y brindando mayores garantías para el abasto de productos.

3.5.- Distribución

El proceso de refinación del petróleo crudo incluye las actividades necesarias para la distribución de los hidrocarburos a los mercados de consumo y la conducción de productos refinados a vendedores de petróleo o a la compañía de distribución para su venta. El almacenamiento intermedio se utiliza para la distribución regional, petroquímicos, distribuidores y consumidores.

Pero también se debe contar con un tipo de manejo en las operaciones de seguridad y mantenimiento en las distintas formas de distribución, se debe

asegurar el efectivo mantenimiento, definir operaciones de seguridad, cumplir con los requerimientos, normas, requisitos para la distribución y manejo del hidrocarburo, para asegurar la seguridad de todo el personal, maquinaria, determinar un sistema de control.

Se debe contar con ductos de distribución, líneas o ramales de abastecimiento, tanques para almacenamiento, para su posterior distribución, así como su mantenimiento, por ejemplo; los tanques deben ser limpiados de tiempo en tiempo, para cambiar el tipo de producto cargado en un tanque, para asegurar la seguridad y calidad del producto, tiene que haber un control de las partes que deban o pasar una aprobación para su continuación o interrupción del trabajo.

Adicionalmente, todas las instalaciones y equipo deben ser inspeccionadas, aprobadas y cumplir con los estándares de seguridad, calidad, confirmadas antes del inicio de las operaciones.

3.6.- Comercio

Este proceso debe estar al tanto de las actividades del transporte de la refinería de petróleo crudo o terminal gasera hasta los vendedores o centros de distribución para su venta a los mercados. Un comercializador de petróleo o gas natural, es cualquier individuo o compañía que toma posesión de los productos de petróleo refinado con el propósito de revender esos productos; esto engloba un gran rango de negocios comerciales, tanto al mayoreo como al menudeo.

Un comercializador de petróleo o gasero (el gas natural debe de estar vaporizado antes de su venta), el transporte terrestre es el método de preferencia para la entrega y venta del gas natural al usuario final, sea un cliente industrial, estación de servicio, el comercializador de petróleo generalmente posee estaciones de gasolina, tiendas de conveniencia, negocios de petróleo para calefacción, paraderos de camiones, bodegas de lubricantes, compañías de camiones petroleros e instalaciones de almacenamiento a granel.

3.7.- Cadena de valor de hidrocarburos en México, (*HydrocarbonValueChain, HCVC*)

En México, la cadena de valor de los hidrocarburos ha ido evolucionando desde el comienzo del sector en México hasta la fecha y seguirá evolucionando con el paso del tiempo, en particular, con las implicaciones de la reforma energética, a medida que se expande hacia nuevas áreas de oportunidad, la cadena de valor crece en tamaño y madurez con más procesos y subprocesos en los tres segmentos y ofrece un entendimiento del ciclo de vida de los hidrocarburos en México.

El termino cadena de valor se refiere a una secuencia de actividades (proceso) que se realizan en una industria específica con el fin de ofrecer un producto o servicio valioso para el mercado. Por lo tanto se puede definir como un conjunto de actividades que la industria mexicana realizará para extraer hidrocarburos.

Un proceso se define como una secuencia de actividades relacionadas y estructuradas realizados para producir un servicio o producto específico y un subproceso se define como una o más tareas que cumplen con una porción significativa o etapa de un proceso.

3.8.- Los segmentos la cadena valor de hidrocarburos

La cadena de valor de hidrocarburos constituye una colección de segmentos, procesos y subprocesos que describen las operaciones y como se muestra en la figura 3.28, la *HCV* en México se divide en tres segmentos: *upstream*, *midstream* y *downstream* a través del ciclo de vida del petróleo y gas. (Secretaría de Energía SENER, 2015)

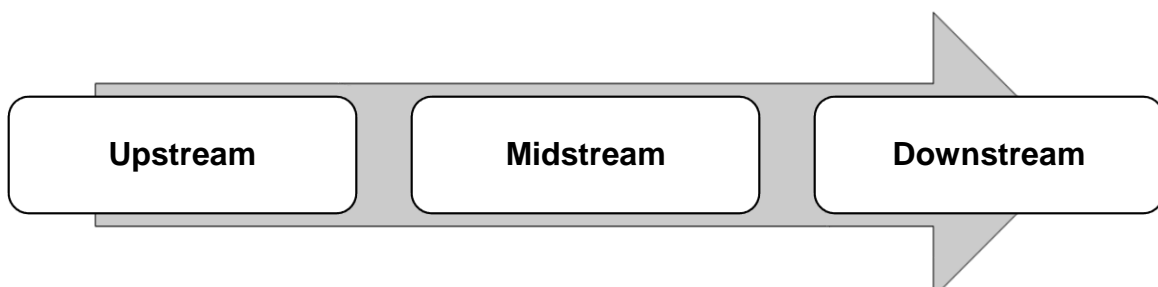


Figura 3.28: Cadena de valor de hidrocarburos
Fuente: Secretaría Energía (SENER), 2015

Upstream, comúnmente conocido como el sector de la exploración y producción (E&P), implica la búsqueda de campos potenciales de petróleo crudo y gas natural en tierra y bajo el agua, perforación de pozos petroleros y de manera subsecuente perforar los pozos que recuperan y traen el petróleo crudo y/o gas natural crudo a la superficie. Este segmento y sus procesos no varían en función del tipo de hidrocarburo. Sin embargo, es necesario hacer una distinción entre los tipos de depósito, que se dividen en dos tipos de ubicación, en tierra y mar.

Los subprocesos de *upstream* son:

- Construcción de pozos (*well construction*)
- Perforación (*drilling*)
- Terminación (*completion*)
- Instalaciones y la recolección (*facilities and gathering*)
- Los miles de proveedores que apoyan el desarrollo (*the myriad suppliers that support this development*)

Midstream, comúnmente conocido como el segmento de transporte y el almacenamiento, este segmento presenta diferencias según el tipo de hidrocarburo (aceite y gas). Implica la refinación del petróleo crudo y el procesamiento, purificación del gas natural crudo, así como la comercialización y distribución de productos *downstream* del petróleo crudo y el gas natural.

Los subprocesos de *midstream* son:

- Transporte y logística en los aspectos de petróleo y gas natural, (*transportation and logistics aspects of oil and natural gas*)

Downstream, comúnmente conocido como el segmento de refinación y venta al por menor, este segmento también presenta diferencias según el tipo de hidrocarburo (aceite y gas).

Los subprocesos de *downstream* son:

- El procesamiento de gas natural y petróleo crudo en productos más arriba en la cadena de valor, (*the processing of natural gas and crude oil into product shigher up on the value chain*)

También incluyen estos subprocesos de medio de la corriente principal y aguas abajo:

- El gas natural licuado de procesamiento de (GNL), *Liquefied natural gas (LNG) processing*
- El gas natural y procesamiento de (LGN), *natural gas and (NGL) processing*
- Logística de gas natural (gasoductos de construcción para apoyar el aumento de la producción de gas natural), *natural gas logistics (pipelines construction to support their crease in natural gas production)*
- Logística de (LGN) (marino, oleoductos y almacenamiento), *(NGL) logistics (marine, pipelines, and storage)*

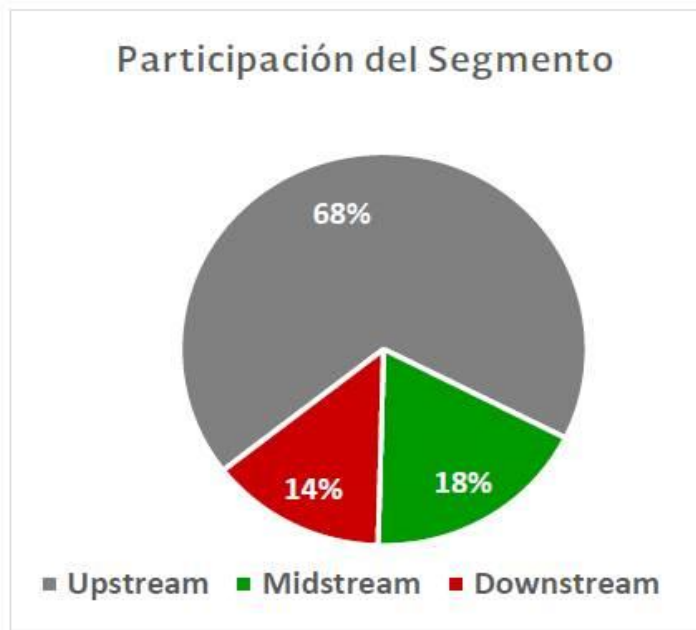


Figura 3.29. Participación de las compañías por segmento

Fuente: Secretaría Energía (SENER), 2015

3.9 Metodología de los participantes en la industria de hidrocarburos en México

Las compañías incluidas en el presente estudio han llevado a cabo operaciones en el sector mexicano de hidrocarburos por lo menos durante un par de años y adicionalmente, han solicitado acceso al cuarto de datos dentro del contexto de la Ronda 1 del proceso de licitación al mes de Abril del 2015 por lo que se consideran como futuros participantes potenciales, habiendo expresado su interés y por lo tanto han sido incluidos en la lista.

Las compañías manufactureras asociadas a la industria de los hidrocarburos no han sido incluidas ya que su fuerza de trabajo no lleva a cabo actividades primarias, y como consecuencia, el mapeo de la participación de estas compañías en el sector HCVC no suministrará la información sobre las brechas en la capacidad técnica que presentaría la fuerza de trabajo que lleva a cabo actividades primarias en los años por venir.

Los datos recabados incluyen información administrativa tal como los nombres de las compañías y su origen, al igual que llevan a cabo, el tipo de equipo que usan y las infraestructura que operan, donde aplique, con estos datos, hicieron posible el mapeo de estas compañías en el HCVC para poder identificar los segmentos en los cuales participan, al igual que los procesos y sub procesos que cubren, el tipo de ubicación donde operan, el tipo de métodos de recuperación que utilizan y el tipo hidrocarburo que manejan. (Secretaría de Energía, 2015)

La categorización utilizada en esta lista considera cinco tipos de compañías:

- Compañías nacionales de petróleo y gas (NOC), es perteneciente al estado.
- Compañías internacionales de petróleo y gas (IOC), son las que llevan a cabo actividades en su país de origen como en México y otros países.
- Compañía local, estas solamente llevan actividades a cabo en México.
- Compañías de servicio, son encargadas de suministrar herramientas y servicios otros jugadores que participan en la industria Mexicana de los hidrocarburos.
- Instituciones, son las organizaciones públicas que regulan las actividades de la industria Mexicana de los hidrocarburos.

3.10 Listado de las empresas participantes en la industria de hidrocarburos en México

3.10.1 Empresas participantes en el segmento *upstream*

Nombre	Institución
ASEA	X
CENACE	X
CENEGAS	X
CFE	X
CNH	X
CRE	X
FMP	X
IMP	X
SE	X
SENER	X
SHCP	X
SIE	X

Cuadro 2 Lista de instituciones de gobierno *upstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañías internacionales de petróleo y gas (IOC)
Alfasid del Norte	X
AtlanticRim México	X
Baker Hughes	X
BgGroup México Explration	X
BHP Billiton Petróleo Operaciones	X
Blake International Rigs	X
British Petroleum México (BP México)	X
Calfrac	X
Cheiron Holding	X
Chevron Energía	X
Chevron México	X
Cobalt	X
Compañía Española de Petróleo (CEPSA)	X
CoreLabOperations	X
Cryoinfra	X
Diavaz Offshore	X
Ecopetro	X
Emgs Sea Bed Registro	X
EnscoDrilling	X
Flowserve	X
Galp Energía	X
Global Drilling de México	X

Grupo Diavaz (OceanTeam)	X
Grupo R (Ipc, Mmm)	X
Grupo Vordcab	X
Halliburton	X
Helmerich y Payne México Drilling	X
Hess News	X
HuntOverseas	X
Hydril	X
InpexCorporation	X
Intercore	X
InvensysSystems	X
Key EnergyServices	X
LukoilOverseas	X
MajorDrilling de México	X
Marathon Offshore	X
MurpyWorldwide	X
Nabors Perforaciones México	X
NafdelPetroleumSolutionInt.	X
Nbl México (Noble Energy)	X
Newpek (Grupo Alfa)	X
NexenEnergy	X
OngcVidesh	X
Operadora de Campos Dwf (Weatherford)	X
Pacific Rubiales E&P	X
Paragon Offshore	X
Parker Drilling de México	X
Pason de México	X
PetroSpmIntegratedServices	X
Petrobas	X
Petrofac	X
Petróleo Brasileiro México	X
Plains Acquisition	X
Precisión Drilling (Grey Wolf International de México)	X
Premier Drilling	X
Premier Oil	X
Proturvac	X
Ptt Exploration	X
Qmax Solutions	X
Regent Steam de México	X
Repsol	X
Sacmag de México	X
Saipem	X

Schlumberger de México	X
Seadrill México (Seamex) (Sea Dragon de México)	X
Servicios Múltiples Burgos	X
Shell Exploración y Extracción de México	X
Sierra Oil& Gas	X
Statoil E&P	X
Swecomex (Cicsa)	X
Tecpetrol	X
Total	X
VitolEnergy México	X
Weatherford de México	X

Cuadro 3 Listado de compañías internacionales de petróleo y gas *upstream*

Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañía Local
Antonio Salvador Fernandez Becerra	X
Armadrill	X
BMT GIANT	X
Britton Hermanos Perforaciones	X
CBM Ingeniería Exploración y Producción	X
Cia Constructora Perforadora y de Estudios Geos	X
COMESA (Compañía Mexicana de Exploraciones)	X
Compañía Petrolera de Altamira	X
COMINVI	X
Construcciones Metálicas de Campeche	X
Constructora y Perforadora Latina	X
Cosafi	X
Cotemar	X
DS Servicios Petroleros (Grupo Diavaz)	X
E&P Hidrocarburos y Servicios	X
GpaEnergy	X
Grupo México	X
Grupo Protexa	X
Huasteca OilEnergy	X
Idaco	X
Ihsa (Iberoamericana de Hidrocarburos)	X
Monclova Pirineos Gas (Mpg) (Coimsa)	X
Oleorey	X
Paesa Pozos de Alta Eficiencia	X
Perfolat	X
Perfolatina	X
Petrolera de Amatitlán (VitolEnergy México, S.A. de C.V. / GpaEnergy, S.A. de C.V.)	X
Petrolera de Mihuapán (VitolEnergy México, S.A. de C.V. /	X

GpaEnergy, S.A. de C.V.)	
Petrolíferos Tierra Blanca	X
Pico México Servicios Petroleros	X
Psi Industrial	X
Reind Química	X
Rotenco	X
Servicios Hidráulicos del Bajío	X
Tecnología Integral en Fluidos de Perforación	X

Cuadro 4 Lista de compañías locales *upstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañías nacionales de petróleo y gas (NOC)
PEMEX	X

Cuadro 5 Lista de compañía nacional de petróleo y gas *upstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañía Servicios
CCICSA (CARSO)	X
Energold	X
Hidrógeno 120-120	X
Mexssub	X
Oceanografía	X
Oro Negro	X
Petroservicios	X
Promotora Ambiental	X

Cuadro 6 Lista de compañías de servicios *upstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

3.10.2.- Empresas participantes en el segmento *midstream*

Nombre	Institución
ASEA	X
CENACE	X
CENEGAS	X
CFE	X
CNH	X
CRE	X
FMP	X
IMP	X
SE	X
SENER	X
SHCP	X
SIE	X

Cuadro 7 Lista de instituciones de gobierno *midstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañías internacionales de petróleo y gas (IOC)
Chevron México	X
Chevron Texaco	X
Emerson Proceso Management S.A. de C.V.	X
EnbridgeTechnolgy	X
Fermaca	X
Grupo Diavaz (OceanTeam)	X
lenova	X
Ikusi México	X
Keppel Offshore & Marine México	X
Saipem	X
Sempra Pipelines & Storage México	X
Sice	X
Tecpetrol	X

Cuadro 8 Listado de compañías internacionales de petróleo y gas *midstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañía Local
Energía Integral	X
FermacaServices	X
Ferrosur	X
GpaEnergy	X
GptServices	X
Hidroagas de Agua Prieta	X
Nikar	X
Nuvoil	X

Cuadro9 Lista de compañías locales *midstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañías nacionales de petróleo y gas (NOC)
PEMEX	X

Cuadro 10 Lista de compañía nacional de petróleo y gas *midstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

3.10.3.- Empresas participantes en el segmento *downstream*

Nombre	Institución
ASEA	X
CENACE	X
CENEGAS	X
CFE	X
CNH	X
CRE	X
FMP	X
IMP	X
SE	X
SENER	X
SHCP	X
SIE	X

Cuadro 11 Lista de instituciones de gobierno *downstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañías internacionales de petróleo y gas (IOC)
British Petroleum México (BP México)	X
Grupo Tmm	X
Ica FluorDaniels	X
lenova	X
IntertekTestingServices de México S.A. de C.V.	X
Kansas City Southern de México	X
Maxigas Natural (GDF)	X
Sempra Pipelines & Storage México	X
Shell México	X

Sice	X
SK E&C	X

Cuadro 12 Listado de compañías internacionales de petróleo y gas *downstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañía Local
Detector Electronics	X
Quimotech de México	X
Vangd	X

Cuadro13 Lista de compañías locales *downstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañías nacionales de petróleo y gas (NOC)
PEMEX	X

Cuadro 14 Lista de compañía nacional de petróleo y gas *downstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Nombre	Compañías servicios
Industrial Detiasa	X

Cuadro 15 lista de compañías de servicios *downstream*
Fuente: Prospectivas de talento del Sector Energía SENER, 2015

Conclusión

La cadena de suministro es una herramienta que promueve el éxito integralmente dentro de una empresa, negocio o servicio, puede llegar a ser muy poderosa si se le aplica bien, existe un compromiso en todos los niveles de la empresa.

Es el momento para tomar acciones para formar parte del precedente que cambiará la cadena de suministro del sector petrolero y gas en México. Grandes retos hay para los participantes directa e indirectamente del sector energético.

En México nos encontramos con empresas que manejan tecnología para el manejo de producto y otros que están en proceso, sin embargo ambas tienen por objetivo el reducir costos y satisfacer las necesidades de sus clientes.

Referencias bibliográficas

Appendix A, Methodology and approach. Supplying the Unconventional Revolution: Sizing the unconventional oil and gas supply chain. 2014. IHS Economics.

Arango Serna M. D., Zapata Cortes J. A., Gómez Montoya R. A. 2010. Estrategias en la cadena de suministro para el distrito minero de Amagá. Boletín de Ciencias de la Tierra, núm. 28, junio-noviembre, pp. 27-38, Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Asamblea contra la Fractura Hidráulica. Burgos, Noviembre del 2011. Consulta junio 2015. burgosfracturahidraulica@yahoo.es

<http://www.comimsa.com.mx/cit/data/GasShale/6-La%20extracci%C3%B3n%20de%20Gas%20No%20Convencional.pdf>

Ballou R. H. 2004. Logística: administración de la cadena de suministro. Pearson Educación, Quinta Edición. México.

Basurto González, D. 2007. Manejo de materiales y residuos peligrosos. Consulta junio 2015. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/398/basurto.html>

Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. Fracturación de Pozos para la Extracción de Gas.

<http://www.comimsa.com.mx/cit/data/GasShale/ESTUDIO%20fracturacion%20de%20pozos-v2.pdf>

Correa Espinal A., Gómez Montoya R. A. 2008. Cadena de Suministro en el sector minero como estrategia para su productividad. Boletín de Ciencias de la Tierra, núm. 25, diciembre-junio, pp. 93-101, Universidad Nacional de Colombia. Colombia.

Chávez J.H., Torres-Rabello, R. 2012. Logrando ventajas competitivas a través de la Gestión de la Cadena de Suministro, segunda edición, RIL editores, Santiago de Chile. Chile.

Chávez, J. 2006. Cómo implementar una Cadena de Suministro, Profesor de Logística y Supply Chain Management de la Universidad Adolfo Ibáñez y Director del Instituto de Logística y Transporte de Chile.

Dirección General de Energía y Actividades Extractivas. Guía de criterios ambientales para la exploración y extracción de hidrocarburos contenidos en lutitas. Primera Edición 2015. Consulta junio de 2015.

http://inecc.gob.mx/descargas/difusion/2015_guia_criterios_ambientales_lutitas.pdf

Estrada, J.H. 2012. Desarrollo del gas lutita (gas shale) y su impacto en el mercado energético de México: reflexiones para Centroamérica. Cooperación Alemana Deutsche Zusammenarbelt.<http://www.comimsa.com.mx/cit/data/GasShale/elt4-DESARROLLO%20DEL%20GAS%20LUTITA.pdf>

Jaramillo, J. Ciencia UANL / año 17, No. 67, Mayo-Junio 2014. Consulta mayo 2015.

<http://cienciauanl.uanl.mx/wp-content/uploads/2014/06/queeselfracking1767.pdf>

Lajous, Adrian. 2013. El futuro nos alcanzó. Notas sobre el cambio energético de Norteamérica, nexos, número 426, México, junio. pp. 29 – 30.

La Revolución del Shale Gas, 2011. Pontifica Universidad Católica de Chile. Escuela de Ingeniería, departamento de Ingeniería Eléctrica. Consulta: junio 2015. http://web.ing.puc.cl/power/alumno11/shale/La%20Revolucion%20del%20Shale%20Gas_archivos/La%20Revolucion%20del%20Shale%20Gas.pdf

Partido Colorado. (2012). “Moratoria sobre Proyectos de Fractura Hidráulica para Obtención de Gas o Petróleo“. From [partidocolorado.com.uy](http://www.partidocolorado.com.uy/adminpc2/media/files/bc4fe0e576d02ea_moratoria%20sobre%20proyectos%20de%20fractura%20hidraulica%20para%20obtencion%20de%20gas%20o%20petroleo.pdf). http://www.partidocolorado.com.uy/adminpc2/media/files/bc4fe0e576d02ea_moratoria%20sobre%20proyectos%20de%20fractura%20hidraulica%20para%20obtencion%20de%20gas%20o%20petroleo.pdf

PEMES Exploración y Producción, 2013. Las reservas de hidrocarburos de México, al 1 de enero de 2013. Consulta: junio 2015. <http://www3.pemex.com:6015/Logistica/v1/stp/SLP2013.pdf>

Programa Nacional de Infraestructura. 2014-2018. Consulta: junio 2015

https://www.google.com.mx/?gws_rd=cr#q=infraestructura+carretera+para+la+exportacion+de+gas+natural+en+M%C3%A9xico

Puertos Mexicanos, 2006. API Topolbampo. Informe, Act. Programa Maestro

Rudnick, H. profesor de la Pontifica Universidad Católica de Chile, realizó un análisis del impacto del gas shale sobre el mercado de gas en mayo del 2011.

http://www.oilproduction.net/cms/files/shale_gas/La%20Revolucion%20del%20Shale%20Gas.pdf

Sánchez Gómez, M.G. 2008. Cuantificación y generación de valor en la Cadena de Suministro extendida. Del Blanco Editores. León.

Sánchez Jiménez, J.E., Hernández García, S. 2002. Marco conceptual de la Cadena de Suministro: un enfoque logístico. Publicación Técnica No. 215, Sanfandila, Querétaro.

Slone, R.E., Paul Dittman, J., Mentzer, JT., 2012. Transformando la Cadena de Suministro: Innovando para la creación de valor en los procesos críticos. PROFIT, Editorial.

Secretaría de Energía. Primer Volumen de las Prospectivas de Talento del Sector Energía: “Análisis de las Cadenas de Valor del Subsector Hidrocarburos”, 2015.

Sunil Chopra, Peter Meindl. 2013. Administración de la Cadena de Suministro, Pearson Educación.

(Consulta: junio 2015). <http://elmanana.com.mx/noticia/28784/Gas-shale-una-aventura-de-alto-riesgo-para-Mexico-.html>

Kenny Zeng, Black & Veatch. 2015.FUELS FOCUS: Growing Natural Gas Opportunities in Mexico.
<http://bv.com/energy-strategies-report/april-2015-issue/fuels-focus-growing-natural-gas-opportunities-in-mexico>

Laboratorio de innovación audiovisual de RTVE, 2015.
<http://lab.rtve.es/fracking/>