



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**El acceso a la distribución de
gas natural como medio de
desarrollo para México**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Petrolero

P R E S E N T A

José Manuel Ramírez Santana

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Eduardo Dorantes Sevilla



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022

Agradecimientos

A Dios y al Universo por la vida.

A mamá Paz por todo el amor y cuidado.

A mi papá Manuel por su amor e inspirarme a ser cada vez mejor.

A mi mamá Isabel por su amor y siempre creer en mí.

A mis hermanos, Lalo y Yoce, y a Chris por toda su compañía.

A mi director de tesis el ingeniero Eduardo Dorantes por toda su ayuda, tiempo, comprensión y consejos.

A mis sinodales la maestra Lourdes Jamit, al maestro Víctor López, al ingeniero Fidel Juárez y al ingeniero Oswaldo López, por su gran apoyo en este trabajo.

A mis amigos por su amistad y consejos, a René por todo lo aportado.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por todas las enseñanzas y vivencias durante toda mi instancia.

A la Facultad de Ingeniería por todo el aprendizaje.

Contenido

Resumen	III
Abstract	IV
Introducción	V
1. Aspectos generales del gas natural.....	1
1.1. Definición del gas natural.....	1
1.2. Características del gas natural	2
1.3. Usos del gas natural	4
1.4. Beneficios del gas natural.....	5
1.5. Cadena de valor del gas natural	8
1.5.1. Upstream.....	9
1.5.2. Midstream.....	10
1.5.3. Downstream	11
1.6. El gas natural como energía de transición.....	13
2. Perspectiva del mercado internacional del gas natural.....	16
2.1. El gas natural en la actualidad.....	16
2.2. Reservas de gas natural	17
2.3. Producción de gas natural	22
2.4. Demanda y consumo de gas natural	27
2.5. Importación y exportación de gas natural	34
2.7. Infraestructura de gas natural	37
2.8. Gas natural licuado (GNL)	43
2.9. Evolución de los precios	46
3. Panorama del mercado nacional del gas natural	50
3.1. Reservas de gas natural	50
3.2. Producción de gas natural en México.....	52
3.3. Demanda nacional de gas natural	54
3.4. Evolución de los precios	57
3.5. Infraestructura de gas natural.....	61
3.6. Suministro	65
3.6.1. Importación.....	66

3.6.2.	Gasoductos.....	67
3.6.3.	Gas Natural Licuado	70
3.7.	Comercialización.....	72
3.8.	Almacenamiento	73
4.	El sector de distribución de gas natural en México	75
4.1.	Marco regulatorio para el gas natural	76
4.1.1.	Formato de solicitud de permisos de distribución de gas natural por ductos	79
4.2.	Proceso de distribución.....	80
4.3.	Componentes del sistema de distribución	82
4.3.1.	City gate - Estación de recepción y despacho	82
4.3.2.	Red de distribución principal	85
4.3.3.	Red de distribución secundaria	86
4.3.4.	Red de distribución terciaria.....	86
4.3.5.	Sistema SCADA.....	88
4.3.6.	Obras de construcción de la red de distribución	89
4.3.7.	Acometidas.....	90
4.3.8.	Instalación interna	92
4.3.9.	Medidor	94
4.3.10.	Factura del servicio de distribución	95
4.4.	Seguridad en la distribución de gas natural.....	97
4.4.1.	Fugas de gas natural.....	98
4.4.2.	Daños a tuberías o medidores	98
4.4.3.	Mantenimiento.....	99
4.5.	Sectores de consumo	100
4.5.1.	Sector eléctrico.....	103
4.5.2.	Sector petrolero.....	107
4.5.3.	Sector industrial.....	108
4.5.4.	Sector residencial, servicios & autotransporte	110
4.6.	Principales compañías distribuidoras	113
4.7.	Beneficios generados por la distribución de gas natural	114
5.	Conclusiones	117
6.	Recomendaciones	119
	Referencias	121

Resumen

Este trabajo pretende mostrar un panorama general del mercado nacional e internacional del gas natural. Además de presentar las principales variables que intervienen en la distribución de gas natural por medio de redes de distribución en México.

Durante los últimos años, el mercado global de gas natural ha crecido rápidamente, pues para resolver la crisis climática en la que vivimos, se ha puesto en marcha una transición energética que logre reducir drásticamente las emisiones de carbono, sin embargo, al no existir fuentes de energía que sustituyan de manera integral a los combustibles fósiles, el gas natural ha tomado especial importancia en sostener dicha transición en lo que se consolida una fuente confiable y segura de energía.

A través de una investigación descriptiva con base en datos y cifras oficiales de instituciones gubernamentales y privadas así como empresas representativas del sector energético en México y el mundo, se muestra cómo los países se encuentran cada vez más interesados en desarrollar sus mercados de gas natural, pues se han visto reflejados los beneficios de este sobre otros combustibles al ser un recurso abundante, accesible, seguro y con precios relativamente bajos, además de tener un menor impacto ambiental.

Por lo anterior, la penetración del gas natural en un país es una fuente de desarrollo, ya que los distintos sectores económicos pueden contar con un energético que satisface plenamente sus necesidades. De esta manera, el gas natural cobra gran importancia en México, pues al ser un país que puede aprovechar la gran producción y precios asequibles de Estados Unidos, así como las reservas con las que se cuenta, podría desarrollar su infraestructura de distribución, especialmente mediante tuberías de diámetros menores para llevar a su población un mejor combustible.

Abstract

This work pretends to show a general overview of the national and international natural gas market. Furthermore, to presenting the main issues involved in the distribution of natural gas through distribution networks in Mexico.

In recent years, the global natural gas market has grown rapidly to resolve the climate crisis in which we live, an energy transition has been started to reduce carbon emissions, unfortunately, there are not energy sources capable of replace hydrocarbons, natural gas has an special place on this transition, it is a reliable and a secure energy source.

A research based on datasets and numbers from private and public companies, governments and other institutions, has shown that many countries are very interested on developing their natural gas markets. The benefits of natural gas over other sources of energy has been demonstrated. Natural gas is abundant, accessible, safe, cheaper, and with a lower environmental impact.

Thus, the development of natural gas industry in a country it's very important, it could satisfy the necessity of energy sources of different economic sectors.

In this way, natural gas becomes an important resource for Mexico, as a country that could use its geographic location to take advantage of gas production and lower prices of the United States, as well as its own gas production. Mexico could offer its poblation a better energy source developing natural gas distribution infrastructure like small diameter pipelines.

Introducción

Durante las últimas décadas ha surgido la necesidad de dejar atrás las energías con mayor impacto ambiental, lo que hace necesaria una transición energética. De acuerdo con la perspectiva mundial, apunta al gas natural como líder de dicha transición, pues a pesar de tener un origen fósil ofrece mayores ventajas que otros combustibles con mayor uso en la actualidad como el carbón e incluso el petróleo.

En los países en los que la distribución de gas natural, a través de tuberías, ha tenido una mayor penetración en el mercado interno de energía ha causado una serie de beneficios, como una mejora en la calidad del aire y disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, además, es el combustible fósil de más rápido crecimiento, pues de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2020) representa hoy el 23% de la demanda mundial de energía primaria y casi una cuarta parte de la generación de electricidad.

Por lo anterior el principal motivamente de este trabajo es que una mayor inserción del gas natural en la matriz energética de México resultará en una fuente de generación de empleos directos e indirectos, mayor eficiencia en las empresas, reducción de tarifas a los usuarios y menor impacto ambiental, logrando así, un mayor desarrollo en el país, lo que se traduce en un incremento significativo de la calidad de vida de los mexicanos.

En México la transición energética se ha visto frenada por diversos factores, entre los cuales destaca la falta de desarrollo en infraestructura en el país, así como la desinformación que existe respecto al gas natural y una deficiente aplicación de la ley en el sector energético.

El propósito de este trabajo es dar a conocer la importancia que ha cobrado el gas natural en México y el mundo presentando datos duros provenientes de fuentes de información oficiales tanto nacionales como internacionales en el sector energético.

Asimismo se hace énfasis en la distribución de gas natural por medio de ductos de distribución donde se muestran las principales variables que intervienen en esta actividad.

De esta manera, en el primer capítulo se presentan los aspectos generales del gas natural como su composición, cadena de valor, usos y beneficios. En los capítulos dos y tres se muestran aspectos generales del mercado internacional y nacional del gas natural respectivamente, esto es reservas, producción, consumo, importación, exportación, infraestructura y tendencias. En el cuarto capítulo se expone el sector de la distribución de gas natural en México, desde la regulación gubernamental existente, el proceso, componentes, centros de consumo y los beneficios que trae consigo esta forma de consumo.

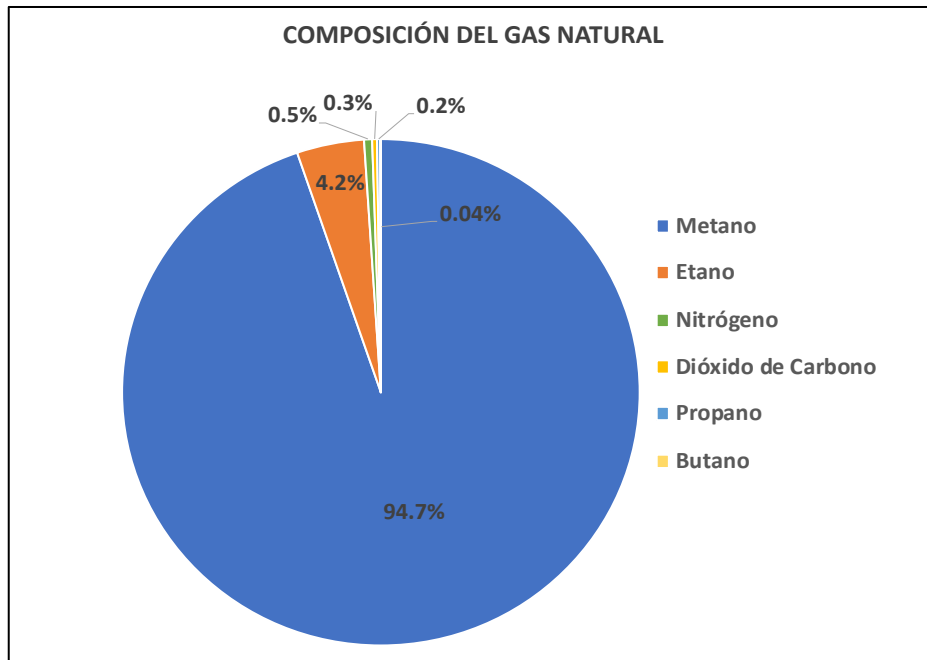
1. Aspectos generales del gas natural

1.1. Definición del gas natural

El gas natural es un combustible fósil originado a partir de la descomposición de materia orgánica enterrada en el subsuelo a altas presiones y temperaturas en yacimientos durante millones de años; está compuesto principalmente por metano, sin embargo, suele contener otros componentes como etano, propano, butano, pentanos y trazas de hidrocarburos más pesados. De igual manera, puede contener compuestos no hidrocarburos como el dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico, Comisión Nacional de Hidrocarburos (CNH, 2018). El gas natural se mide en unidades de volumen (las más comunes son m³ y ft³) y en poder calorífico (las más comunes son el BTU y GJ). A continuación, se presenta un gráfico con la composición del gas natural.

Figura 1.1

Componentes del gas natural



Componentes del gas natural expresados en porcentaje (aproximado). Adaptado de Metrogas. (2021). *Folleto Técnico Gas Natural* [Gráfico]. http://www.metrogas.cl/userfiles/file/folleto_metrogas_gas_natural.pdf.

1.2. Características del gas natural

Al ser extraído del subsuelo, el gas natural es inodoro, incoloro e insípido, sin embargo, para la seguridad en su consumo se le añade un compuesto conocido como mercaptano como odorífero, el cual le da un olor característico que ayuda para advertir su presencia en caso de alguna fuga (Nedgia, 2021). Lo anterior mencionado se ilustra en la siguiente figura.

Figura 1.2

Características físicas del gas natural

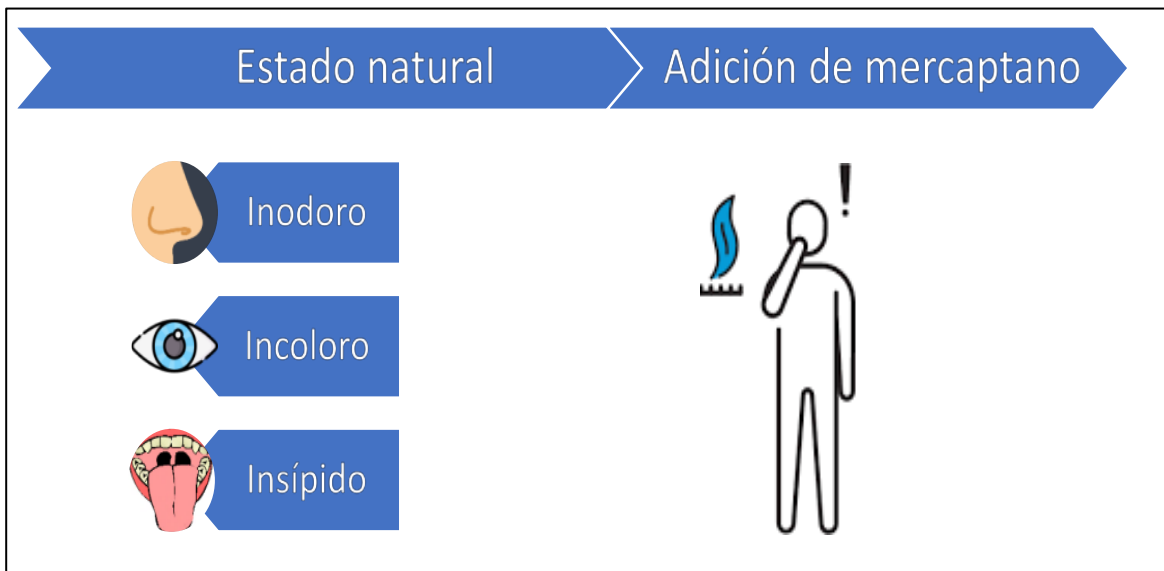


Diagrama ilustrado de las características físicas del gas natural en su estado natural y tras la adición de mercaptano.

Si bien, el gas natural no es tóxico al ser inhalado, una fuga grande en espacios cerrados podría desplazar el aire del lugar y esto provocaría asfixia debido a la falta de oxígeno, sin embargo, el gas natural cuenta con una menor densidad relativa que el aire, 0.62 y 1, respectivamente, lo cual lo hace más ligero y fácil de dispersar a la atmosfera en caso de alguna fuga, disminuyendo así, el peligro de alguna explosión y de asfixia. Por lo anterior, es importante mantener bien ventilados los lugares en donde se localiza el gas por precaución.

A continuación, en la siguiente figura se enlistan más características del gas natural.

Figura 1.3

Características del gas natural

	Requiere ignición para su combustión
Es más ligero que el aire, por lo que las fugas se disipan rápidamente en las capas superiores de la atmósfera	
	Es eficiente y abundante
Emite pocos gases contaminantes por unidad de energía producida	
	No produce partículas sólidas
No es corrosivo	

El gas natural representa grandes ventajas tanto de seguridad y para el medio ambiente.

1.3. Usos del gas natural

El gas natural es utilizado principalmente como combustible en la industria eléctrica, petrolera, en los sectores residencial, comercial, de transporte y en general cualquier industria que necesite energía confiable y segura. Además, funge como materia prima en las industria química y manufacturera en general (CNH, 2018). A continuación, se muestra una ilustración de sus aplicaciones más comunes:

Figura 1.4

Usos del gas natural

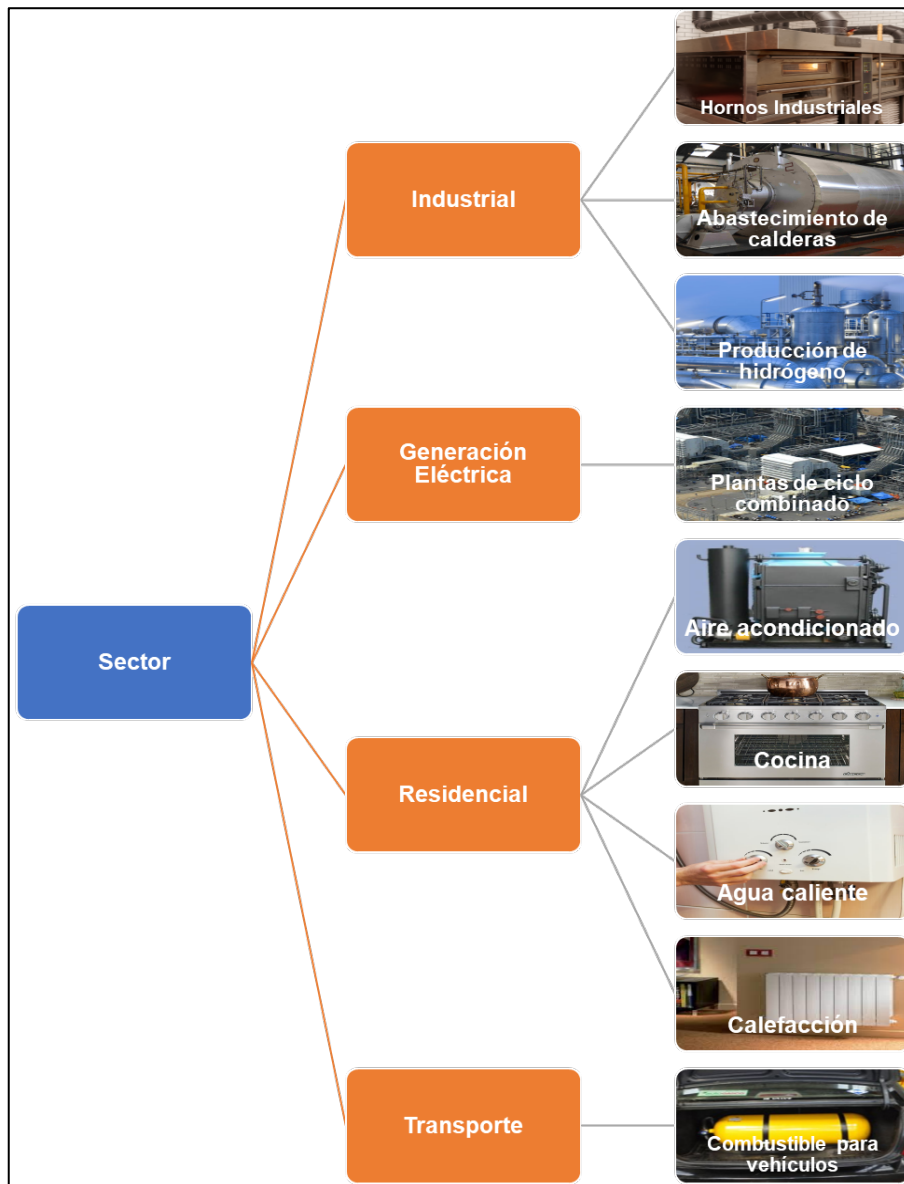


Diagrama de los usos del gas natural por sector.

1.4. Beneficios del gas natural

Debido a las características del gas natural y en la forma de suministrarlo por medio de redes de distribución, existen diversos beneficios que trae consigo su uso. A continuación, se enlistan algunos de ellos:

- Combustible amigable con el medio ambiente.
 - No contiene azufre ni plomo.
 - Menor aportación de gases efecto invernadero (NOX, CO₂).
 - Debido a su estructura molecular posee la menor relación de hidrógeno-carbón por ello su combustión es más limpia.
 - No genera partículas sólidas ni emite gases tóxicos.
- No requiere almacenamiento ni vehículos distribuidores.
- Se distribuye a través de gasoductos de acero y polietileno, materiales altamente resistentes incluso en zonas sísmicas.
- Monitoreo 24 horas los 365 días del año y suministro continuo.
- Reduce los riesgos de operación de sus equipos.

De acuerdo con el Inegi (2018), el combustible de mayor uso en el sector residencial en México es el gas LP con un 79% de cobertura. Este gas es comercializado a través de camiones de reparto y pipas de gas, los usuarios almacenan su combustible en cilindros y tanques estacionarios de diferentes tamaños, por lo que es importante resaltar los posibles riesgos que implica tanto transportar el gas en un medio móvil sujeto al tráfico vehicular, así como almacenar el gas dentro de los hogares. Resulta conveniente llevar a cabo la comparación entre el gas LP y el gas natural, pues este último representará mayores ventajas para las familias mexicanas. A continuación, en la tabla 1.1 se presentan las diferencias más relevantes.

Tabla 1.1

Tabla comparativa entre el gas natural y el gas LP

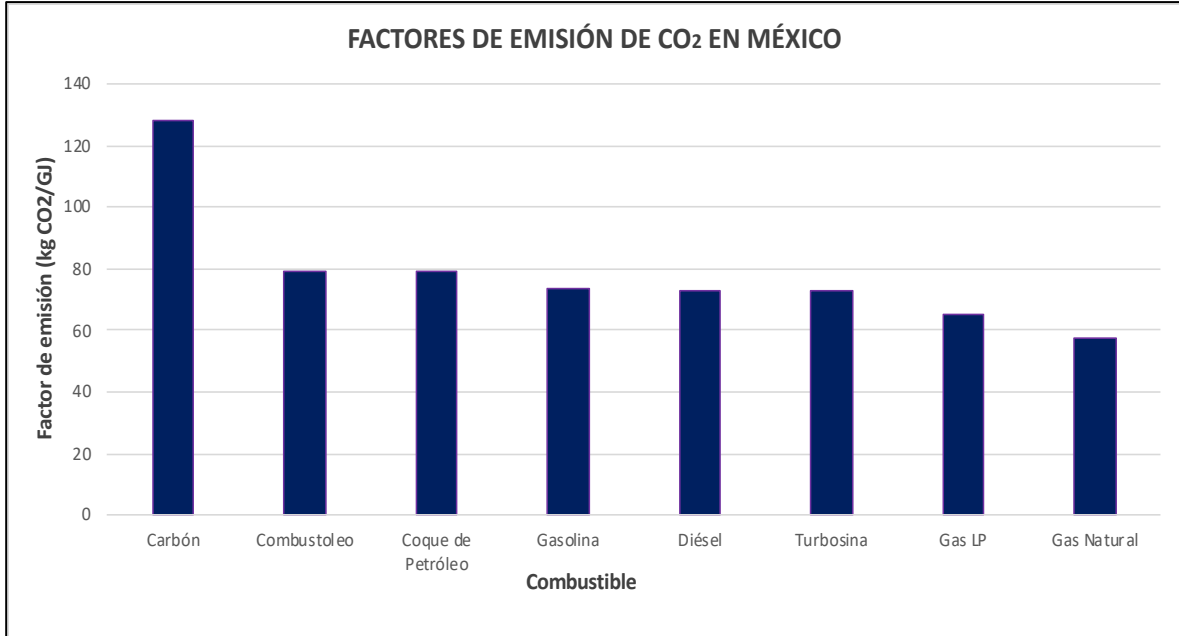
Gas Natural	Gas LP
Suministro a través de una red tuberías de polietileno y acero	Suministro a través de cilindros o pipas
Servicio disponible los 365 días del año	Servicio intermitente sujetos a horarios
Monitoreo de la red mediante sistemas computarizados	Mantenimientos en cilindros y tanques estacionarios
El gas fluye dentro de un medio estático como es la tubería con lo que se minimizan riesgos	Almacenarlo y distribuirlo en tanques representa un mayor riesgo
Es más ligero que el aire por lo que se escapa a la atmósfera	Es más pesado que el aire por lo que se acumula en el suelo
El costo de instalación del servicio cuesta alrededor de \$3000	Un cilindro de 20 Kg cuesta alrededor de \$1500, mientras que un tanque estacionario de 100 L cuesta \$7000
Menor capacidad calorífica 35.441 kJ/m ³ .	Mayor capacidad calorífica 97.260 kJ/m ³ .

Comparación entre el servicio de distribución de gas natural por ductos y el servicio de distribución de gas LP por otros medios el cual es su competidor directo en el sector residencial. Es importante mencionar la implicación de gasto de tiempo y energía en tener que rellenar los cilindros de gas LP con los camiones de reparto o en las plantas de distribución de gas LP, así como tener que buscar al proveedor de las pipas para rellenar los tanques estacionarios. Además, el hecho de llevar el gas a través de medios móviles como autos particulares, pipas y camiones de reparto representa grandes riesgos porque están sujetos al tránsito vehicular.

Una manera de cuantificar la contaminación generada por un combustible es a través del factor de emisión, el cual proporciona la cantidad de CO₂ emitido por unidad de energía. A continuación, se presenta un gráfico con los factores de emisión promedio de los combustibles más utilizados en México:

Figura 1.5

Gráfica de factores de emisión de CO₂



Factores de emisión CO₂ de los principales combustibles utilizados en México. Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf.

Como se puede observar en la Figura 1.5, el combustible de menor factor de emisión es el gas natural, con apenas 57.76 kg CO₂/GJ, por lo tanto, es la energía fósil más amigable con el medio ambiente, pues en comparación con el carbón ampliamente usado en México, el factor de emisión del gas natural representa casi apenas la mitad del factor de emisión del carbón.

1.5. Cadena de valor del gas natural

La cadena de valor del gas natural es una secuencia de actividades que comprende principalmente las siguientes cinco etapas:

- Exploración
- Producción
- Procesamiento
- Transporte y almacenamiento
- Comercialización (cuya logística es la distribución)

En el sector energético, las etapas antes mencionadas son englobadas en el siguiente diagrama:

Figura 1.6

Diagrama general de la cadena de valor del gas natural

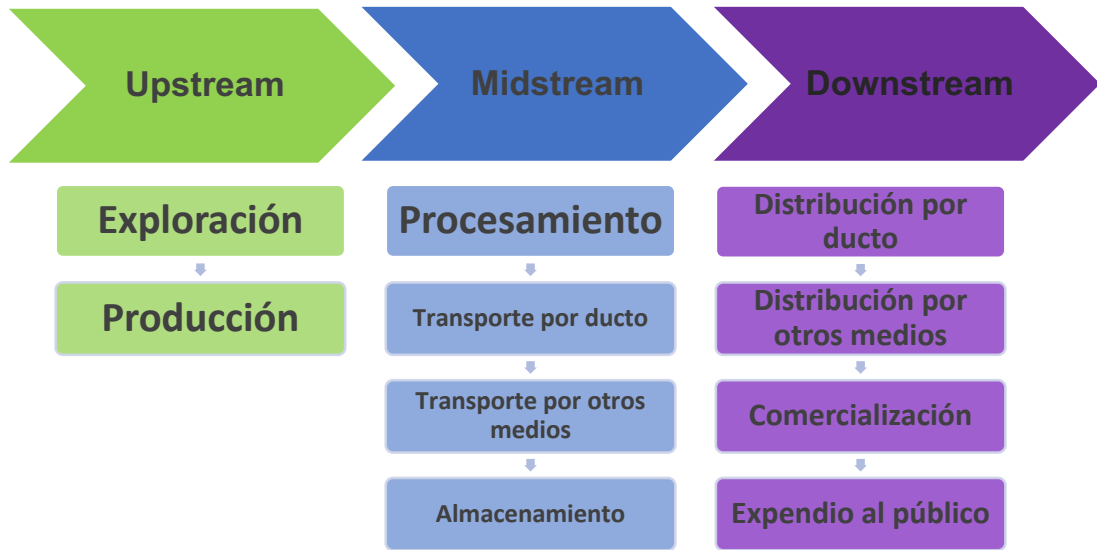


Diagrama de las actividades en cada sector de la cadena de valor del gas natural.

1.5.1. Upstream

Son las actividades encargadas de la obtención del gas natural de los yacimientos, que van desde la exploración, hasta la producción de estos.

Exploración

Es el conjunto de actividades que tienen la finalidad de identificar, descubrir y evaluar las estructuras geológicas capaces de contener hidrocarburos en el subsuelo y de esta manera evaluar el potencial petrolero de una región. Los tipos de yacimientos donde se puede encontrar el gas natural se dividen en dos grandes vertientes:

- Yacimientos convencionales
 - Gas asociado: aquellos que, dependiendo de las condiciones de presión y temperatura, se puede encontrar gas de forma libre, esto es, el gas se encuentra separado de la fase líquida (el aceite crudo) al disminuir presión y temperatura dentro del yacimiento.
 - Gas no asociado: se encuentran en yacimientos de hidrocarburos ligeros, y no forman una fase líquida (aceite crudo) a condiciones de presión y temperatura del yacimiento.
 - Seco: esencialmente metano.
 - Húmedo: mezcla de metano con otros hidrocarburos más pesados, como etano, propano y butanos.
- Yacimientos no convencionales
 - Shale gas: Es gas atrapado en lutitas, roca famosa por su baja permeabilidad.

- Tight sand gas: Las arenas compactas son aquellas formaciones de arenas masivas de muy baja permeabilidad, productora en su mayoría de gas seco.
- Coalbed methane (CBM): Se obtiene a partir de la extracción del metano contenido en las capas de carbón.

Producción

La producción consiste en llevar el gas natural desde el subsuelo a la superficie a través de un pozo productor, donde es llevado a las instalaciones de separación y compresión para separar los condensados. La técnica de extracción dependerá del tipo de yacimiento en cuestión:

- La explotación de yacimientos convencionales suele ser a través de pozos verticales, que implican tiempos y costos de perforación relativamente bajos.
- Los yacimientos no convencionales suelen ser explotados mediante la combinación de la perforación horizontal y el fracturamiento hidráulico, los costos y tiempos de perforación aumentan drásticamente.

1.5.2. Midstream

Son aquellas actividades relacionadas con el transporte y almacenamiento del gas natural, ya sea por medio de gasoductos, buquetanques y carrotanques.

Transporte

Con respecto a la producción de gas seco, cuando su calidad lo permite, puede ser conducido directamente desde las instalaciones de separación en los pozos productores hasta la red de transporte, ya que se encuentra libre de ácido sulfhídrico y otros compuestos provenientes del azufre. Por otro lado, cuando se trata de un gas amargo debe de pasar por un proceso de tratamiento para que pueda ser comercializado, ya que contiene derivados del azufre, tales como ácido sulfhídrico, mercaptanos, sulfuros y disulfuros.

Procesamiento

Consiste en una serie de procesos industriales en los que el gas extraído de los yacimientos es sometido a cambios de presión y temperatura mediante plantas endulzadoras, criogénicas y fraccionadoras en complejos procesadores de gas. La finalidad de estos procesos es obtener un gas adecuado para su comercialización. Una vez que se ha realizado el procesamiento, el gas es transportado por gasoductos o es llevado a plantas de licuefacción para ser exportado a través de buque-tanques. De igual manera puede ser llevado a complejos petroquímicos para obtener derivados del gas como benceno, ácido acético, polímeros, entre otros.

Almacenamiento

El almacenamiento de gas natural es la acumulación provisional de éste y es la forma de alcanzar el balance entre su suministro y demanda, ya que ésta última varía de estación a estación, pues ésta aumenta en periodos de intenso calor (uso de aire acondicionado) e intenso frío (uso de calefacción).

1.5.3. Downstream

Distribución

La distribución es un conjunto de actividades que consiste en el recibo, conducción y entrega del gas natural al usuario final. Las empresas de distribución locales transportan el gas natural desde puntos de entrega ubicados en gasoductos interestatales e intraestatales, hasta hogares y empresas a través tuberías de distribución de pequeño diámetro operadas a determinadas presiones según el cliente, con el fin de garantizar la seguridad en todo momento.

En el siguiente diagrama se detalla la serie de actividades que componen la cadena de valor del gas natural.

Figura 1.7

Cadena de valor del gas natural

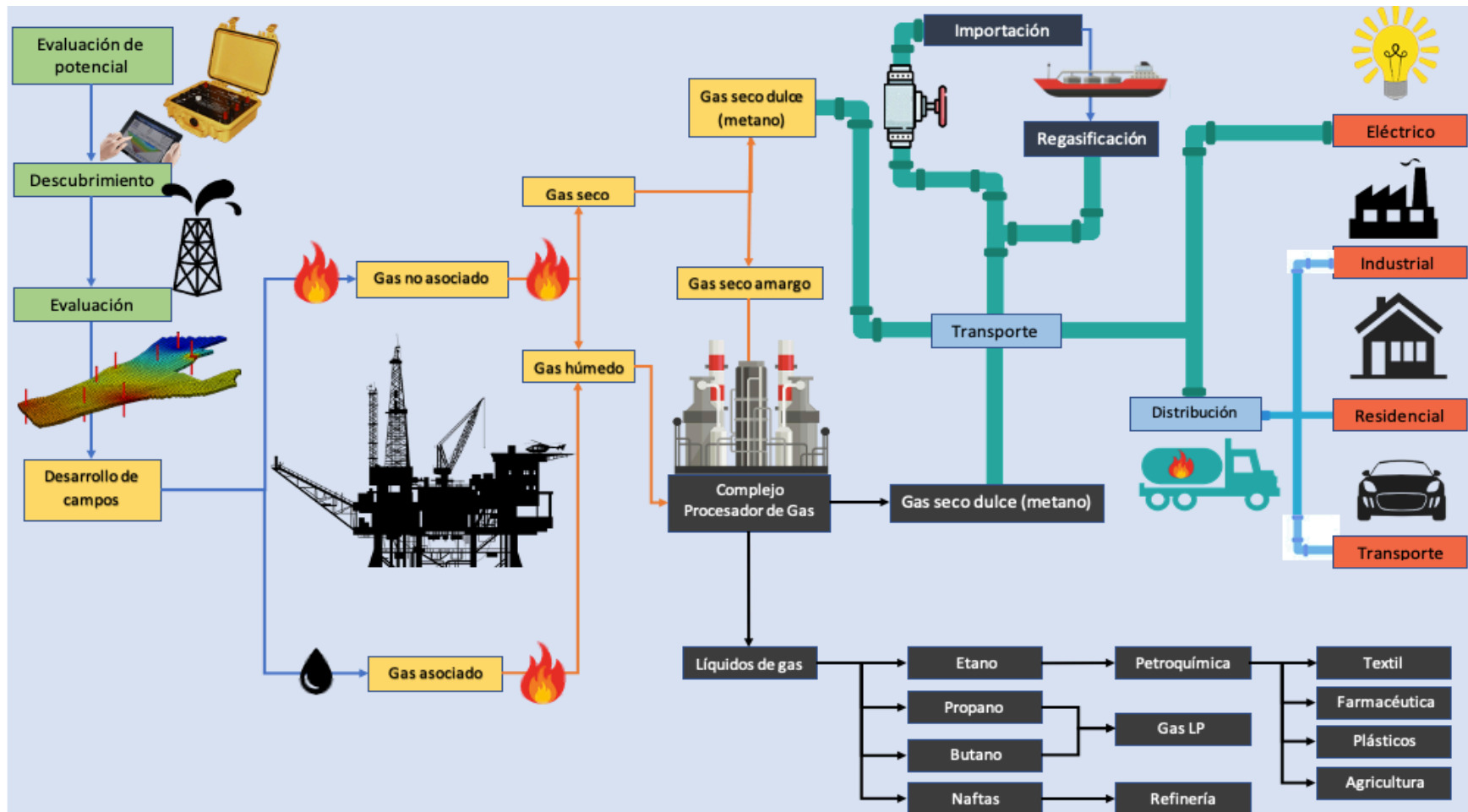


Diagrama ilustrado que muestra la cadena de valor del gas natural.

1.6. El gas natural como energía de transición

La crisis climática es un problema grave que se vive en la actualidad, que de no hacer nada para aminorarla puede ocasionar desastres cada vez más grandes en el futuro cercano. Es imprescindible la sustitución de energías fósiles por energías más amigables con el medio ambiente, sin embargo, la alta demanda mundial de energía hace que dichas fuentes limpias no representen un suministro confiable, por lo que tal sustitución representa una tarea muy complicada en la actualidad, así que se ha optado por comenzar una transición energética, donde el gas natural es el combustible líder para sustituir otras energías fósiles debido a su baja emisión de contaminantes, su abundante producción y a sus características físico-químicas.

El sector eléctrico es un claro ejemplo del gas natural como energía de transición, ya que puede ser combinado con energías renovables tales como la eólica y solar, de esta manera se compensan las deficiencias del suministro de electricidad que provoca la intermitencia de estas energías limpias.

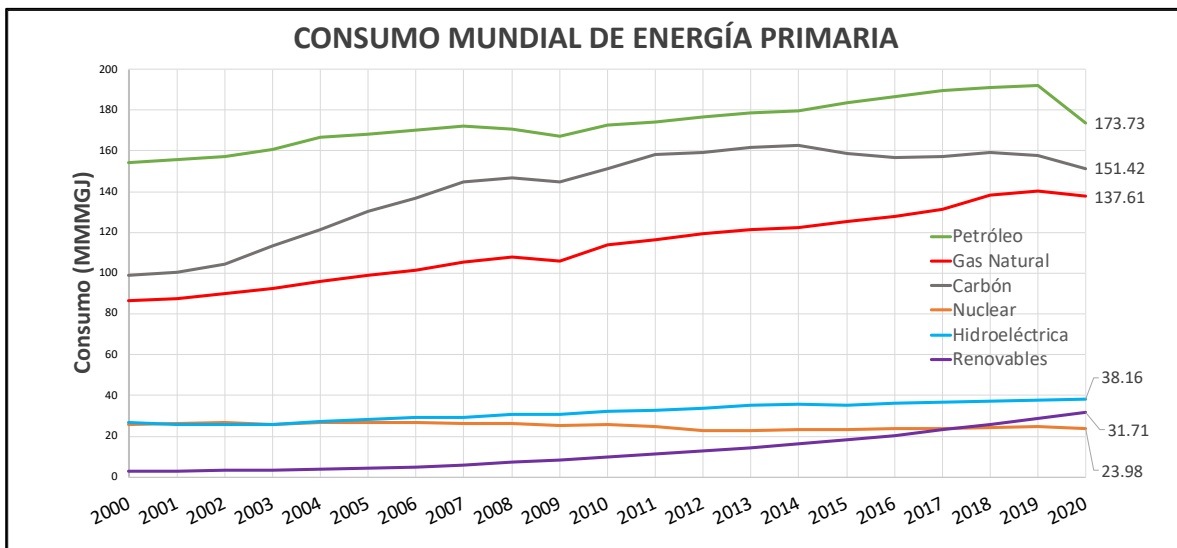
Según la CNH (2018), en el sector transporte la demanda de gas natural ha ido aumentando en los últimos años puesto que hoy en día existen más de 24 millones de vehículos a gas en el mundo, desde transporte público, flotillas de reparto y taxis. Además, las ventajas del gas natural son grandes cuando se compara con otros combustibles como la gasolina y el diésel; pues genera entre 20-30% menos emisiones de dióxido de carbono 70-90% menos de monóxido de carbono, entre 75-95% menos óxido de nitrógeno, y 50-75% menos emisiones de gases distintos al metano.

Además, menciona que la industria del gas natural es un detonante del desarrollo económico de un país, pues en Estados Unidos se estima que por cada empleo que se genera en la industria del gas se crean otros 2.7 en distintos sectores económicos.

El mercado de gas natural crece cada vez más, se prevé que en el futuro la producción y el consumo mundial seguirá creciendo durante las siguientes décadas debido a la abundancia de este recurso impulsado por la alta disponibilidad de gas no convencional, los bajos costos de producción, precios más competitivos, el creciente suministro de gas natural licuado transportado por buque-tanque y las evidentes ventajas ambientales que ofrece. Además, irá desplazando a otros combustibles como el gas LP, carbón, leña y otras fuentes de energía fósil utilizadas actualmente. A continuación, se muestra un gráfico del consumo de energía primaria en mundo durante la última década.

Figura 1.8

Gráfica de consumo mundial de energía primaria

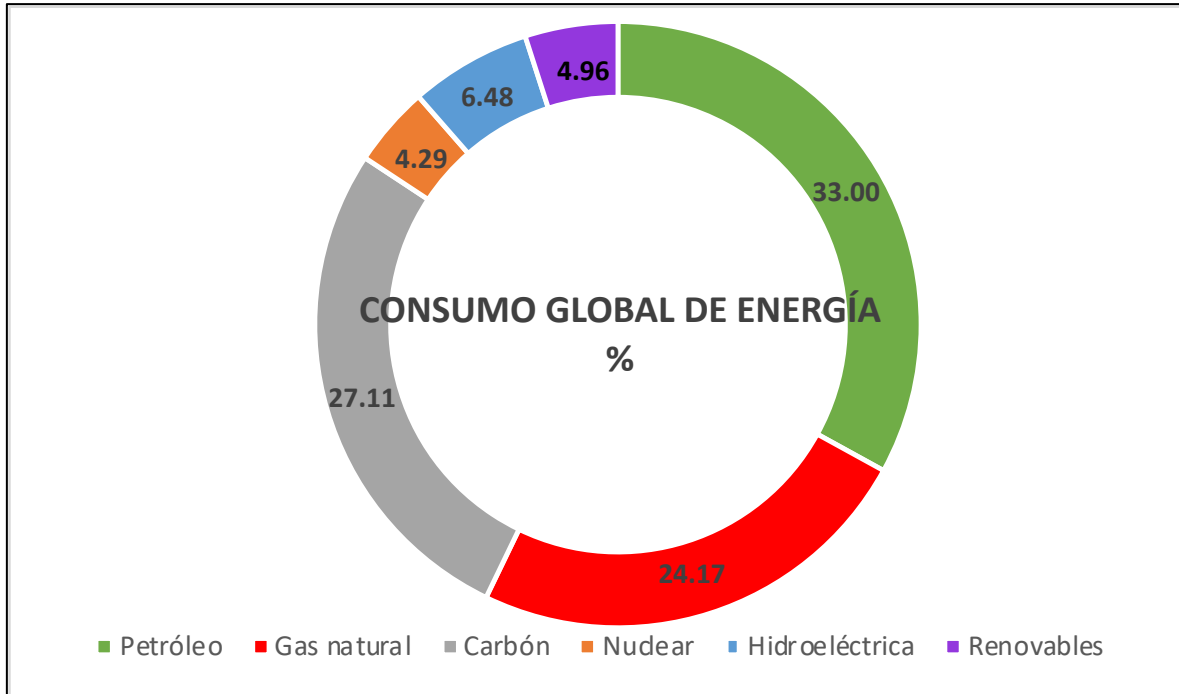


Histórico del consumo mundial de las principales fuentes de energía en millones de GJ. Se puede apreciar que el consumo de gas natural muestra una tendencia al alza a diferencia de los demás combustibles fósiles. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition*.

El gas natural es actualmente el combustible fósil de mayor auge a nivel mundial, pues en el 2019 representó alrededor de una cuarta parte de la generación de electricidad y el 24.17% de la demanda mundial de energía primaria, IEA (2020) siendo superado únicamente por el petróleo y el carbón.

Figura 1.9

Gráfico del consumo porcentual de energía en el mundo para el año 2019



Histórico del consumo mundial de las principales fuentes de energía en millones de GJ. Se puede apreciar que el consumo de gas natural representa casi la cuarta parte del consumo global de energía. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Por lo anterior es indudable que el gas natural tiene y seguirá tomando un papel sumamente relevante en el sector energético, por tal razón, México debe de establecer las condiciones tanto operativas, regulatorias, políticas, sociales, ambientales, etc., para lograr el desarrollo óptimo de este mercado con el objetivo de poder beneficiar a los usuarios con un combustible menos dañino para la salud y cumplir con los acuerdos internacionales en materia de reducción de contaminantes a la atmósfera. Además, debe implementar su transición energética aprovechando los recursos con lo que cuenta para seguir desarrollando y aprovechando áreas de oportunidad en generación de energía de fuentes limpias, seguras, eficientes y con menor impacto ambiental como la hidroeléctrica, geotérmica y nuclear.

2. Perspectiva del mercado internacional del gas natural

2.1. El gas natural en la actualidad

El consumo de gas natural a nivel internacional ha crecido en los últimos años gracias a las ventajas que conlleva su uso, no obstante, la IEA (2020) estimó que su consumo mundial se redujo en más del 3% en el primer trimestre de 2020 con respecto al del 2019 a causa de temperaturas templadas en el hemisferio norte y posteriormente debido al confinamiento y restricciones sanitarias que provocó la pandemia por la COVID-19, sin embargo, dicho consumo se ha venido recuperando para satisfacer las necesidades energéticas a nivel mundial y se espera que continúe creciendo en los próximos años.

Según British Petroleum (BP, 2021), la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto dramático en el mercado mundial de las distintas fuentes de energía, pues se estima que la demanda disminuyó en 4.5%, su ritmo más rápido desde la recesión ocasionada por la Segunda Guerra Mundial en 1945. Estados Unidos, India y Rusia fueron los países con las mayores caídas en el consumo, mientras que China registró un aumento del 2.1%. A pesar de esto, la generación a partir de energías renovables (eólica, solar, bioenergía, geotermia e hidroelectricidad) registró el mayor aumento de su historia (358 TW/h).

Además, menciona que las emisiones globales de carbono derivadas de la quema de combustibles fósiles también cayeron en un 6.3%, esto es una caída de más de 2 gigatoneladas de CO₂. Si estas emisiones siguen disminuyendo al mismo ritmo del 2020 durante los próximos 30 años, las emisiones globales de carbono se reducirían en alrededor de un 85% para 2050 lo cual representaría un escenario más prometedor para la lucha contra la crisis climática.

Con respecto a los precios del gas natural, también se vieron afectados en el 2020, sufriendo una fuerte caída, claro ejemplo es el centro de comercio de gas natural,

el Henry Hub en Estados Unidos, que promedió su precio más bajo desde 1995 (\$1.99/MMBtu), y los precios más bajos registrados para el gas natural licuado (GNL) asiático (\$4.39/MMBtu).

El consumo mundial de gas natural se redujo un 2.3%, sin embargo, éste se vio favorecido en algunas regiones por las fuertes caídas de los precios, que permitieron que tuviera una mayor participación en los mercados eléctricos, además su papel como energía primaria siguió aumentando, alcanzando un máximo histórico del 24.7%.

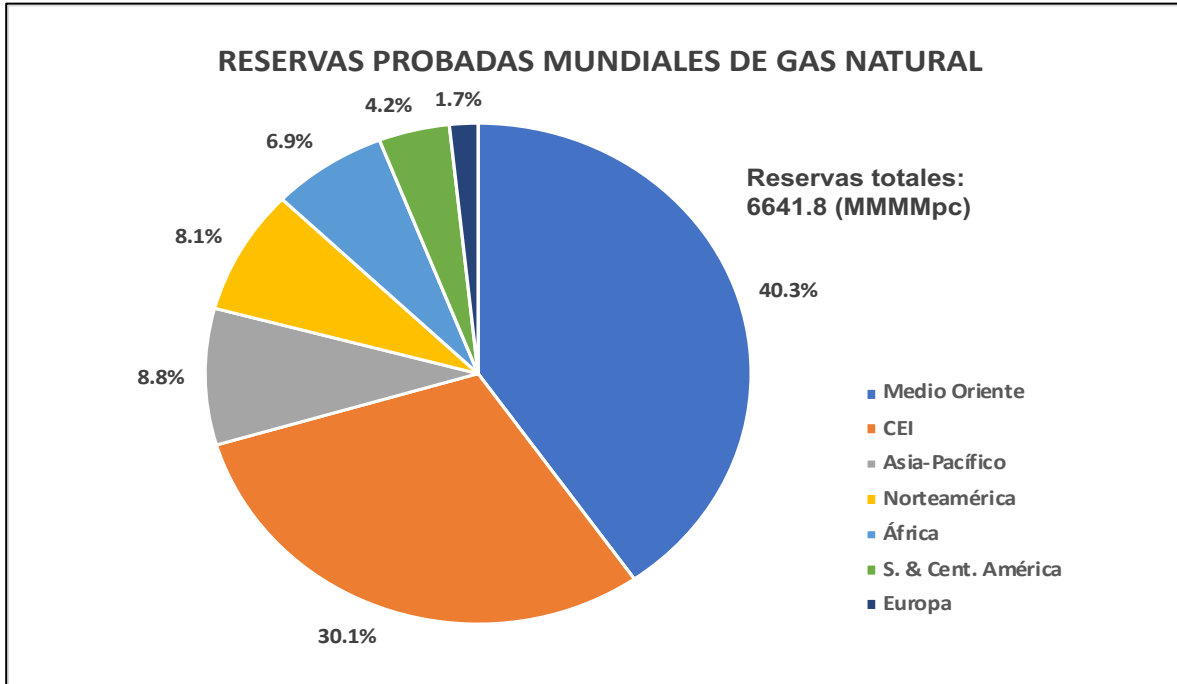
El consumo de electricidad no se vio tan afectado, pues disminuyó un 0.9% en 2020. El uso de la electricidad se vio favorecido por la naturaleza de las restricciones sanitarias, con edificios compensados para mayor uso doméstico y las personas permaneciendo en sus casas lo cual mantuvo la demanda de electricidad estable.

2.2. Reservas de gas natural

De acuerdo con BP (2021), las reservas de gas natural estimadas a finales de 2020 ascendían a 6,641,800 billones de pies cúbicos (pc), un volumen 4.34% mayor con respecto a las de 2010 al representar un volumen de 6,353,100 billones de pies cúbicos.

Figura 2.1.

Gráfico de pastel de las reservas probadas de gas natural en el mundo por región

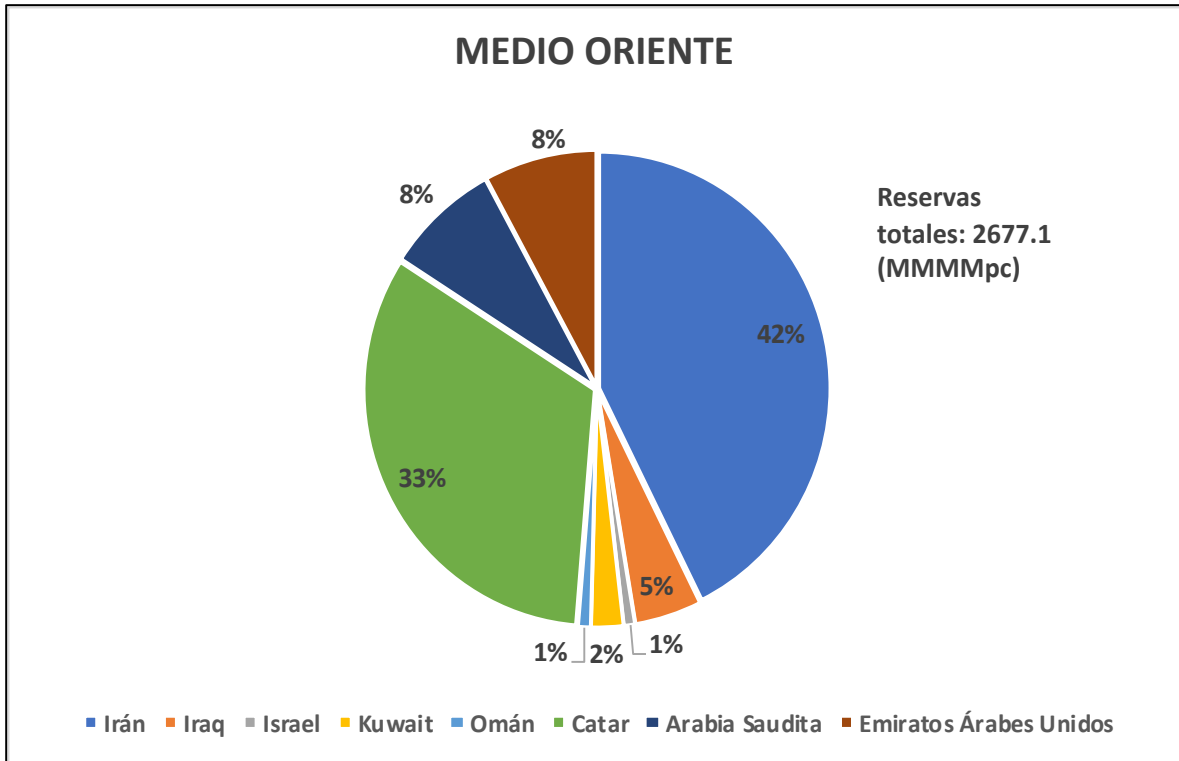


Medio Oriente es la zona que posee las mayores reservas de gas en el mundo. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Además, se estima que alrededor del 90% de estas reservas se ubican en países no miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en su mayoría en el Oriente Medio, especialmente en Irán y Qatar, con 1,133,600 billones de pc y 871,100 billones de pc respectivamente. Además, Argentina alberga la segunda reserva de shale gas más grande del mundo en la formación Vaca Muerta, ubicada en la cuenca Neuquén, con un estimado de 308,000 billones de pc.

Figura 2.2.

Gráfico pastel de las reservas probadas de gas natural en el Medio Oriente

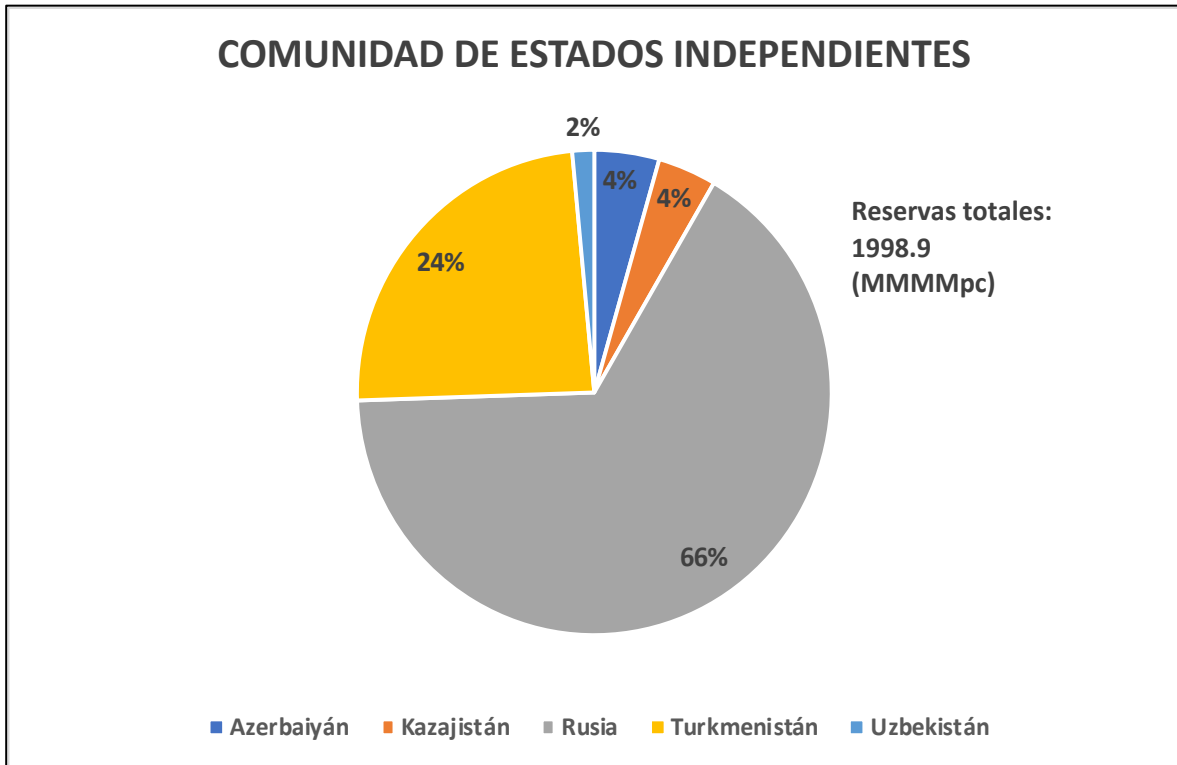


Irán y Qatar cuentan con aproximadamente el 75% de las reservas del Medio Oriente. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Irán y Qatar comparten el mayor yacimiento de gas del mundo el South Pars/North Dome situado en la costa del Golfo Pérsico con aproximadamente 1,800,000 billones de pc.

Figura 2.3.

Gráfico pastel de las reservas probadas de gas natural en la Comunidad de Estados Independientes (CEI)



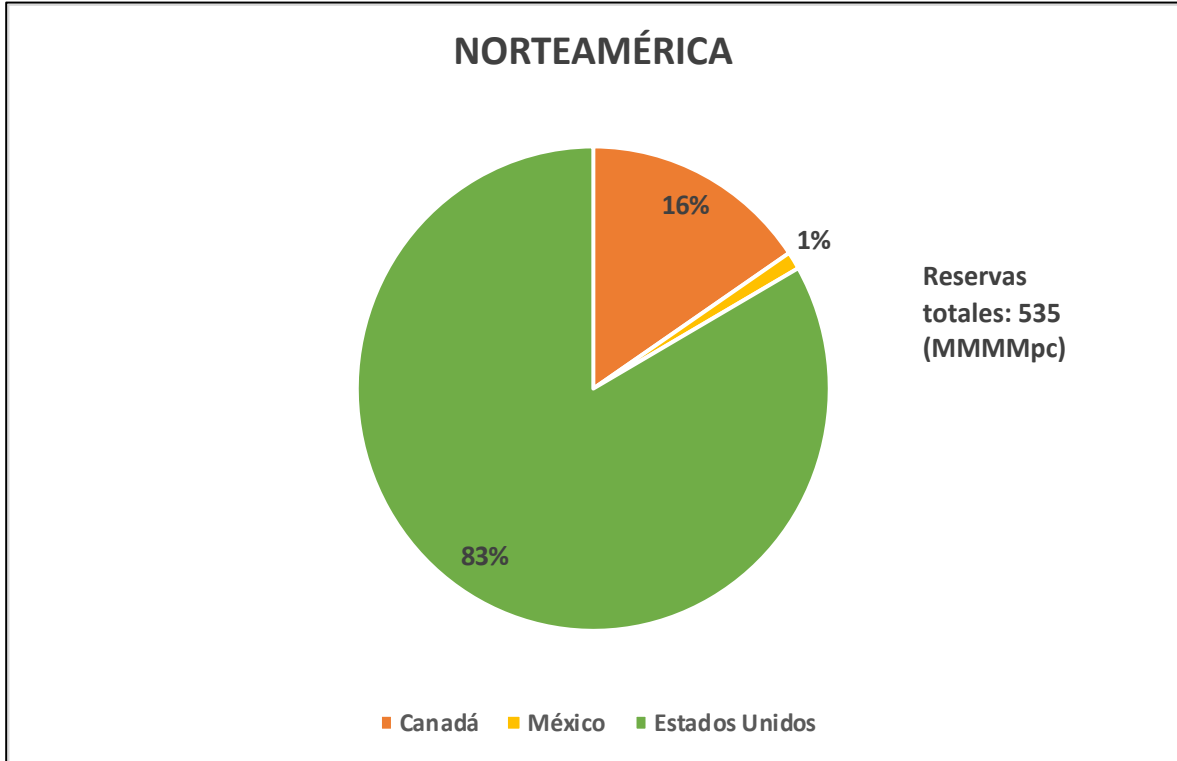
Rusia cuenta con más de la mitad de las reservas en la zona del CEI. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Rusia posee las mayores reservas de gas natural del mundo con 1,320,500 billones de pc, en cambio EUA cuenta con aproximadamente 445,000 billones de pc para finales del 2020. Las reservas de Rusia representan aproximadamente una cuarta parte del total de reservas probadas de gas natural del mundo. La mayoría de estas reservas están ubicadas en grandes campos de gas natural en el oeste de Siberia.

Las reservas 1P de México representan sólo el 0.1% de las reservas mundiales. No obstante, si se consideran las reservas 2P y 3P, pero sobre todo los recursos prospectivos, México podría tener una participación mayor en la oferta global.

Figura 2.4.

Gráfico pastel de las reservas probadas de gas natural en Norteamérica

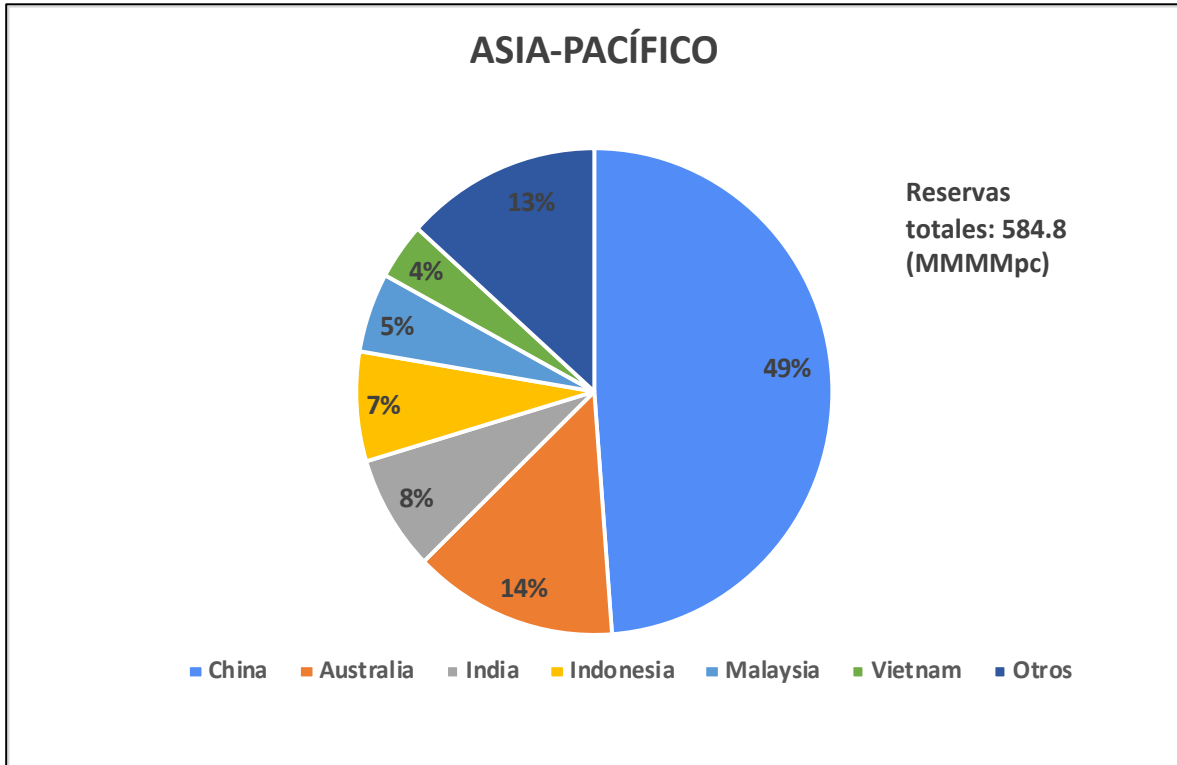


Como se aprecia en la gráfica anterior, Estados Unidos posee las reservas más grandes de la región debido a que cuenta con importantes formaciones de shale gas como lo son Barnett, Haynesville, Marcellus, Fayetteville, Woodford y Eagle Ford. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Es importante mencionar la gran abundancia de gas natural en el mundo, pues además de los yacimientos convencionales donde se extrae el gas, muchos países cuentan con grandes reservas de gas en yacimientos no convencionales, según la EIA (2019), Australia tenía un estimado de 429,000 billones de pc de reservas de gas de lutitas técnicamente recuperables dispersos por todo el país. De esta manera, al existir grandes volúmenes en las reservas, el gas natural es y será claramente el combustible fósil que sostendrá la transición energética.

Figura 2.5.

Gráfico pastel de las reservas probadas de gas natural en Asia-Pacífico



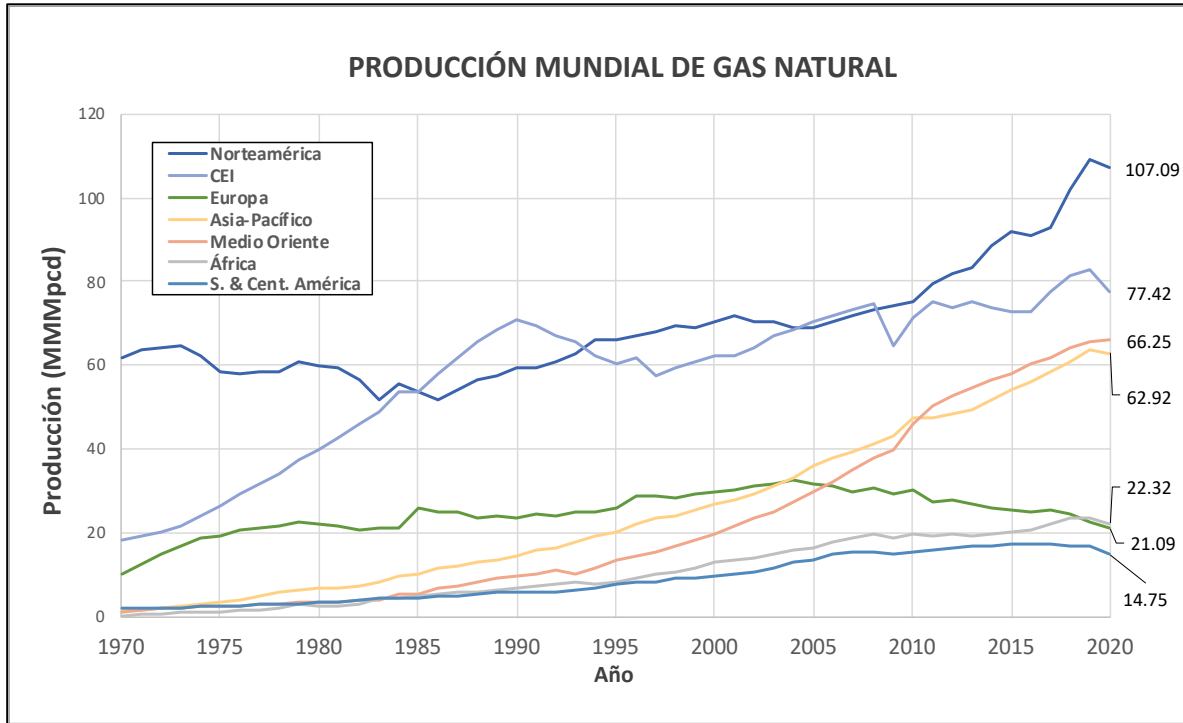
China cuenta con importantes reservas de gas, sin embargo, se posiciona como uno de los mayores importadores de GNL. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

2.3. Producción de gas natural

La combinación entre una demanda de gas natural cada vez mayor en el mundo, así como la existencia de grandes reservas de gas en yacimientos no convencionales y las continuas innovaciones en la extracción de los campos ha provocado un constante crecimiento mundial de la producción de gas natural, el cual está dominado por el gas de lutitas, que crece a una tasa de casi un 4% cada año, cuatro veces más rápido que el gas convencional, (IEA 2019).

Figura 2.6.

Gráfico de la producción de gas natural en el mundo en los últimos 50 años

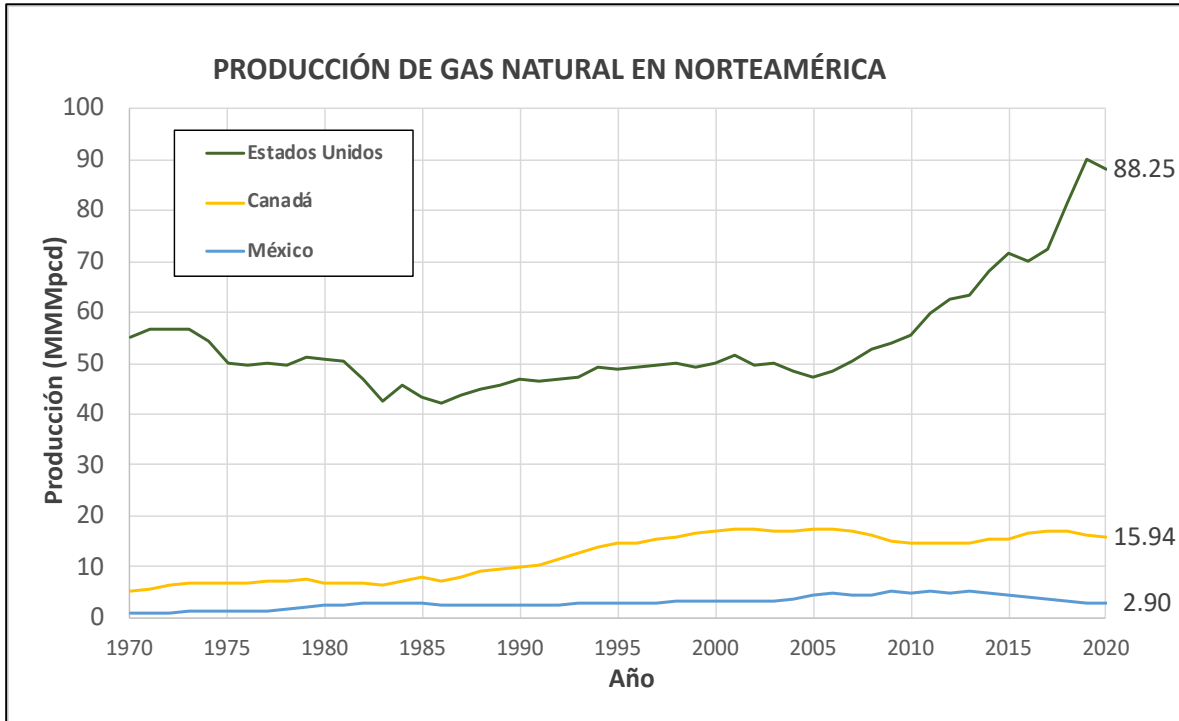


Estados Unidos es el mayor productor mundial de gas natural. Su rápido crecimiento se debe a la implementación del fracking al explotar sus campos. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Estados Unidos se posicionó como el mayor productor de gas natural en el mundo gracias a la implementación del fracturamiento hidráulico (fracking) y la perforación horizontal para la explotación de yacimientos no convencionales (shale Gas). Gracias a lo anterior, otros países que cuentan con reservas en yacimientos no convencionales han podido explotar dichos recursos. Así pues, la producción de gas natural continúa creciendo en la mayor parte de las regiones en el mundo.

Figura 2.7.

Gráfico de la producción de gas natural en Norteamérica

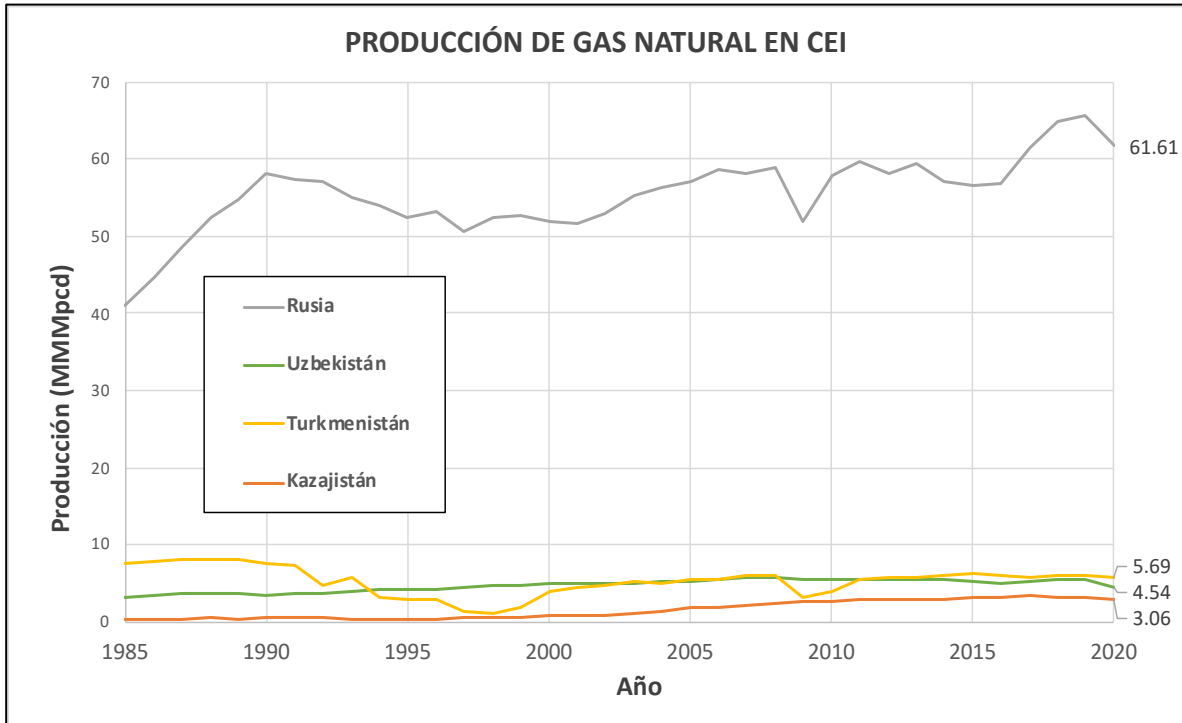


La producción de gas natural en México y Canadá están lejos de equipararse a la de Estados Unidos. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

La producción de EUA ha ido creciendo desde el 2005 hasta la actualidad, de acuerdo con BP (2020), ésta fue de 19,691.4 miles de millones de pies cúbicos (MMMpc) en 2009 a 32,298.8 MMMpc en 2020, lo cual representó un incremento cercano al 40%. Por su parte Rusia se ubica como el segundo mayor productor de gas natural en el mundo, pues en 2020 produjo 22,548.4 MMMpc.

Figura 2.8.

Gráfico de la producción de gas natural en la Comunidad de Estados Independientes



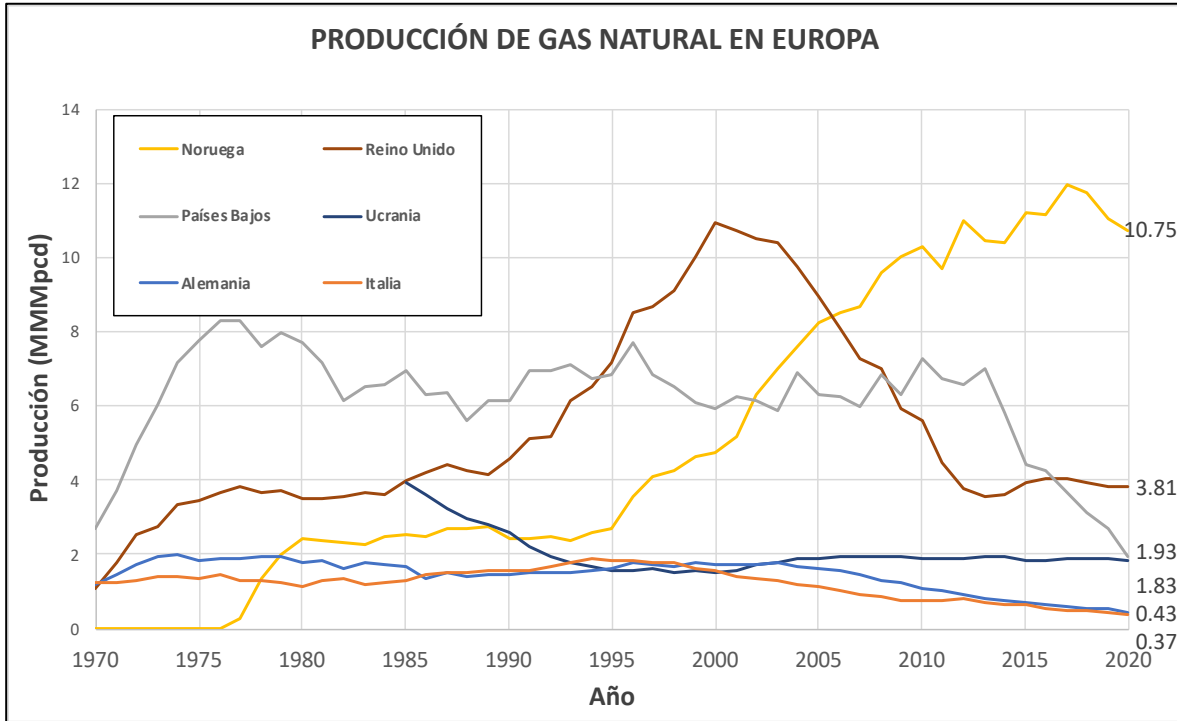
Según la EIA (2020), Rusia depende en gran medida de sus hidrocarburos, y los ingresos por petróleo y gas natural representan más de un tercio de los ingresos del presupuesto federal. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

En Europa gran parte de los recursos hidrocarburos no convencionales que se han detectado corresponden a shale gas, según la Energy Information Administration (EIA, 2020), las principales reservas de gas de esquisto en Europa se sitúan en Polonia, Francia, Ucrania, Rumanía, Dinamarca, Holanda y Reino Unido. Sin embargo, con la intensa lucha contra el cambio climático que se ha implantado en dicho continente, a lo largo de la década de 2010 la Comisión Europea logró la prohibición del fracking. Durante el 2021 Europa ha tenido que enfrentarse a una crisis energética, uno de los factores desencadenantes ha sido la insuficiencia de la oferta de gas natural. Este desequilibrio entre demanda y oferta ha provocado un fuerte y persistente encarecimiento del gas y, por lo tanto, también en la electricidad,

ya que casi todos los países europeos cuentan con muchas centrales térmicas de gas para generar buena parte de su electricidad.

Figura 2.9.

Gráfico de la producción de gas natural en Europa

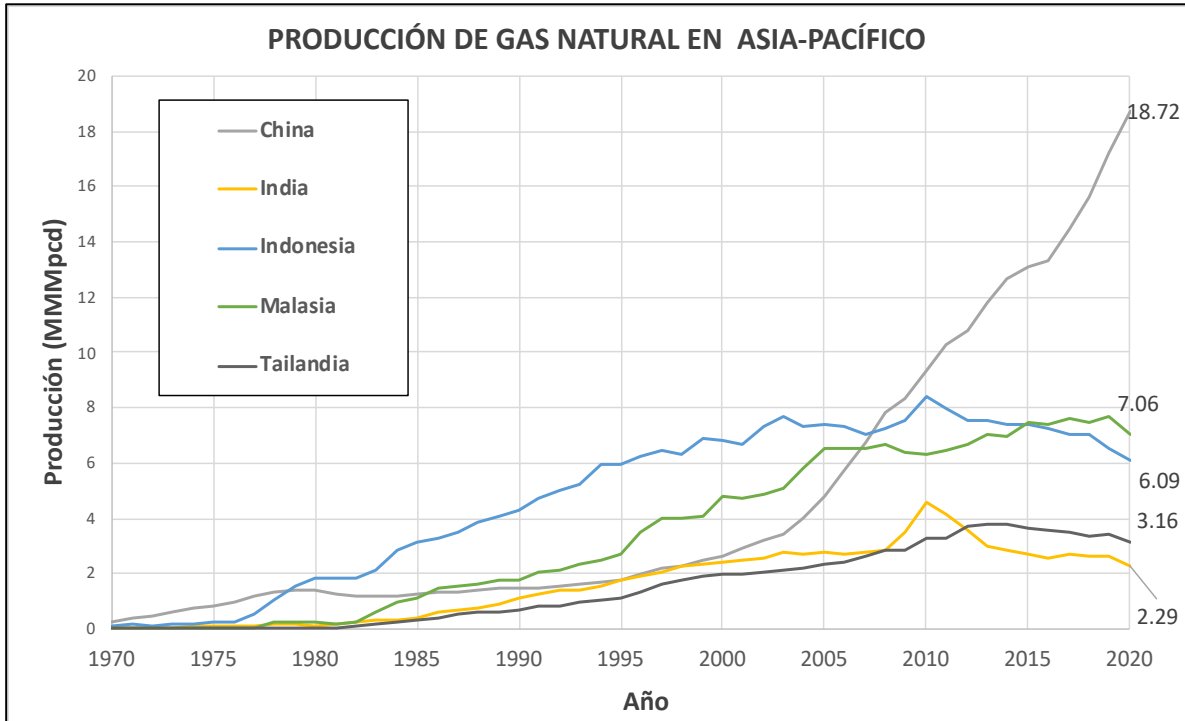


La mayor parte de los países europeos más desarrollados a excepción de Noruega, no figuran como importantes productores debido a que no cuentan con notables volúmenes de gas en sus reservas. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Con el continuo desarrollo de la economía, algunos países como China que es el país más poblado del mundo (1,400 millones de personas en 2020) y con una economía de rápido crecimiento que lo ha llevado a convertirse en el mayor consumidor de energía del mundo, así pues, tuvo que aumentar su producción durante los últimos años pues el país necesitaba satisfacer su creciente demanda de gas natural. Las compañías nacionales de China produjeron un estimado de 6851.05 Mmmpc de gas natural en 2020 (BP, 2021).

Figura 2.10.

Gráfico de la producción de gas natural en Asia-Pacífico



A lo largo de los años la producción de gas natural en Indonesia es la que ha predominado en la región de Asia-Pacífico, sin embargo, en la actualidad el puesto al mayor productor es China. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

2.4. Demanda y consumo de gas natural

El consumo de gas natural a nivel internacional ha crecido en los últimos años, pues el acceso a éste permite un mayor desarrollo económico de un país ya que le brinda mayor competitividad a las empresas al reducir los costos operativos, especialmente en la manufacturera, eléctrica, entre otras industrias, es por ello que muchos países han establecido un continuo desarrollo de infraestructura para aprovechar este recurso, pues se espera que la demanda continúe creciendo en los próximos años.

La mayor parte de este crecimiento se produce en las economías en desarrollo y en países como China, donde la expansión económica y sus preocupaciones sobre la calidad del aire han apuntado un rápido crecimiento; también el Oriente Medio, donde el gas significa diversificación para su economía basada en petróleo.

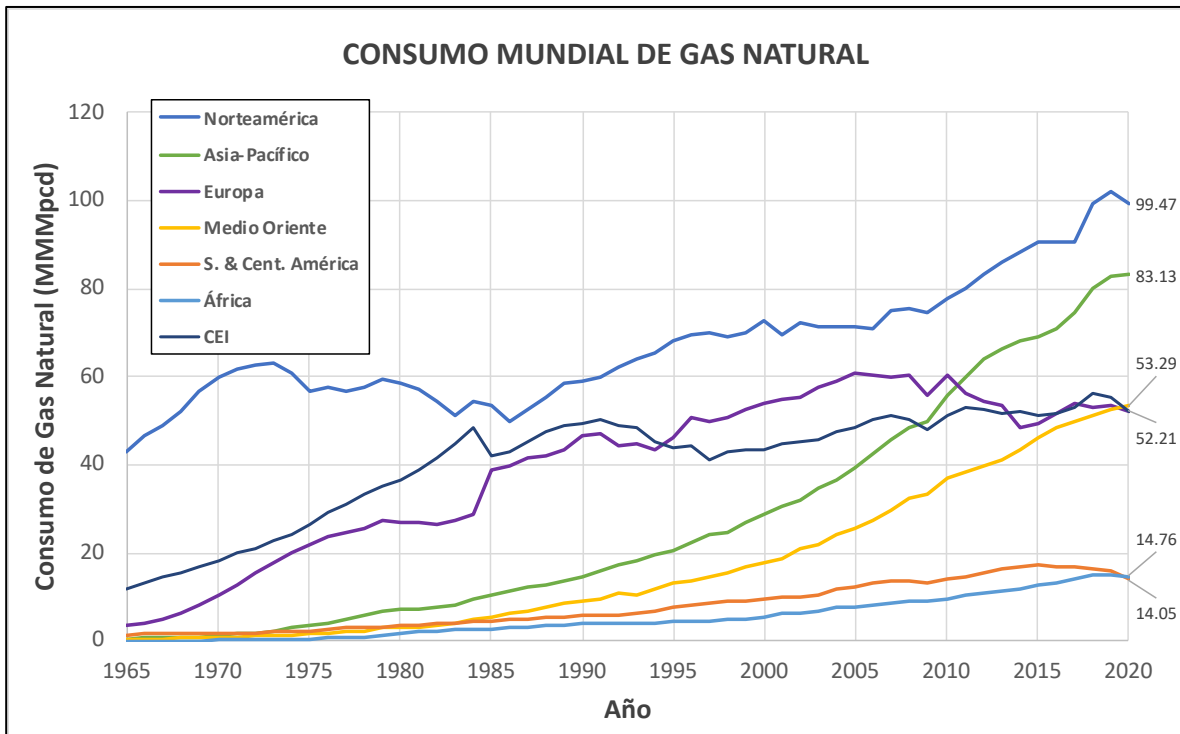
El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud calificó como pandemia el brote de coronavirus COVID-19, por la cantidad de casos de contagio y de países involucrados. Este suceso histórico impactó fuertemente la forma de vida de las personas alrededor del mundo por lo que el mercado de gas natural también experimentó grandes cambios derivados de esta contingencia como se presenta a continuación:

- Según la IEA (2020), se estima que el consumo mundial de gas se redujo en más del 3% en el primer trimestre de 2020 con respecto al de 2019 debido a las temperaturas templadas en el hemisferio norte y posteriormente debido a la pandemia por la COVID-19.
- De manera similar, la demanda de gas natural de EE. UU., disminuyó aproximadamente un 4.5% lo que representa un consumo de menos 1,165 MMM pc en el primer trimestre de 2020 en comparación con el del 2019.
- En China, donde el brote de Covid-19 alcanzó su punto máximo en febrero, el crecimiento del consumo de gas fue cercano a cero: según la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma de China.
- La demanda de gas natural cayó menos en los países europeos que impusieron restricciones sin implementar cierres completos, entre marzo y abril de 2020, la demanda cayó un 7% en los Países Bajos y 3% en Alemania en relación con el año anterior.

- Por último, se menciona que el comercio interregional de gas se redujo un 5.3%, debido a una caída de aproximadamente 1,907 MMMpc en el comercio a través de gasoductos.

Figura 2.11.

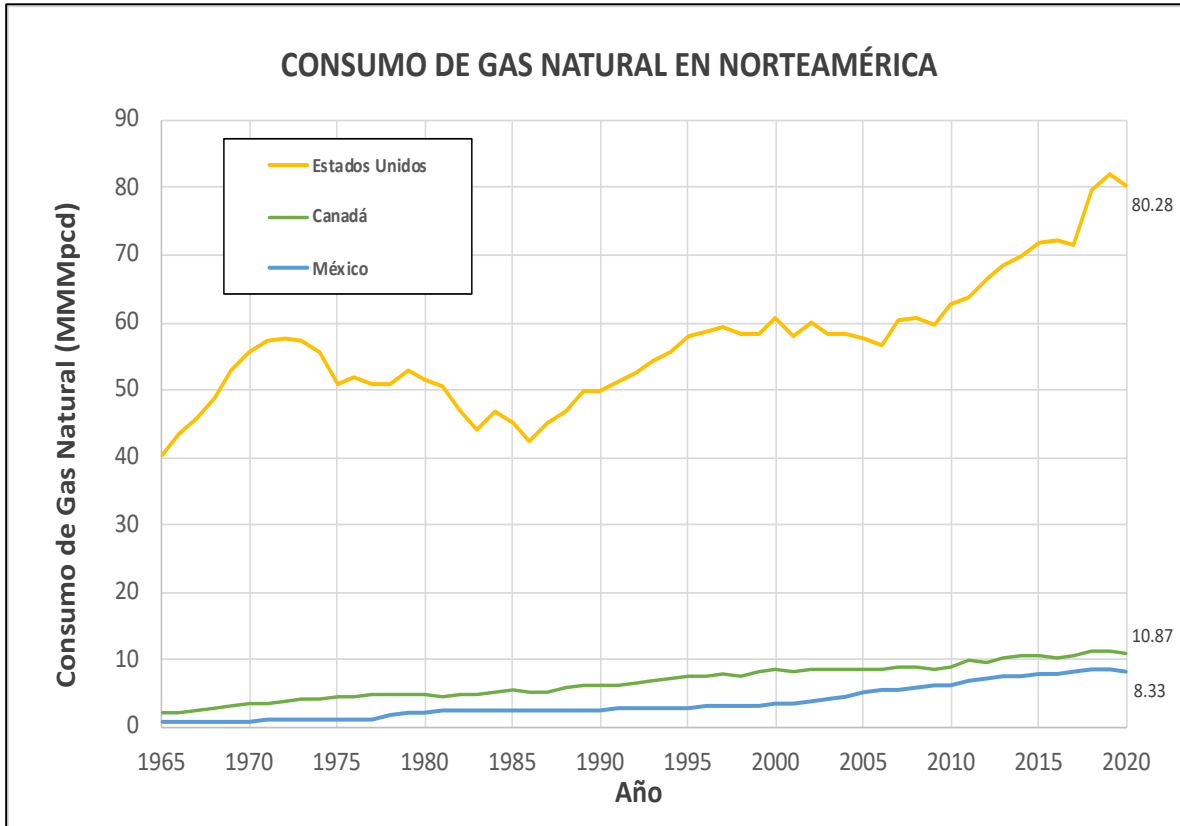
Gráfico del consumo mundial de gas natural



Se puede apreciar como la región de Norteamérica (principalmente Estados Unidos) y aquellas regiones en donde se localizan los países más desarrollados, son las zonas mayores consumidoras de gas natural en el mundo. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Figura 2.12.

Gráfico del consumo de gas natural en Norteamérica



La abundancia de gas natural, los bajos precios y la necesidad de una transición energética para reducir la huella de carbono son las principales razones por las que el consumo en esta región ha ido en aumento. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

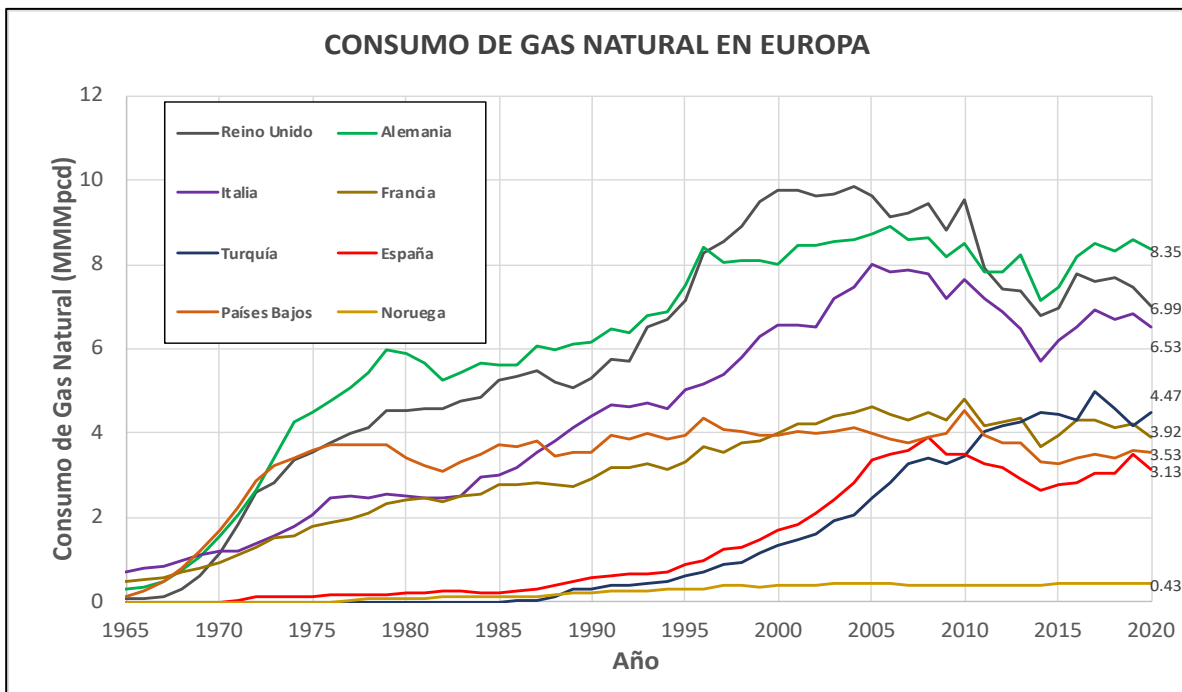
Es imprescindible mencionar que las regiones ubicadas en el hemisferio Norte, principalmente países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), son los mayores consumidores de gas natural, a su vez, son países más desarrollados que los del hemisferio sur. De acuerdo con la National Bureau of Economic Research (NBER, 2001), las regiones más ricas del mundo son Estados Unidos, Europa, Australia, Japón, Corea del Sur y los países ricos en petróleo de Oriente Medio, mientras que las naciones más pobres se encuentran en el África subsahariana, el sur de Asia y América Latina. Menciona que los cuatro factores que impulsan la riqueza de un estado son la salida al mar, el acceso a

recursos naturales (petróleo, gas, carbón), condiciones favorables para la agricultura y tener climas templados o fríos. Cuantos más factores de los mencionados coincidan en un estado, más rico será.

De tal manera, dichas regiones tienen una mayor calidad de vida al contar con la infraestructura necesaria para transportar el gas natural a través de largas distancias, además de contar con grandes sistemas de distribución de gas natural por ductos que alcanzan la mayor cobertura a los distintos sectores de consumo, lo que causa una mayor actividad económica. Por tal motivo, autores como Kraft y Kraft (1978) prueban empíricamente la relación causal entre la energía y el producto nacional bruto, pues encuentran que existe una relación constante e invariable entre el consumo de energía bruta y el producto nacional bruto, tanto de energía a producto como a la inversa.

Figura 2.13.

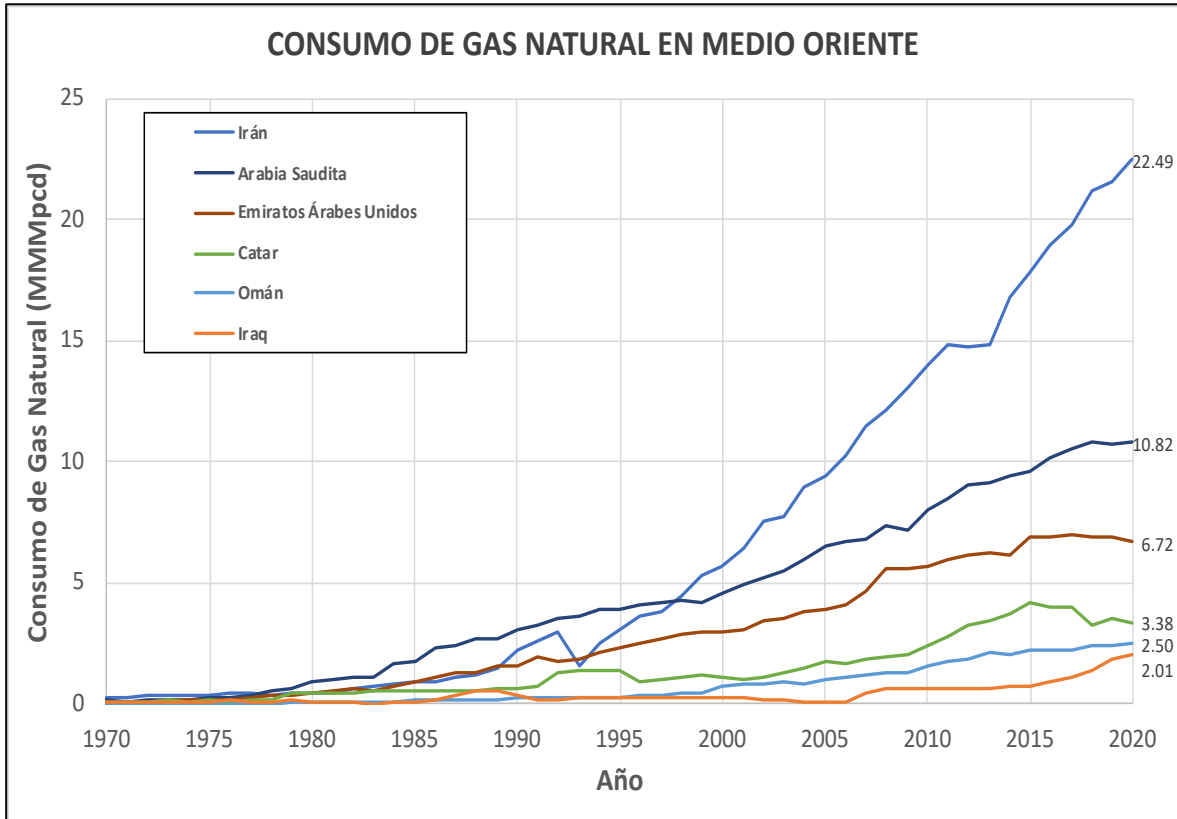
Gráfico del consumo de gas natural en Europa



Los países europeos son grandes dependientes del gas natural de otras regiones como Rusia, EUA y el medio oriente. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Figura 2.14.

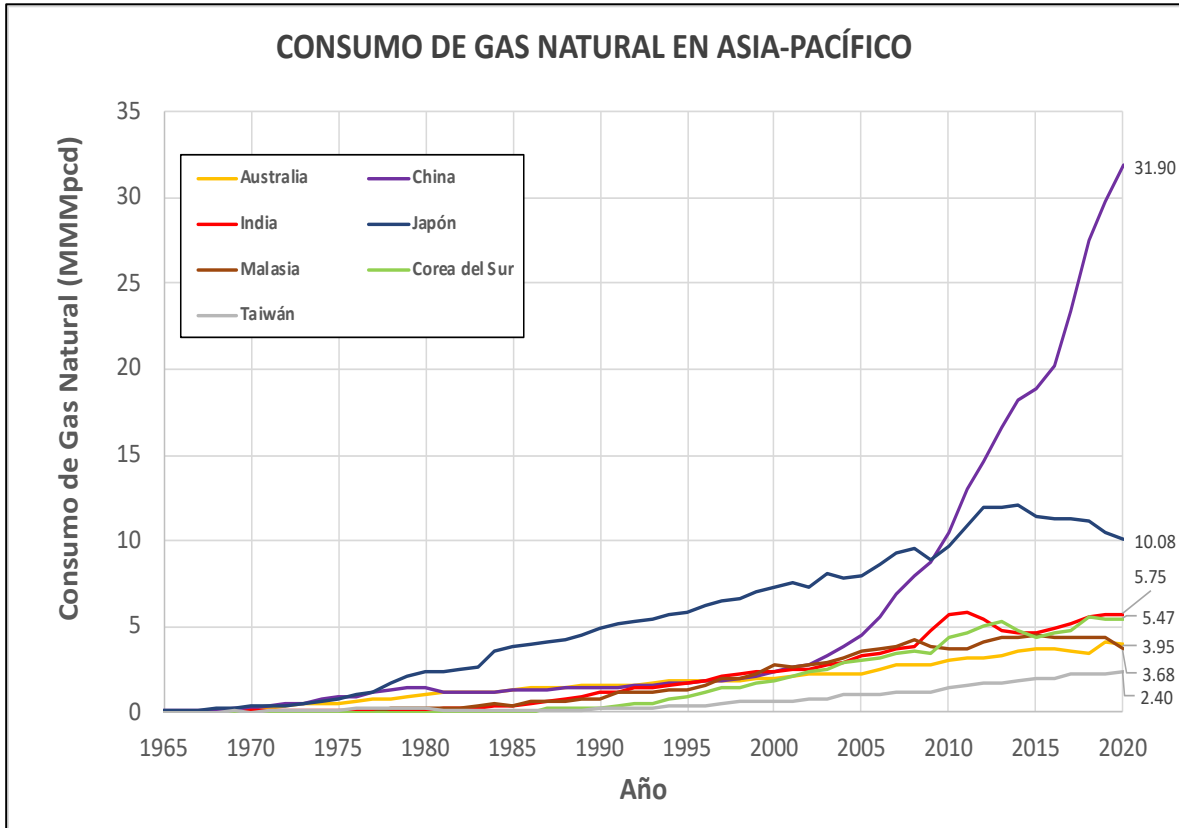
Gráfico del consumo de gas natural en el Medio Oriente



Irán se sitúa como el mayor consumidor de gas natural en el Medio Oriente debido a sus grandes reservas de este recurso. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Figura 2.15.

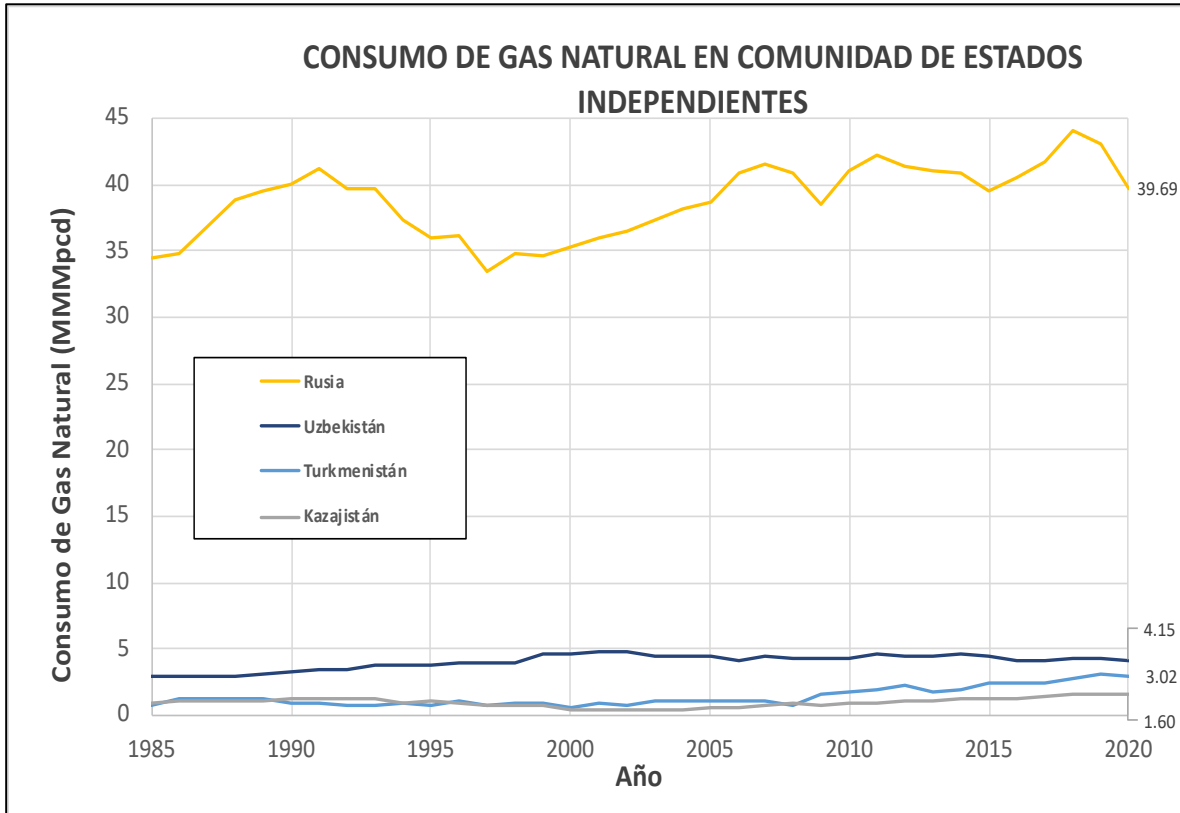
Gráfico del consumo de gas natural en Asia-Pacífico



Con la continua expansión económica de las grandes potencias asiáticas, así como el constante desarrollo de países emergentes asiáticos y su creciente industrialización, la EIA (2019) ha estimado que su consumo aumentará casi un 50% para el 2050. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Figura 2.16.

Gráfico del consumo de gas natural en la Comunidad de Estados Independientes



Por su gran abundancia, Rusia es el país que más consume gas natural en la Comunidad de Estados Independientes, además se coloca como el mayor proveedor de gas natural a los demás países europeos. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

2.5. Importación y exportación de gas natural

Actualmente, el desarrollo del gas natural en algunos países se enfrenta a grandes limitantes como la falta de suministro debido al almacenamiento insuficiente, las terminales regasificación y licuefacción, y la capacidad de los gasoductos. Sin embargo, la gran relevancia que ha tomado este combustible ha llevado a que muchos países desarrollen la infraestructura necesaria para aprovechar este recurso, además de legislar en materia energética e incentivar el uso del gas natural para poder lograr una mayor penetración de éste en sus países.

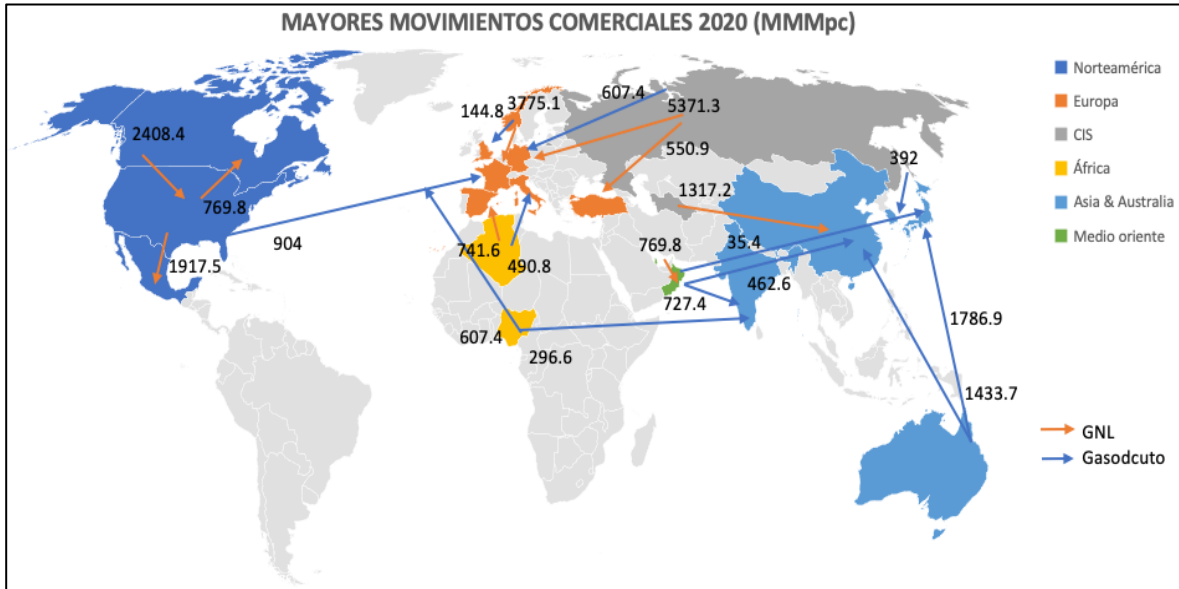
Prueba de lo anterior es que, de acuerdo con datos de la EIA (2020), en 2014 China y Rusia firmaron un acuerdo en el que China tendría que importar un promedio de 1,300 MMMpc de gas natural por año de los campos de Rusia en Siberia Oriental durante un período de 30 años. Además, se menciona que Rusia y el Medio Oriente son las mayores regiones exportadoras de gas natural, sin embargo, los exportadores emergentes aumentan de manera continua su participación en el mercado. Tal es el caso de Australia que en la última década ha ido incrementando sus exportaciones a tal nivel que en 2020 superó brevemente a Catar como el mayor exportador de gas natural licuado (GNL) del mundo, mientras que, para el gas seco, se estima que en pocos años Estados Unidos se convierta en el segundo exportador de gas más grande después de Rusia.

Rusia y Europa son dependientes entre sí en términos de energía. Europa depende de Rusia como fuente de suministro tanto de petróleo como de gas natural y al mismo tiempo Rusia depende de Europa para vender su producción. En 2016 aproximadamente más del 75% de las exportaciones de gas natural de Rusia se destinaron a la Europa de la OCDE.

En los últimos años las importaciones de gas natural se han ido desplazando hacia las economías en desarrollo en Asia como China, India y otros mercados asiáticos en desarrollo representan la mayor parte del aumento en el comercio mundial de gas hasta 2040.

Figura 2.17.

Principales rutas comerciales del gas natural



Se puede apreciar que Rusia y EU son los principales exportadores de gas natural. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Algunos países como el caso de Alemania son casi totalmente dependientes de las importaciones, pues según la EIA (2020) en 2018 representaron alrededor del 97% del suministro total de gas natural. Rusia, los Países Bajos y Noruega son los mayores exportadores de gas natural a Alemania. Del mismo modo, el país germánico al poseer una infraestructura desarrollada que la conecta con el resto de Europa por medio de gasoductos puede importar gas natural y también comercializarlo con sus vecinos.

Por su parte, Argentina ha recurrido a las importaciones de gas natural para cubrir su brecha de oferta. Bolivia es la mayor fuente de sus importaciones por gasoductos. En 2012, tras la instalación del gasoducto Integración Juana Azurduy (GIJA), con una capacidad de 978.2 millones de pies cúbicos de gas natural, Argentina ha importado un poco más de 7.06 MMMpc cada año de países vecinos.

2.7. Infraestructura de gas natural

La infraestructura del gas natural proporciona un mecanismo crucial para llevar energía a los consumidores, pues es un componente clave para la industria y la generación eléctrica de un país. Por lo tanto, muchos países se han dado a la tarea de darle mayor solidez a sus sistemas de aprovechamiento de gas natural. Desde una perspectiva de seguridad energética, una infraestructura más robusta de gas natural permite, por un lado, reducir la dependencia energética de un país al aprovechar sus propios recursos, así como para aumentar el volumen de sus exportaciones o también para diversificar sus matrices energéticas.

En países como China su infraestructura de gasoductos está experimentando un desarrollo significativo, pues en el 2019 el gobierno creó una empresa nacional de oleoductos y gasoductos *PipeChina* para aumentar la cobertura de gasoductos del país y mejorar la competencia del mercado. Además, comenzó a permitir que las empresas extranjeras inviertan en tuberías de distribución de gas natural en las ciudades para facilitar mayores niveles de inversión y un desarrollo de infraestructura más rápido.

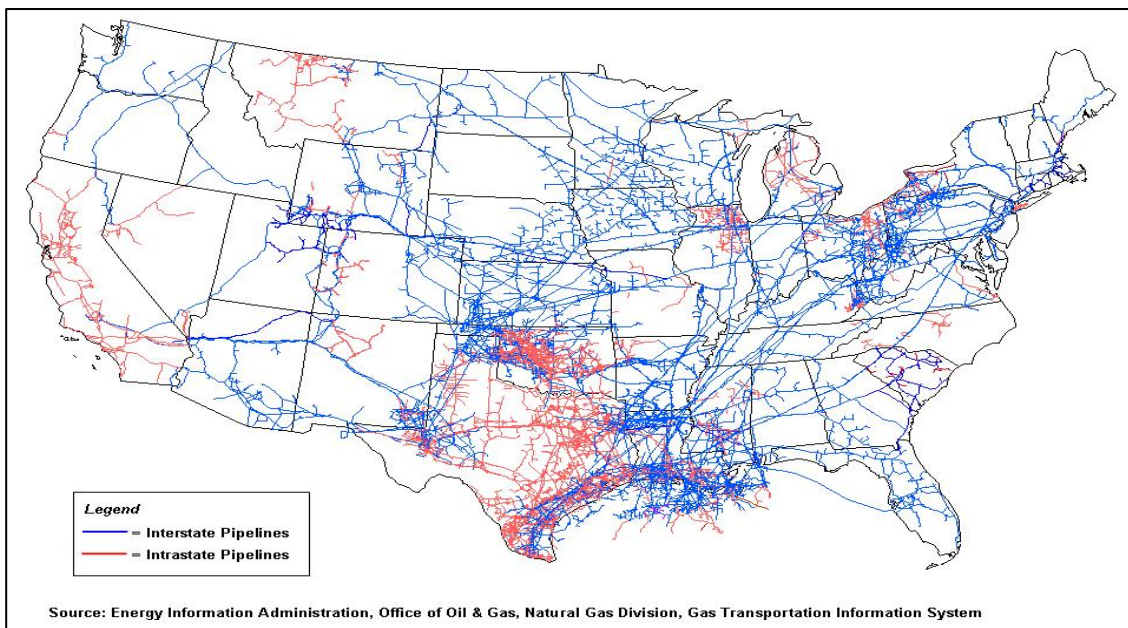
Estados Unidos es el más claro ejemplo, pues su sector de gas natural se considera el más desarrollado y maduro en su operación a nivel mundial, ya que cuenta con una infraestructura vasta para desarrollar las actividades de producción, transporte, almacenamiento, procesamiento y distribución. CNH (2017).

La red de gasoductos de gas natural de Estados Unidos es una red de transmisión y distribución altamente integrada que puede transportar gas natural hacia y desde casi cualquier lugar a lo largo de su territorio. Según la EIA (2021) en 2019, las redes de transporte de gas natural entregaron un volumen de 28,300 MMMpcd a un estimado de 76.9 millones de clientes, lo cual representa que aproximadamente un cuarto de su población (23.4%) tiene acceso al gas natural. La red de gasoductos de gas natural comprende lo siguiente:

- Más de 210 sistemas de tuberías de gas natural.
- Aproximadamente 490,850 kilómetros de tuberías de transmisión interestatales e intraestatales.
- Más de 1,400 estaciones de compresión que mantienen la presión en la red de gasoductos y aseguran el avance continuo del suministro.
- Más de 11,000 puntos de entrega, 5,000 puntos de recepción y 1,400 puntos de interconexión que permiten la transferencia de gas natural en todo Estados Unidos.
- 24 hubs o market centers que brindan interconexiones adicionales.
- 400 instalaciones subterráneas de almacenamiento de gas natural.
- 49 ubicaciones donde se puede importar y exportar gas natural a través de gasoductos.
- 8 instalaciones de importación de gas natural licuado y 100 instalaciones de pico de GNL.

Figura 2.18.

Red de gasoductos en Estados Unidos

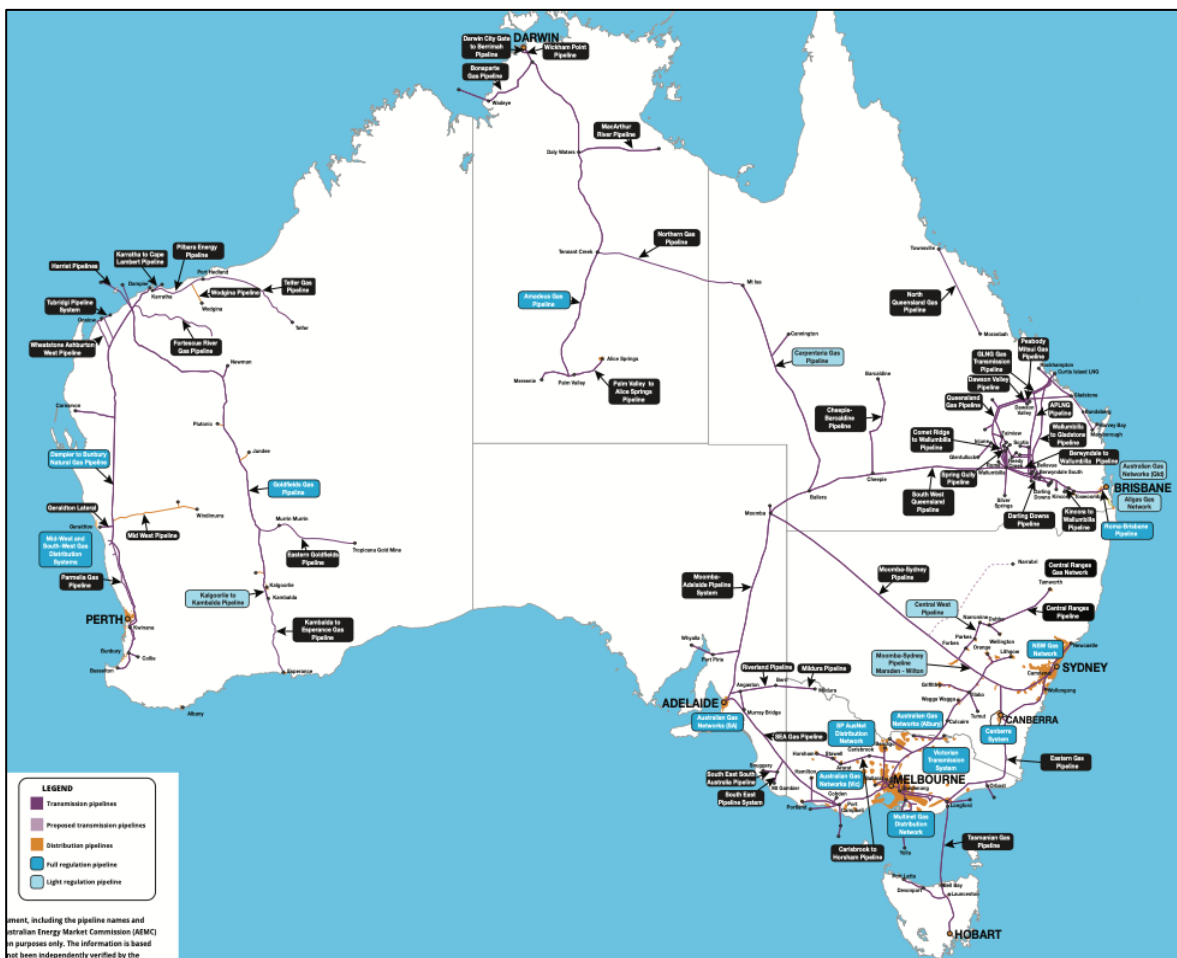


EU es el país que cuenta con la infraestructura mejor desarrollada para aprovechar el gas natural, principalmente en las cuencas mayor productoras ubicadas en la costa este del país. Tomado de EIA. (2013). *About U.S. Natural Gas Pipelines.* EIA https://www.eia.gov/naturalgas/archive/analysis_publications/ngpipeline/index.html

Otro ejemplo del continuo desarrollo del gas natural es Australia, pues su red de gasoductos de transmisión de gas natural es de las más desarrolladas y transporta gas desde los principales centros de producción a los principales centros económicos de la región. Las importantes inversiones realizadas desde el 2000 han ampliado la red de gas. El sistema de tuberías interconecta todos los estados; algunos gasoductos transportan gas desde los campos del interior del país hasta Darwin, Sídney y la costa sureste. En Australia Occidental, tres grandes gasoductos transportan gas natural desde los campos de gas del noroeste a la región suroeste.

Figura 2.19.

Red de gasoductos en Australia



Las redes de gasoductos en Australia están conectadas para llegar hacia las principales zonas de consumo. Tomado de AEMC. (2019). *Australia with pipelines*. AEMC <https://www.aemc.gov.au/sites/default/files/201909/Australia%20with%20gas%20pipelines%20%20scheme%20register%20%28updated%20August%202019%29.pdf>

En 2016, la infraestructura de gas natural de Rusia incluyó aproximadamente 172,200 kilómetros de tuberías de transmisión y más de 20 instalaciones subterráneas de almacenamiento de gas natural. Desde finales de la década de 2000, Gazprom ha estado agregando importantes nuevos gasoductos para acomodar nuevas fuentes de suministro, incluidos campos en Yamal y Siberia Oriental, y nuevas rutas de exportación, incluidas las exportaciones a China y nuevos gasoductos a Europa que eviten cruzar por Ucrania.

El sistema Unified Gas Supply (UGS) es el nombre colectivo de la parte occidental interconectada de los gasoductos de gas natural de Rusia, incluye redes domésticas y la porción nacional de oleoductos de exportación en la Rusia europea.

Figura 2.20.

Red de gasoductos en Rusia.



Las grandes redes de gasoductos en Rusia provienen de las zonas mayor productoras hacia los principales centros de consumo. Asimismo, como se puede observar en la imagen, dichas redes atraviesan gran parte de Europa occidental para suministrar de gas natural ruso a grandes países consumidores como es el caso de Alemania. Tomado de Bailey, S. (2009). *Major russian gas pipelines to europe.* Wikimedia commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Major_russian_gas_pipelines_to_europe.png

En algunos países latinoamericanos que cuentan con el recurso de gas natural, se ha visto la oportunidad de desarrollar sus mercados para alcanzar mejores beneficios tanto en materia energética y por consiguiente en la económica.

Colombia tiene alrededor de 4,990 kilómetros de gasoductos. Transportadora de Gas Internacional (TGI), una subsidiaria del Grupo Energía de Bogotá es el mayor operador de gasoductos de gas natural en Colombia, con una red de casi 4,000 km de gasoductos y 14 plantas de compresión, con capacidad instalada total de 172,060 HP. La red de TGI está conformada por un sistema de tres gasoductos principales, a los cuales se conectan ramales regionales (Ballena a Barrancabermeja; Barrancabermeja a Bogotá y Neiva; Mariquita a Cali)

Figura 2.21.

Red de gasoductos en Colombia



En los países latinoamericanos se ha visto una oportunidad de desarrollo con el gas natural, es por ello que, la infraestructura para su aprovechamiento se ha ido incrementando en los últimos años. Tomado de Global energy. (2022). *Red de gasoductos TGI*. Global Energy. https://www.gem.wiki/Red_de_Gasoductos_TGI

Por su parte, el sistema de gasoductos de Brasil es una red de tuberías ubicada predominantemente a lo largo de las áreas sureste y noreste del país, desde Rio Grande hasta Sul y Ceará. En 2010, el Gasoducto GASENE unió estas áreas por primera vez. Este ducto de 1,384 km, que se extiende desde Río de Janeiro hasta Bahía, es el ducto más largo de Brasil.

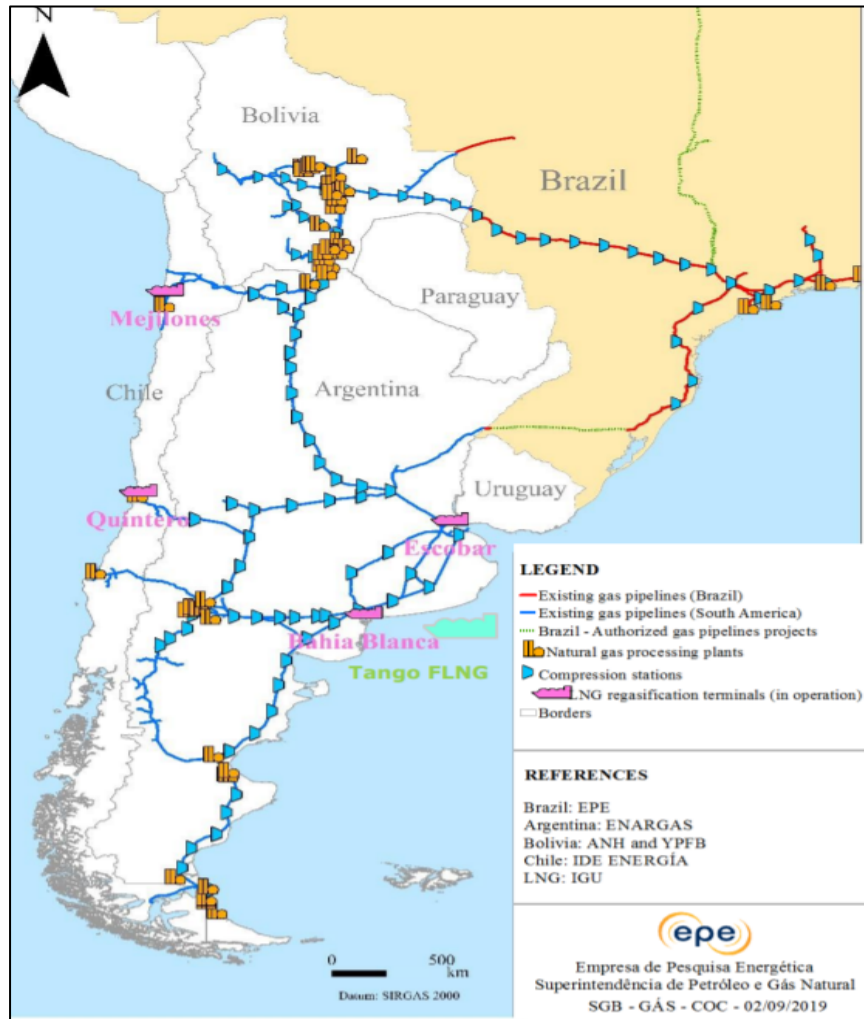
El otro mercado importante de gas natural en Brasil se encuentra en la región amazónica. En 2009, Petrobras completó la construcción del gasoducto Urucú, el cual facilitó el desarrollo de las considerables reservas de gas natural del Amazonas.

Recientemente se ha estado debatiendo en el Congreso de Brasil el proyecto de ley “Nueva Ley del Gas” que sienta las bases para la formación de un nuevo mercado de gas natural en Brasil. Pues supondrá una mayor competitividad dentro del mercado del gas a lo largo de toda su cadena de valor.

Actualmente, la infraestructura de gas natural en materia de gasoductos cuenta con 110, entre los que 62 son de distribución y reúnen una extensión total de 2,246 km, mientras que 48 son de transporte y suponen 9,486 km.

Figura 2.22.

Red de gasoductos en Sudamérica



La relativa cercanía entre las zonas productoras de gas natural y los grandes consumidores en las diferentes zonas de la región facilita un mayor comercio entre los países. Tomado de Castro, C. (2019). *South America's natural gas infrastructures and possibilities for Brazil*. Epe. <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/Documents/ESTANDE%20-%20Natural%20Gas%20Infrastructures%20in%20Brazil%20and%20South%20America.pdf>

2.8. Gas natural licuado (GNL)

El gas natural licuado (GNL) es la forma líquida del gas natural, que se obtiene a través de un proceso llamado licuefacción. El GNL es gas natural transformado en líquido a -162°C y casi en su totalidad es metano. En este estado es 1.4 veces más pesado que el aire, pero a medida que se calienta, su densidad baja, alcanzando 0.55 veces la del aire a temperatura ambiente.

El gas natural licuado ha cobrado gran relevancia pues surge como una forma más asequible de transportar el gas natural a largas distancias. Es la mejor alternativa de suministro de gas natural en zonas remotas, donde no hay gasoductos ya que se transporta en tanques criogénicos especializados, por vía terrestre o marítima. Una vez en su destino se somete a un proceso llamado regasificación que es el proceso por el cual el gas natural licuado se devuelve a su estado gaseoso original.

Los importadores confían cada vez más en la liquidez y la capacidad de respuesta del mercado mundial de GNL para cumplir con el suministro de gas. Por lo tanto, en aquellos países que no cuentan con importantes reservas o campos desarrollados de gas natural, el GNL es la clave para un crecimiento más amplio en el futuro. Es por ello que, las perspectivas para el gas natural se basan en gran medida en el GNL pues con él se ha logrado conectar los mercados regionales y llevar el gas a nuevos consumidores, especialmente en las zonas de rápido crecimiento de Asia.

Las principales cuestiones que se toman en cuenta en el mercado del GNL son los costos del suministro; la forma en que se contrata; sus credenciales ambientales; y el potencial de innovación del lado de la demanda para abrir nuevos mercados.

Las importaciones de GNL aumentaron drásticamente desde 2015 como resultado de los menores precios mundiales del GNL y las políticas de cambio de carbón a gas de China. Sin embargo, la crisis sanitaria por la COVID-19 también impactó este mercado. Las importaciones de GNL en Japón cayeron un 3% en el primer trimestre de 2020 en relación con el de 2019, mientras que en Corea del Sur las ventas nacionales de enero y febrero cayeron un 2.5%.

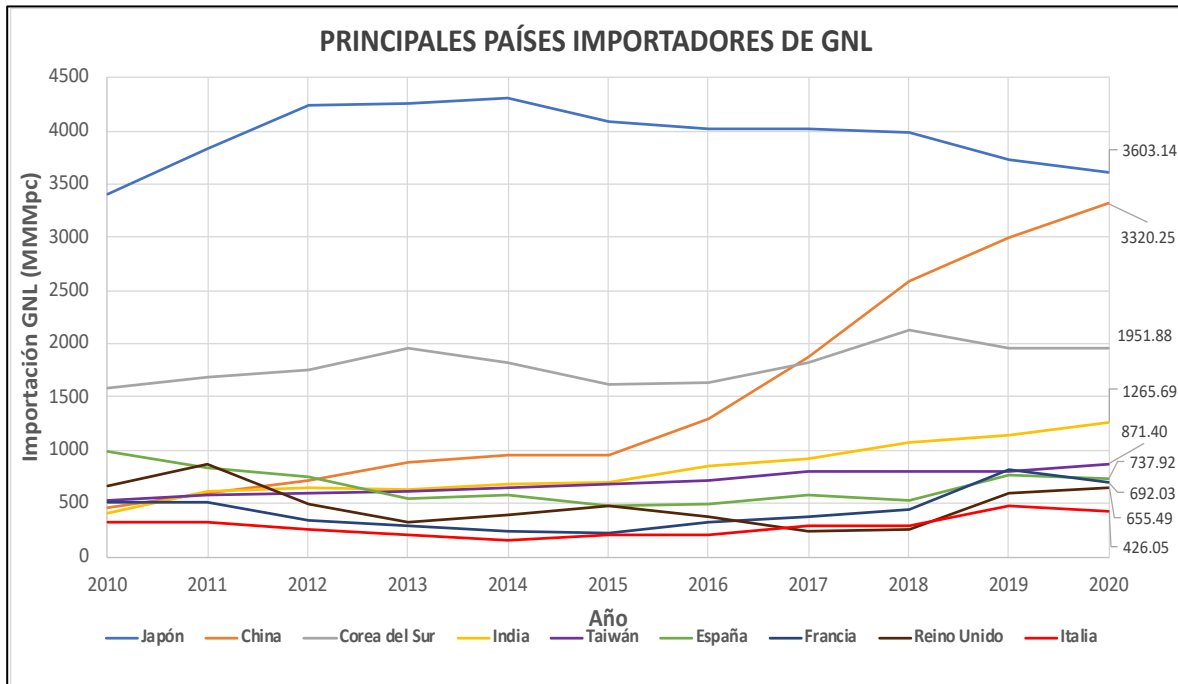
En EUA, durante el verano de 2020, las exportaciones mensuales de GNL fueron las más bajas desde los últimos dos años, pero desde noviembre las exportaciones han ido en aumento. Según la EIA (2021) estima que las exportaciones de GNL en noviembre alcanzaron los 9,400 millones de pc por día, lo que representó el 93% de la utilización máxima de la capacidad de exportación de GNL.

China se ha convertido en el segundo mayor importador de GNL en el mundo, resultado de su intento por llenar la brecha cada vez mayor entre su producción y demanda de gas natural. Por lo tanto, su industria se ha basado en una cantidad cada vez mayor de importaciones por gasoductos y GNL. En 2019, importó 4,600 MMMpc, un 7% más que los niveles de 2018. Las importaciones de GNL representan el 62% del total, y las importaciones por gasoductos, principalmente de Turkmenistán, representan el 38%.

Australia se ha convertido en el exportador líder de GNL en la región de Asia - Pacífico en la última década. Es probable que la mayor producción esperada de gas natural y su constante desarrollo de infraestructura de GNL en los próximos años impulsen aún más sus exportaciones de gas natural.

Figura 2.23.

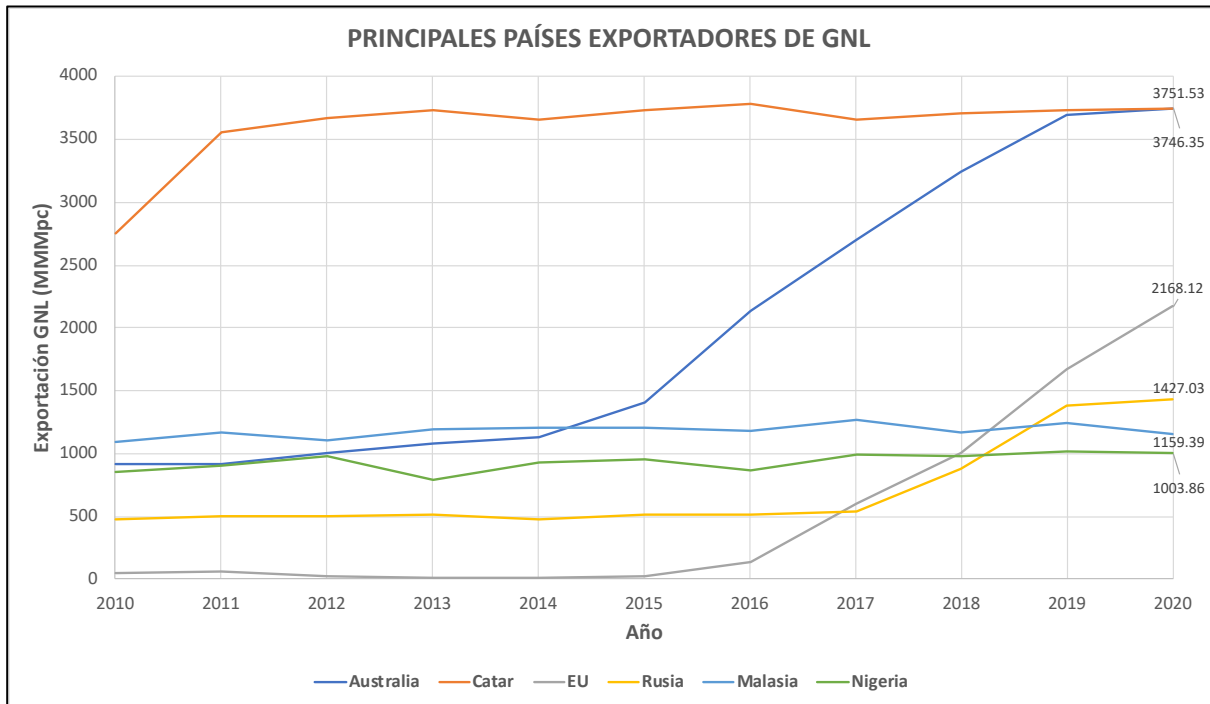
Gráfico de los principales países importadores de GNL en el mundo



Las principales economías asiáticas, así como las europeas son los mayores consumidores del GNL. Por lo anterior, resulta atractivo para México el poder licuar el gas natural en las plantas existentes en el país y exportarlo al lejano oriente. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

Figura 2.24.

Gráfico de los principales países exportadores de GNL en el mundo



Como se puede apreciar en la gráfica, en los últimos cinco años Australia se ha posicionado rápidamente como el líder en exportación de GNL. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.*

2.9. Evolución de los precios

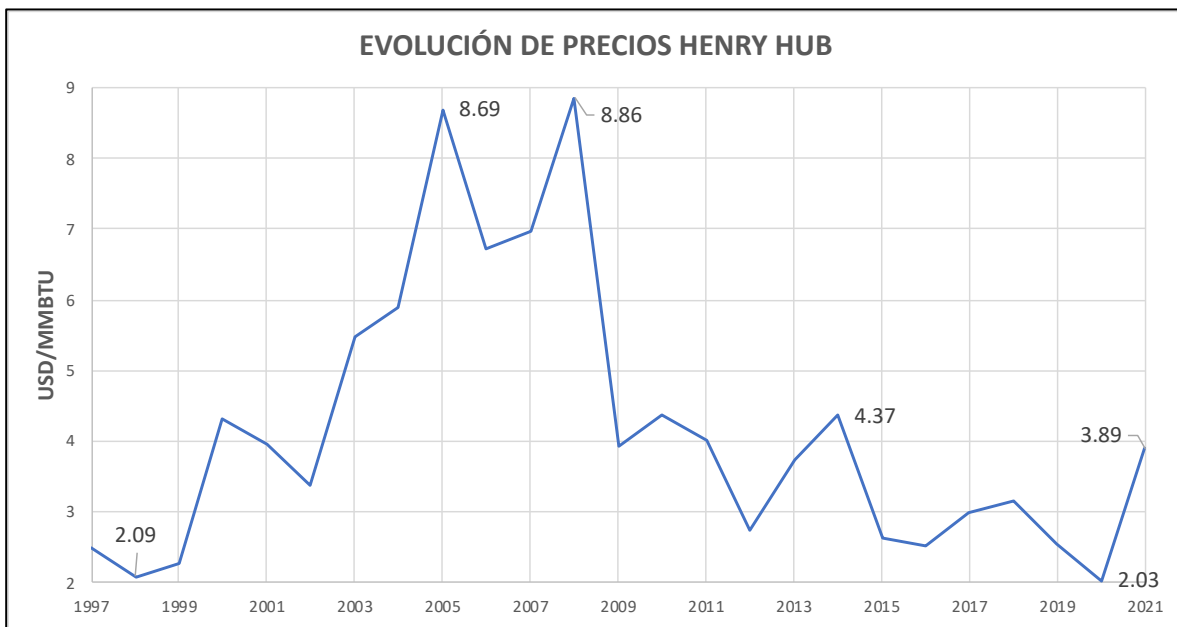
En los últimos años, los precios del gas natural se han ido ligeramente a la baja, esto es una consecuencia de los precios bajos del petróleo, una mayor base de recursos de shale gas en los Estados Unidos que ejerce presión sobre el precio del Henry Hub, así como una mayor facilidad de penetración del gas mediante el GNL. El impacto que tiene Estados Unidos en los precios del gas natural se ve reflejado por el hecho de que el país es el principal productor mundial de gas natural, una ventaja del boom del fracking que desbloqueó una abundancia de gas barato.

No obstante, durante el mes de octubre de 2021, el precio spot del gas natural en Henry Hub promedió 5.51 dólares / MMBtu, que fue superior al promedio de septiembre de 5.16 dólares / MMBtu y superior a un promedio de 3.25 / MMBtu en

la primera mitad de 2021. El aumento ligero de los precios del gas natural en los últimos meses refleja los niveles de inventario de gas natural de EE. UU. que están por debajo del promedio de cinco años (2016-2020). Sin embargo, a pesar de lo anterior, la demanda de gas natural para la generación de energía eléctrica se ha mantenido relativamente alta.

Figura 2.25

Gráfico de los precios spot del Henry Hub



Debido a su importancia, el Henry Hub funge como una importante referencia en cuanto a los precios del gas natural. Se puede apreciar la caída estrepitosa de los precios por la pandemia, sin embargo, la vacunación ha permitido la recuperación económica mundial que llevó al incremento constante del precio. Elaboración propia con datos de EIA. (2021). *Henry Hub Natural Gas Spot Price*. EIA <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/rngwhhdA.htm>

La situación del gas natural es mucho peor en Europa y Asia, pues están lidiando con subidas desastrosas de los precios del gas natural y con una escasez del recurso que ha forzado apagones y cierres de fábricas.

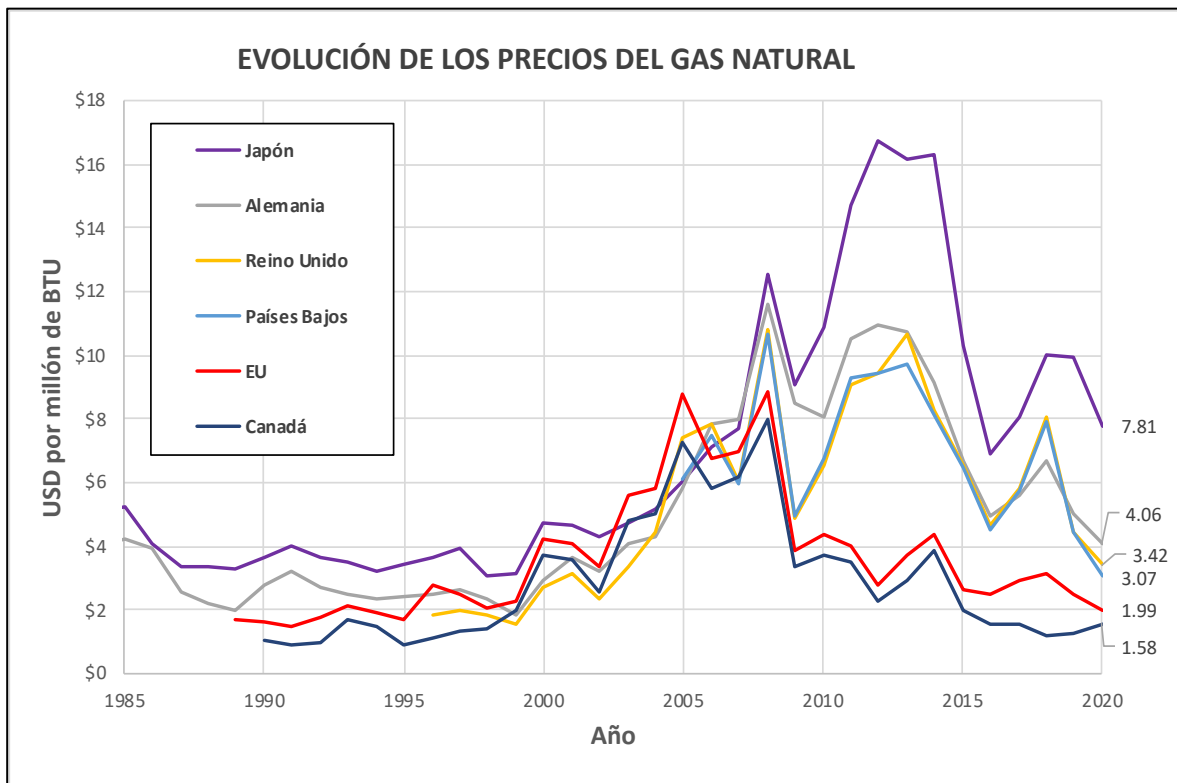
Actualmente, el principal problema del incremento de los precios es que, mientras la actividad económica se recupera de los estragos causados por las restricciones a causa de la pandemia por COVID -19, la producción de gas natural no lo hace.

Eso significa que la demanda está volviendo más rápido que la oferta, lo que obliga a subir los precios. Además, la demanda se ha visto reforzada por las olas de calor y las bajas temperaturas que se han producido en las diferentes regiones del mundo. Las temperaturas elevaron el uso del aire acondicionado y de electricidad.

Debido a las restricciones sanitarias tomadas por los diferentes países, provocaron pérdidas económicas en los productores de gas natural quienes se han mostrado cautelosos a la hora de aumentar la producción.

Figura 2.26

Gráfico de evolución de los precios del gas natural



En los últimos años los precios del gas natural se han reducido significativamente debido principalmente a los grandes volúmenes producidos de shale gas en Estados Unidos. Elaboración propia con datos de British Petroleum (2021). Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition.

Los precios del gas natural dependen de diferentes condiciones que pueden ir desde el precio del petróleo hasta aspectos geopolíticos, ambientales, climáticos,

sociales, tecnológicos, etc., que pueden afectar dichos precios en mayor o menor impacto en las distintas regiones del mundo. Pues los momentos de volatilidad en el mercado pueden significar buenas oportunidades o grandes riesgos en los negocios.

Por lo anterior se utilizan los instrumentos financieros que su principal objetivo es la cobertura de riesgos, estos instrumentos son utilizados por los agentes económicos que desean mitigar el riesgo de cambios adversos en los precios de los activos que poseen en el mercado de contado o físico. Dos de los principales contratos de derivados comercializados en los mercados regulados son los de futuros y los contratos por diferencia (CFD).

Como se vio a lo largo de este capítulo, es un hecho que el gas natural está muy presente en la economía mundial y continuará cobrando importancia. La demanda del recurso crece cada vez más, pues representa uno de los combustibles más utilizados solo por detrás del petróleo y carbón debido a los beneficios que trae consigo para el desarrollo de las economías

Los países que cuentan con reservas importantes de gas natural desarrollan continuamente proyectos y establecen las bases necesarias desde lo burocrático hasta lo técnico para aprovechar de mejor manera el recurso, pues en la actualidad, el gas natural es un combustible estratégico en la transición energética y en la economía global.

3. Panorama del mercado nacional del gas natural

3.1. Reservas de gas natural

En materia energética, México es conocido por ser un país petrolero gracias a las reservas que posee de este recurso, asimismo cuenta con un gran potencial en el gas natural, recurso que ha sido infravalorado, pues según la CNH (2019), tan solo en el año del 2019, la quema y venteo de gas natural representó la cifra de 291.7 MMpcd. La quema del gas asociado se realiza a través de instalaciones especializadas de combustión llamadas quemadores (flare stacks) y puede suceder continuamente, periódicamente o en intervalos breves. Al quemar el gas asociado se produce sobre todo CO₂, por otro lado, el venteo se denomina a la liberación intencionada de gas asociado. A través del venteo se producen emisiones muy altas de metano, ya que el gas asociado alcanza la atmósfera sin quemarse. El impacto climático del venteo es así muchas más veces más alto que el de la quema, ya que el metano posee un potencial de calentamiento global 34 veces más alto que el CO₂.

México cuenta con importantes reservas, que reflejan un gran potencial para la producción, autoabastecimiento, almacenamiento y en un futuro la exportación en grandes volúmenes. Se estima que más de la mitad de las reservas provienen de yacimientos no convencionales. A continuación, se presentan las reservas de gas natural en el país según la CNH (2021).

Tabla 3.1

Volúmen de las reservas de gas natural en México

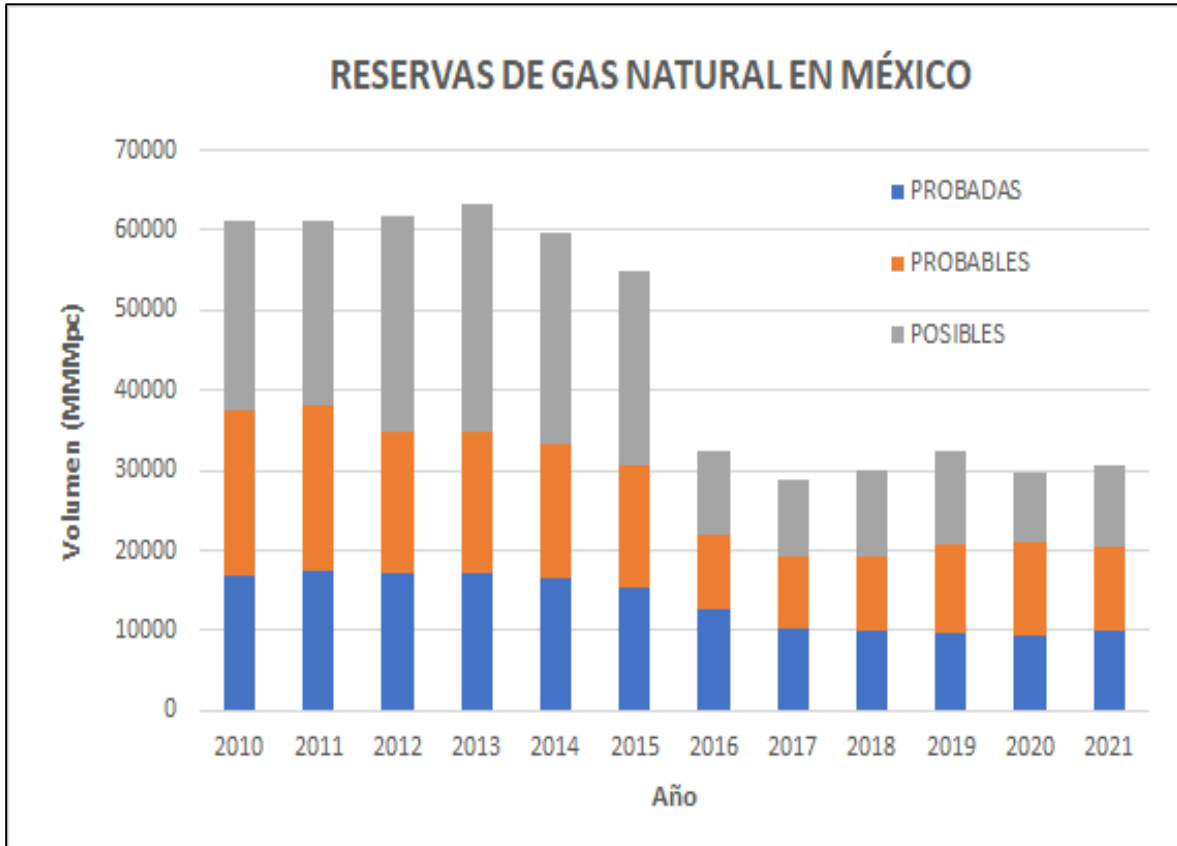
Reservas	Volúmen (MMMpc)
1P	9,981
2P	20,391.9
3P	30,764.5

Elaboración propia con datos de Comisión Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). *Reservas de hidrocarburos*. CNH. <https://reservas.hidrocarburos.gob.mx/>.

A continuación, se presenta un gráfico con las reservas de gas natural en México:

Figura 3.1

Gráfico del volumen de reservas de gas natural en México



El volumen de las reservas de gas en México ha disminuido durante la última década en México. Elaboración propia con datos de Comisión Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). *Reservas de hidrocarburos*. CNH. <https://reservas.hidrocarburos.gob.mx/>.

En la gráfica anterior se puede observar cómo han disminuido drásticamente las reservas desde el 2016 y siguen cambiando cada año, esto es debido a ajustes a las estimaciones de reservas certificadas, lo cual puede disminuir o incrementar sus volúmenes, lo anterior es gracias a un mejor conocimiento de los campos, de la misma forma, sufren variaciones por la declinación de los mismos. Una de las principales razones por la cual no se han aprovechado los campos de gas en México es que es más rentable importar el gas de Estados Unidos debido a sus bajos

precios de venta. En el siguiente mapa se muestra la localización de las reservas probadas en México:

Figura 3.2

Mapa de las reservas probadas en México



Los círculos naranjas señalan la localización geográfica de las reservas probadas en México. Adaptado de Comisión Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). *Reservas de hidrocarburos*. CNH. <https://reservas.hidrocarburos.gob.mx/>.

3.2. Producción de gas natural en México

En México son cinco estados que concentran la mayor parte de la producción de gas natural: Tabasco, Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, Campeche y las aguas territoriales. Según la Secretaría de Energía (Sener, 2021), el mayor estado productor de gas asociado es Tabasco, mientras que de no asociado es Tamaulipas, seguido de Veracruz.

Además menciona que en diciembre de 2020 se extrajeron hasta 4,845.79 MMpcd, de los cuales 3,804.12 fueron de gas asociado (78%) y 1,041.66 de gas no asociado (22%).

De acuerdo con la CNH, del total de 356 campos productores en México, 10 campos aportan el 53% de la producción nacional de gas natural.

Tabla 3.2

Campos con mayor aportación a la producción nacional de gas natural

Campo	Producción de gas natural (MMpcd)
Maloob	312
Akal	279
Ixachi	201
Ku	199
Onel	197
Quesqui	196
Xux	189
Teotleco	187
Zaap	183
Tizón	93

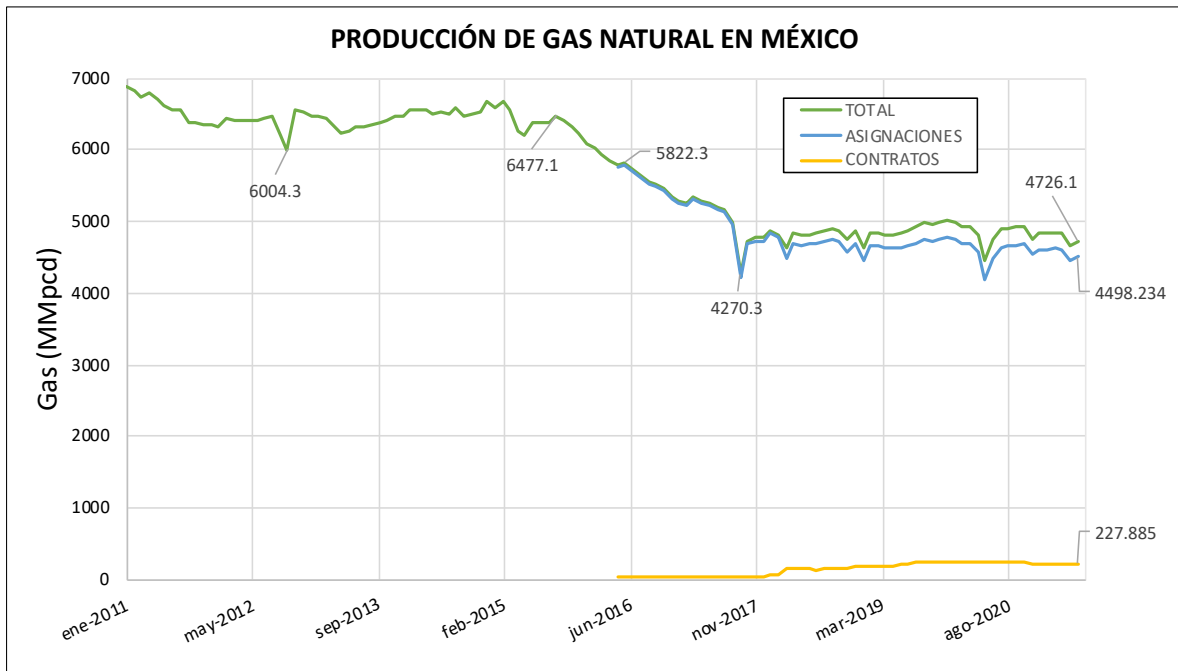
Los campos marinos son los que aportan la mayor producción de gas natural. Comisión Nacional de Hidrocarburos. (junio de 2021). *Producción Nacional de hidrocarburos*. CNH. https://www.hidrocarburos.gob.mx/media/4453/01_produccion_nacional_hidrocarburos_2021_06-1.pdf.

Derivado de la Reforma Energética a la Constitución en el año 2013, a partir de mayo del 2016, un total de 40 contratos fueron otorgados a particulares, de los cuales sólo 32 aportaron un volumen de producción de gas natural de 210.46 MMpc en julio de 2021 y únicamente 24 de ellos llegaron a un volumen total de 62.043 millones de pies cúbicos diarios, de los cuales los campos en aguas someras produjeron 24.325 MMpcd, y los terrestres los restantes 37.718 MMpcd.

En la siguiente gráfica podemos observar la producción nacional de gas natural, la cual se compone de la producción por asignaciones que le corresponden a Pemex y por contratos con empresas privadas.

Figura 3.3

Gráfico de la producción nacional de gas natural en México



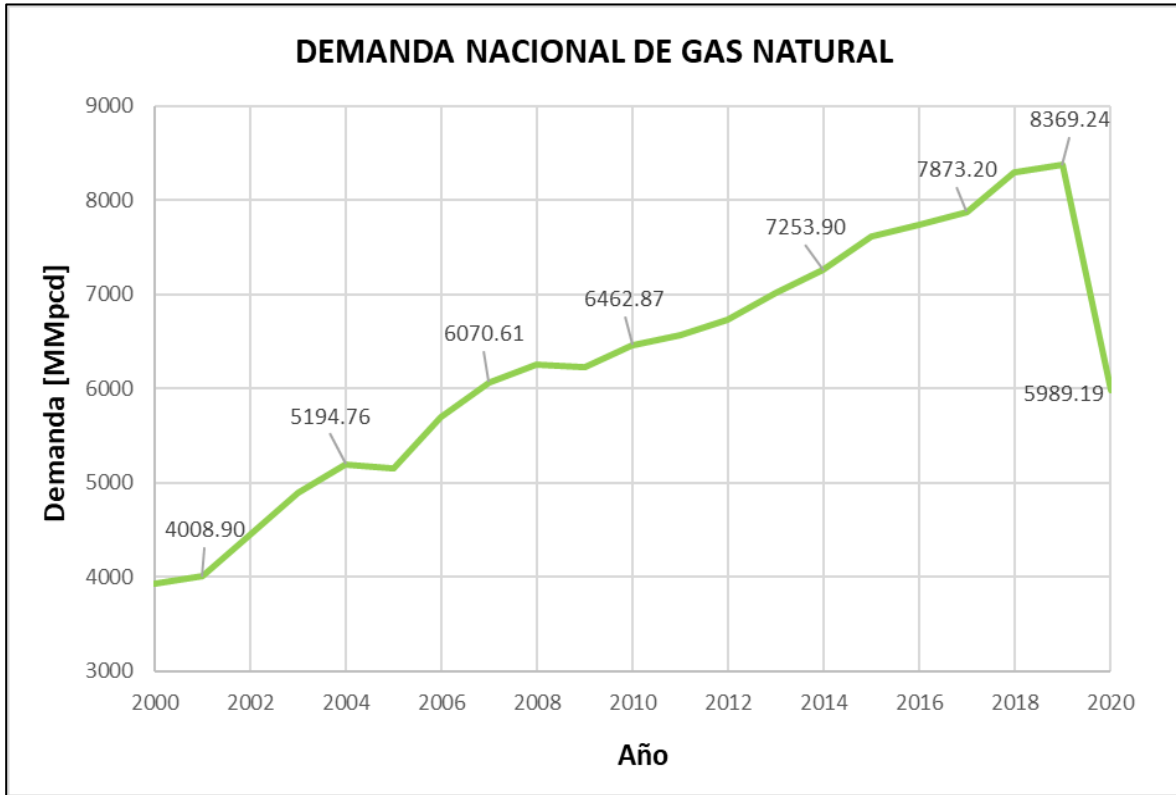
El 95% de la producción está dada por Pemex Exploración & Producción y el otro 5% por otros operadores provenientes de migraciones, asociaciones y rondas. Es importante mencionar que la producción mantiene una tendencia a la baja, Elaboración propia con datos de Comisión Nacional de Hidrocarburos. *Reservas de hidrocarburos*. CNH. <https://produccion.hidrocarburos.gob.mx/>

3.3. Demanda nacional de gas natural

En la última década, la demanda nacional de gas natural ha incrementado 33.28%, debido a su implementación en plantas de ciclo combinado para generación de electricidad. La popularidad de dichas plantas ha crecido debido a las bajas emisiones de CO₂ y a la alta eficiencia que va del 58% al 64% según Naturgy (2021), además el gas natural tiene un menor costo que otros combustibles utilizados en esta industria. De acuerdo con el Plan de Negocios 2021-2025 de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ésta última planea construir seis centrales de ciclo combinado en Baja California; Baja California Sur; Tuxpan; Veracruz y Yucatán, lo cual impulsará aún más la demanda nacional de gas en un futuro próximo.

Figura 3.4

Gráfico de la demanda de gas natural en México



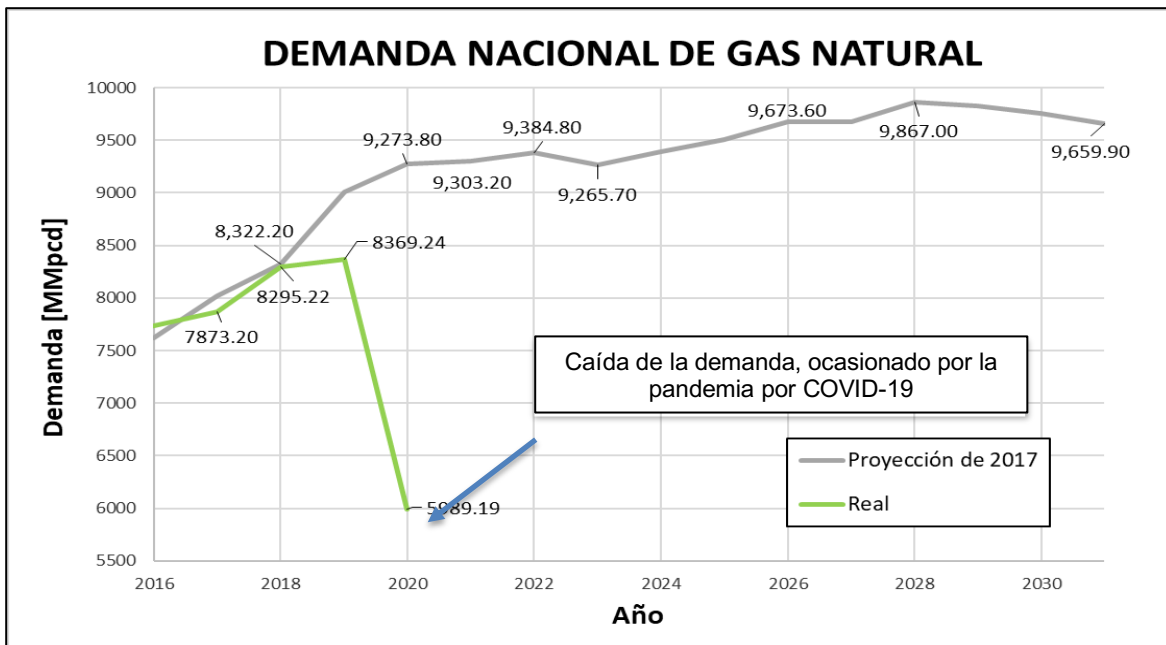
Evolución de la demanda de gas natural en México durante los últimos quince años. Al final de la gráfica se puede notar una caída abrupta de la demanda debido a la pandemia. Elaboración propia con datos de Sener. *Sistema de Información Energética. IMP: Balance de gas natural seco.* Sener. https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveuca=BGNAT_PSP.

En el 2017 la Sener estimó un incremento en la demanda de 26.8% para 2031 con respecto al 2016, la justificación es simple: expansión en la infraestructura de gas, y la llegada de diversas centrales de ciclo combinado. Dichas expansiones están ocurriendo, prueba de ello son las redes de gasoductos, que actualmente siguen en crecimiento como parte del plan quinquenal del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural (SISTRANGAS) del gobierno, así como diversos proyectos de la industria privada como el Citygate en Mexicali por parte de GENSA; la planta de regasificación en Pichilingüe y la terminal de almacenamiento en Guaymas, Sonora.

A continuación, se muestra una gráfica con la proyección de demanda hecha por Sener (2017), junto a la demanda real hasta el 2020. Si bien, la proyección parece ser un tanto optimista, podemos apreciar que el comportamiento de las curvas es similar, y la demanda de este combustible incrementa cada vez más. En los primeros años de la gráfica se observa un comportamiento similar en ambas curvas, sin embargo, a partir del 2018 toman distintos comportamientos, ya que la demanda real es menor, esto debido que algunos de los proyectos contemplados en la proyección no han sido concluidos, como es el caso de la central de Pemex Cogeneración en Cadereyta, posteriormente la fuerte caída de 2020 es ocasionada por la pandemia por Covid-19.

Figura 3.5

Gráfico de la demanda real de gas natural y la proyección de la demanda de la Sener en 2017



Se puede apreciar que el comportamiento inicial de la demanda real y la proyección del 2017 siguen una tendencia similar, sin embargo, debido a las dificultades en la construcción de nueva infraestructura de gas natural, este comportamiento de ambas curvas sufre un desfase del 2018 al 2019, posteriormente, la demanda real cayó en 2020 debido a la pandemia por COVID-19. Elaboración propia con datos de Sener. (2017). *Prospectiva de Gas Natural 2017-2031*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/325639/Prospectiva_de_Gas_Natural_2017-2031.pdf.

3.4. Evolución de los precios

El gas natural es el combustible más económico comparado contra otros combustibles de uso industrial y para generación eléctrica. El incremento en las reservas y producción de gas natural en Estados Unidos gracias a la explotación de sus yacimientos no convencionales ha impactado de manera significativa los precios de la molécula en la región de Norteamérica, ya que, según la EIA (2020) estos se han reducido en un 70% desde el 2008 a la fecha.

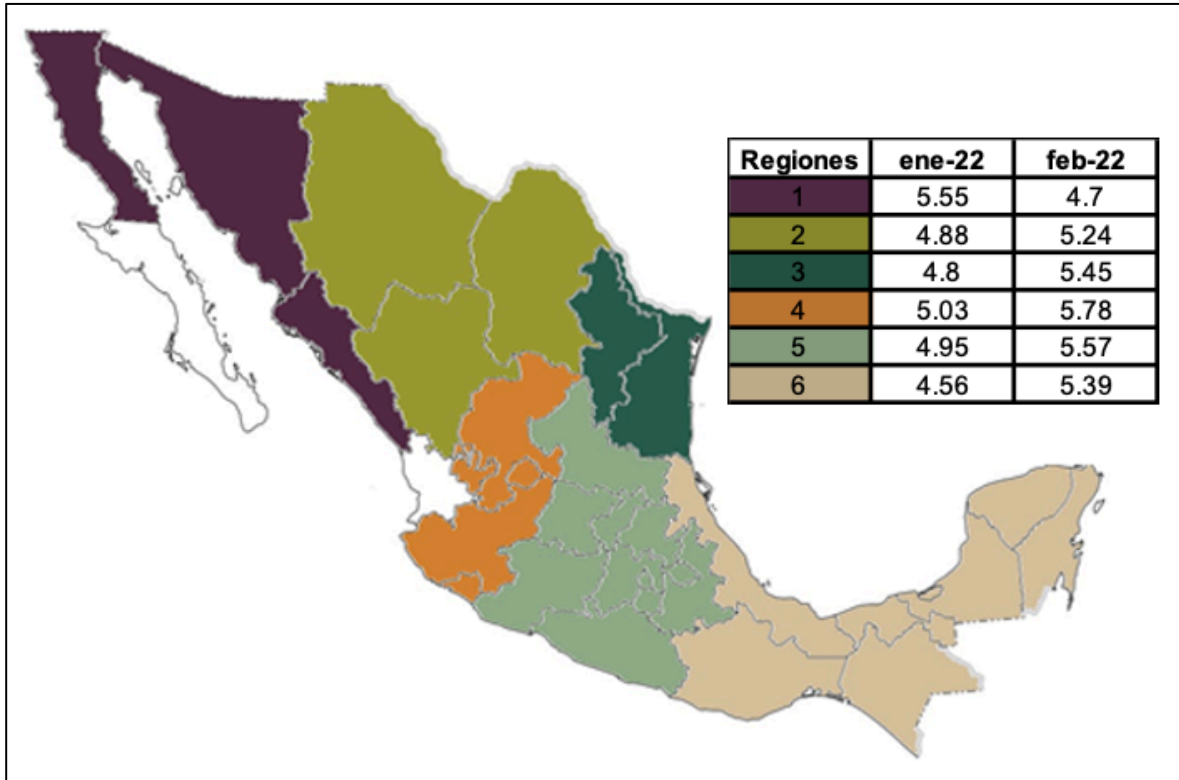
En nuestro país se tiene un Índice de Referencia de Precios de Gas Natural (IPGR) que es el reflejo del volumen de operaciones de compraventa efectuadas en el mercado de gas natural y que son reportadas a la Comisión Reguladora de Energía (CRE) por los comercializadores.

Para la publicación de los IPGR, la CRE (2018) dividió al país en seis regiones que fueron identificadas a partir de los siguientes elementos: los patrones de oferta, las características de la infraestructura del mercado de gas natural, las zonas tarifarias, los flujos del Sistrangas, los proyectos actuales de interconexión y de transporte, así como los precios y volúmenes de comercialización en cada entidad federativa.

El objetivo de los IPGR es informar a los participantes del mercado para la toma de decisiones respecto a la compra del gas y para identificar oportunidades de inversión en el desarrollo de infraestructura de transporte y distribución.

Figura 3.6

Mapa de la República Mexicana dividida en las regiones del índice de referencia de precios del gas natural en enero y febrero de 2022 (USD/MMBTU)



Precios del gas natural en cada región de México en enero y febrero del 2022. Adaptado de Sener (2022). *Prontuario estadístico marzo de 2022.* Sener https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/720009/202203_Final__accesibilidad__.pdf

En la actualidad el precio del gas natural que México importa desde Estados Unidos se mantiene relativamente bajo y es poco variable, sin embargo, en febrero del 2021 se vivió un acontecimiento que disparó el precio promedio de 3.39 USD/MMBTU en enero a 21.37 USD/MMBTU en febrero. Este suceso se debió a las bajas temperaturas en Texas en donde se registró hasta -12° C, lo cual provocó que diversos gasoductos de transporte se congelaran, esto derivó en una suspensión en el suministro de gas, del cual México depende en un 94% (CNH, 2019) que, sumado a la falta de almacenamiento en el país, se vio reflejado en apagones de energía eléctrica, afectando principalmente al norte de México.

En el siguiente mapa se observan los estados que se vieron afectados en Estados Unidos.

Figura 3.7

Mapa con los estados afectados por apagones en Estados Unidos



En este gráfico se presenta el número de usuarios afectados por estado, en donde se registró que aproximadamente cinco millones no tuvieron energía eléctrica en al menos cinco estados. En Texas son cuatro millones 325 mil 098; en Oregon son 223 mil 057; en Oklahoma, 202 mil 272; en Louisiana, 155 mil 734; y en Kentucky 149 mil 633. Adaptado de PowerOutage.US. (16/02/21). *Power outages across the United States*. PowerOutage. <https://poweroutage.us/>.

Tras la interrupción en el suministro de gas natural, cuatro estados en México fueron afectados por apagones eléctricos: Nuevo León; Chihuahua; Tamaulipas y Coahuila, mientras que otros estados fueron afectados con cortes de 15 a 30 minutos programados por la CFE y el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), con el fin de estabilizar el sistema eléctrico nacional.

Figura 3.8

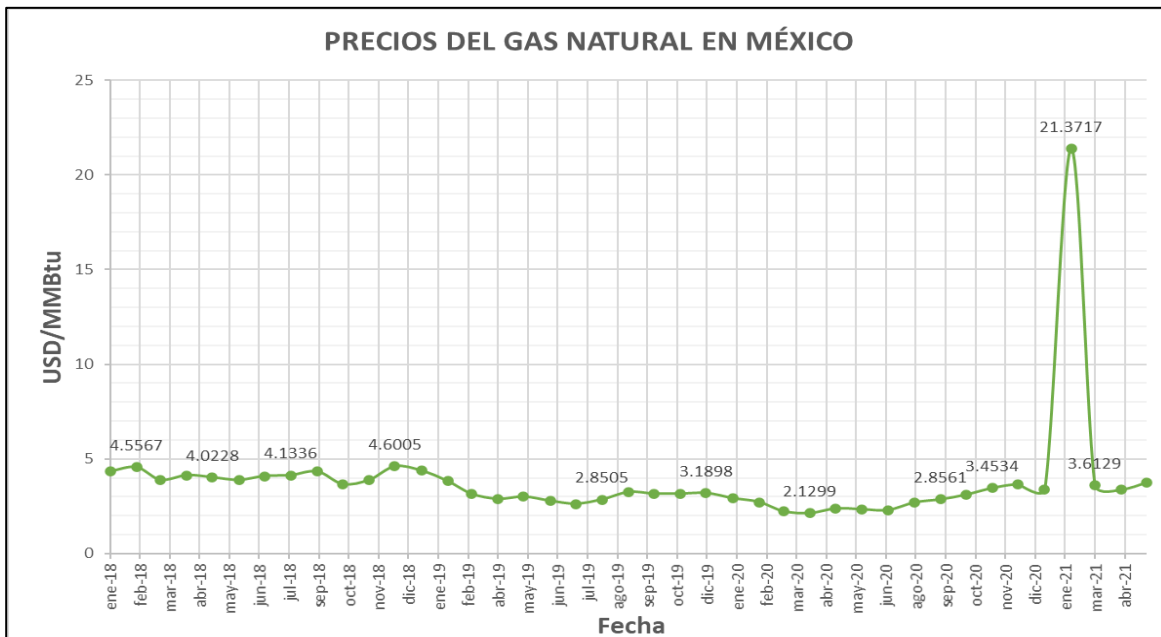
Mapa con los estados afectados por apagones en México



En este gráfico se señalan los estados afectados por apagones y por cortes de electricidad programados por CFE y CENACE. Adaptado de Gobierno de México. (2021). *¿Qué provocó el apagón en el nore del país?*. Facebook. <https://www.facebook.com/gobmexico/photos/qu%C3%A9-ocasion%C3%B3-el-apag%C3%B3n-en-el-norte-del-pa%C3%ADs-y-cu%C3%A1l-es-la-situaci%C3%B3n-actualconoce-/864283430836014/>.

Figura 3.9

Gráfico de los precios promedio del gas natural en México.



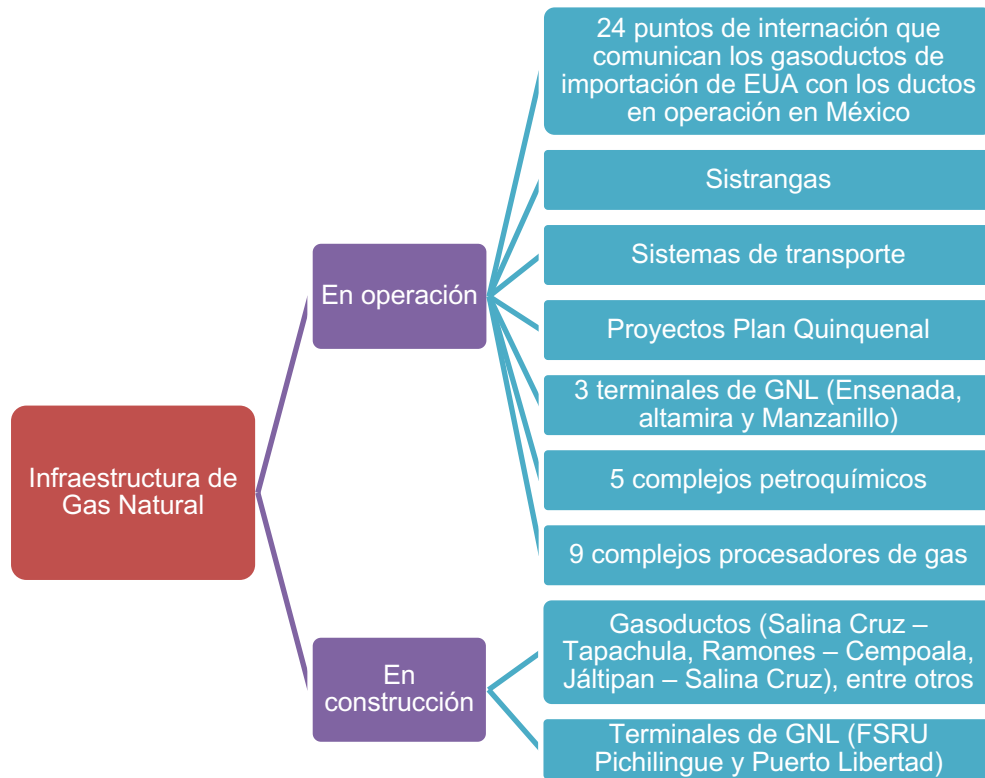
Evolución de los precios promedio de Gas Natural en México. Se puede apreciar que en febrero de 2021 el precio del gas se registraba en 21.37 (USD/MMBTU) debido al congelamiento de los gasoductos en Texas lo que provocó una oferta limitada de gas ante una demanda creciente por las bajas temperaturas en la región. Elaboración propia con datos de la Comisión Reguladora de Energía. (2021). *Índices de Referencia de Precios de Gas Natural*. <https://www.cre.gob.mx/IPGN/>.

3.5. Infraestructura de gas natural

México cuenta con varios proyectos de infraestructura existentes, en construcción y proyectados que han permitido aprovechar el gas natural a lo largo de toda su cadena de valor. Según la Sener (2018), entre diciembre de 2012 y julio de 2018 se concluyeron 17 gasoductos, incorporando 4 mil 639 kilómetros a la red nacional. Para diciembre de 2019, se encontraban en operación 35 sistemas de transporte de gas natural en el país, con una longitud aproximada de 17,100 km y una cobertura de 26 estados.

Figura 3.10

Resumen de la infraestructura de gas natural en el país



Se continúan desarrollando nuevos proyectos tanto del gobierno como de la iniciativa privada con el fin de poder satisfacer el incremento de la demanda de gas.

Figura 3.11

Mapa de los gasoductos en México

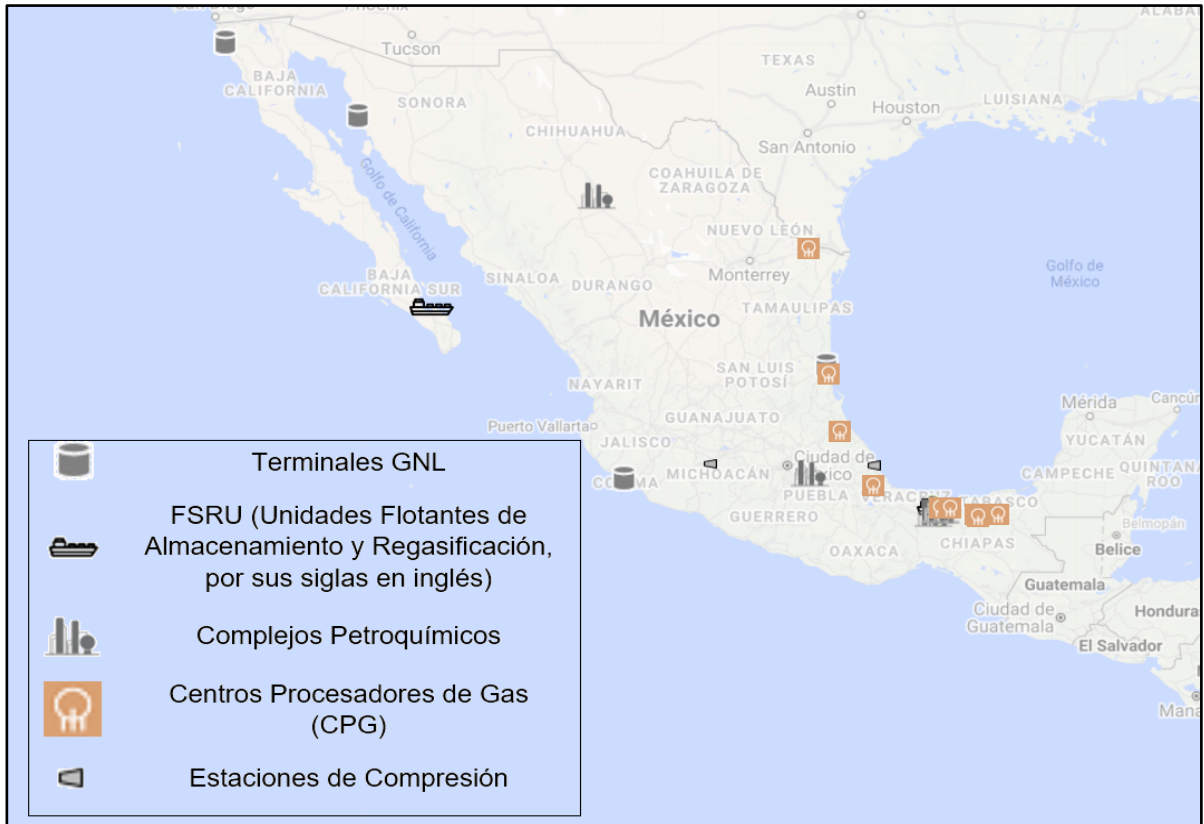


Siguen existiendo áreas del país que no cuentan con un desarrollo de infraestructura que permita la penetración del gas natural en la región, por lo que resulta atractivo desarrollar dichas zonas en conveniencia de un aumento del mercado de gas natural en el país. Adaptado de Sener. (2021). *Infraestructura de Gas Natural*. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1uLUYxcpPsDe3VtKzPpsSMYzVk6M&ll=22.76069466894967%2C-107.18320408979127&z=7>.

Las redes de transporte tienen el trabajo de conducir el gas natural desde su punto de origen hasta los puntos de consumo, como los city gates que conectan con sistemas de distribución o grandes usuarios como es el caso del sector eléctrico.

Figura 3.12

Mapa de la infraestructura de gas natural en México



Adaptado de Sener. (2021). *Infraestructura de Gas Natural*. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1uLUYxcpPsDe3VtKzPpsSMYzVvk6M&ll=22.76069466894967%2C-107.18320408979127&z=7>.

Con el objetivo de garantizar la continuidad y seguridad del suministro de gas natural en el territorio nacional, en el artículo 66 de la *Ley de Hidrocarburos* se establece que el Centro Nacional de Control del Gas Natural (CENAGAS) es el gestor y administrador independiente del Sistrangas el cual tiene una longitud total de 10,336 kilómetros y se compone por 7 sistemas de transporte de gas natural interconectados entre sí e integrados para efectos tarifarios, Sener (2019).

De acuerdo con la Cuarta Revisión del Plan Quinquenal (2019), la construcción de los proyectos incluidos en el Plan Quinquenal de Expansión del SISTRANGAS 2020 - 2024 aprobado por la Sener, implican una expansión del sistema en 355 kilómetros de nuevos gasoductos con una inversión total estimada de 1,357 millones de dólares. Entre los proyectos destacan la construcción del gasoducto Jáltipan-Salina Cruz, que abarcaría el Istmo de Tehuantepec, donde el Gobierno apunta a desarrollar una terminal de exportación de gas natural licuado. También proyectan la construcción del gasoducto Prosperidad que pasará por Oaxaca y Chiapas. Así como un proyecto de almacenamiento subterráneo de gas natural en cavernas de sal para servir a las zonas central y sur del país con una capacidad de 6 mil millones de pies cúbicos diarios.

Es fundamental lograr una mayor apertura del mercado de gas natural para aumentar las inversiones en la infraestructura existente con el objetivo de poder satisfacer la demanda creciente en nuestro país y de esta manera establecer competencia en el mercado que impacte de manera positiva en los precios para el consumidor. Sin embargo, uno de los grandes retos para el continuo desarrollo del mercado es la especulación que se tiene sobre el mercado, pues lo anterior impide que las empresas cumplan con sus obligaciones estipuladas en sus permisos, en este caso, en materia de gas natural.

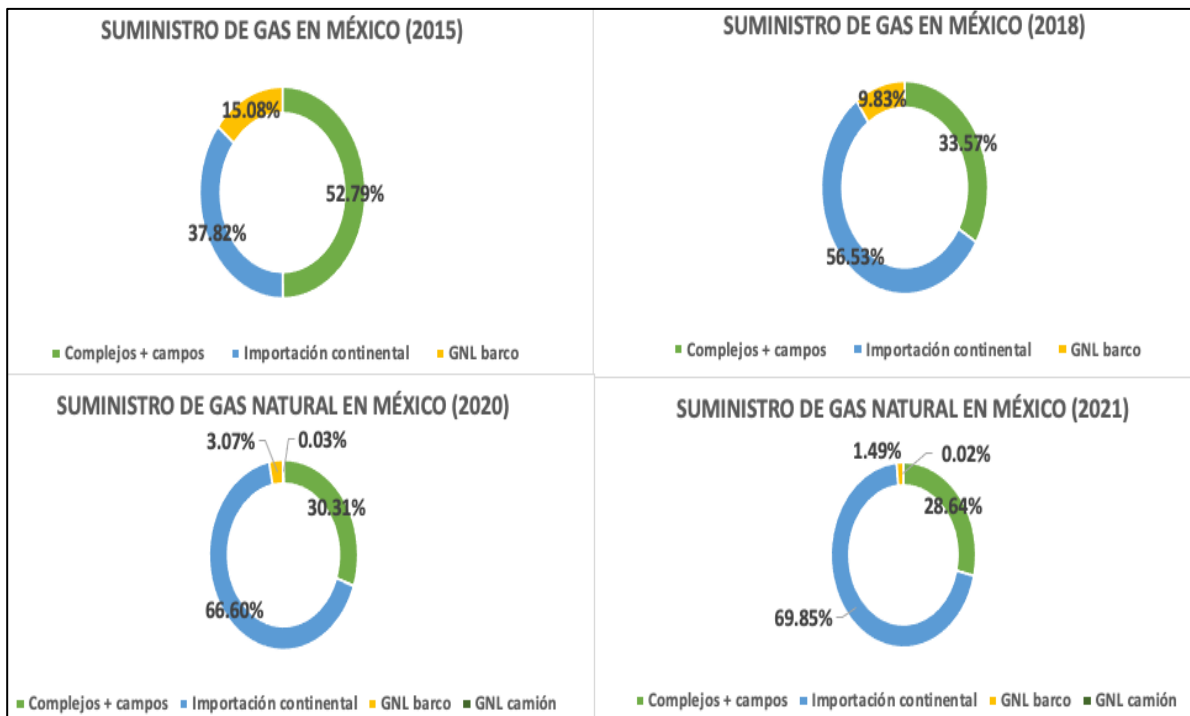
3.6. Suministro

En la actualidad, la disponibilidad de gas natural en México depende de dos fuentes de suministro, la importación, que a su vez se puede dividir por la forma de transporte en que es ingresado al territorio; y la producción nacional.

La producción mencionada en el subtema 3.2 de este capítulo representa tan sólo el 29.99% del suministro en el país, mientras que el resto proviene de importaciones, principalmente de Estados Unidos tal y como se muestra en la gráfica siguiente:

Figura 3.13

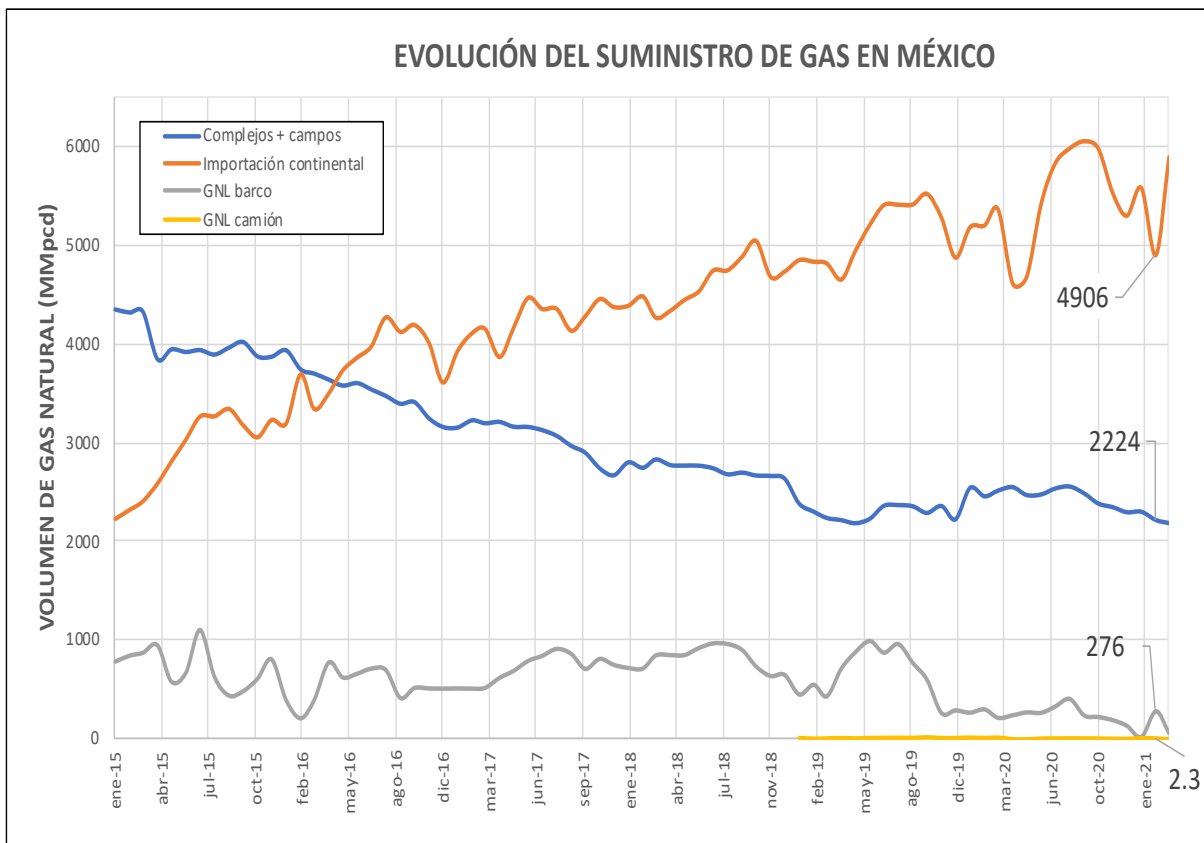
Suministro de gas natural en México



Se puede apreciar que la participación de la producción nacional en el suministro se redujo aproximadamente a la mitad en el periodo de 2015 a 2021, pues su participación pasó del 52.79% a 28.64% respectivamente. Elaboración propia con datos de de Sener (2021). *Prontuario estadístico mayo de 2021*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/646429/Prontuario_mayo__2021__accesibilidad_DGGNP.pdf

Figura 3.14

Evolución del suministro de gas natural en México



Por un lado se aprecia la disminución del suministro de gas natural por medio de la producción nacional, por el otro, se aprecia el incremento por importación continental desde el 2015 hasta la fecha. Elaboración propia con datos de Sener (2021). *Prontuario estadístico mayo de 2021*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/646429/Prontuario_mayo_2021_accesibilidad_DGGNP.pdf

3.6.1. Importación

En el apartado anterior se dio a conocer el suministro de gas natural en México, el cual en su mayoría proviene de importaciones provenientes de Estados Unidos, principalmente por ducto. Según la CNH (2019), el consumo de gas natural seco depende en un 78% de importaciones, del cual el 94% provienen de EUA.

Según la empresa Fermaca (2021), el gas natural que importa México desde Estados Unidos, se obtiene principalmente de las cuencas de Waha en Texas y la cuenca del Pérmico (ubicada entre Texas y Nuevo México), los cuales son

yacimientos de gas natural que cuentan con la suficiente liquidez para abastecer la demanda de gas natural al menos durante los siguientes 20 años.

Según la Sener (2021), entre enero y septiembre del año pasado, se importaron 5,479 millones de pies cúbicos al día, cuando en 2010 la cifra era de 1,459 millones de pies cúbicos diarios. Además, menciona que en 2019 México importó gas de Estados Unidos por un valor de 6,125 millones de dólares, por lo que México se volvió a colocar como el mayor importador de este producto desde Estados Unidos, con una participación de 20.1% y desplazando así a Japón.

Según la Balanza Petrolera del Banco de México (2021), durante el primer semestre de 2021 se importó un volumen de 5 mil 905 millones de pcd, cifra que equivale al 75% de la demanda nacional y se traduce en egresos por importaciones de gas natural que ascendieron a 6 mil 402 millones de dólares. Con la infraestructura reciente y próxima a completarse permitirá que las importaciones de gas natural a México desde Estados Unidos crezcan en un 10% estimado durante el período 2020-2024, con lo que las importaciones cubrirán un 85% de la demanda total de gas natural.

3.6.2. Gasoductos

En Estados Unidos la exportación de gas natural por gasoducto, principalmente a México, ha mantenido una tendencia creciente. A medida que la producción de gas natural en Estados Unidos aumentó y los precios cayeron, el consumo de gas natural en ese país subió. Sin embargo, el alza de su consumo no mantuvo el ritmo de su producción, por lo que las empresas recurrieron a mayores exportaciones de gas natural por gasoductos a México.

En México se han aumentado las compras de la molécula al país vecino por lo que se han desarrollado proyectos para crecer su infraestructura de gasoductos y así

aprovechar este auge que experimentó Estados Unidos al introducir las técnicas de fracturación hidráulica y de perforación horizontal, que le permitieron acceder a sus reservas no convencionales.

EUA exporta gas natural a México a través de 28 gasoductos que conectan con 24 puntos de internación, de los cuales, los cinco gasoductos más importantes en cuanto a su capacidad se enlistan en la siguiente tabla.

Tabla 3.3

Gasoductos de internación más importantes en México

Gasoducto de Internación	Capacidad operativa [mmpcd]
Net Mexico Pipeline	2,100
Kinder Morgan Texas Pipeline	640
El Paso Natural Gas Pipeline	450
Kinder Morgan Border	300
Tennessee Gas Pipeline	280

El gasoducto Net Mexico Pipeline recorre el estado de Texas desde Agua Dulce hub a Río Grande city. *Plan Quinquenal de Expansión del SISTRANGAS 2020-2024 (2020)*
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/591600/2PQ_SISTRANGAS_2020_2024__05-11-2020_.pdf

A continuación, se muestra un mapa con los puntos de internación que hay en México.

Figura 3.15

Mapa de los puntos de internación en la frontera México – Estados Unidos



Se puede notar un mayor número de puntos en el estado de Texas. Adaptado de Sener. (2021). *Infraestructura de Gas Natural*. Sener. <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1uLUYxcpPsDe3VtKzPpsSMYzVk6M&ll=22.76069466894967%2C-107.18320408979127&z=7>.

Debido al aumento en el consumo industrial y a la reconversión de plantas de generación de energía eléctrica de combustóleo a gas natural, se han desarrollado grandes proyectos que permitan incrementar la capacidad de importación de gas natural a México, tal es el caso del gasoducto Sur de Texas - Tuxpan que entró en operación en septiembre de 2019. Consistió en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de un gasoducto con capacidad de 2,600 millones de pies cúbicos diarios con una longitud de 772 kilómetros y 42 pulgadas de diámetro. El gasoducto se interconecta con el de Nueces-Brownsville y el Tuxpan-Tula. Este sistema abastecerá de gas natural a las nuevas centrales de generación ubicadas en los estados de Tamaulipas y Veracruz.

A continuación, se presenta un gráfico del gas exportado por parte de Estados Unidos a México a través de gasoductos:

Figura 3.16

Importaciones mensuales de gas natural por ducto provenientes de Estados Unidos

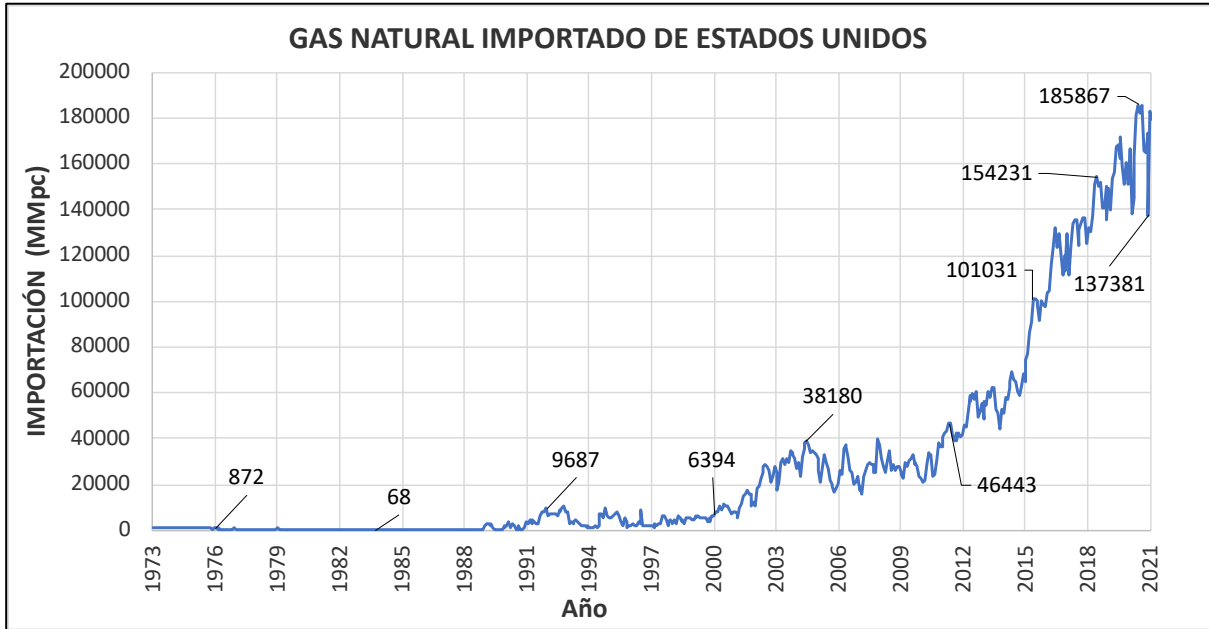


Gráfico que muestra las importaciones anuales de gas natural de EUA a México a través gasoductos desde enero de 1973 hasta abril de 2021. Elaboración propia con datos de Energy Information Administration. (2021). *U.S. Natural Gas Pipeline Exports to Mexico*. EIA. <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/n9132mx2m.htm>.

3.6.3. Gas Natural Licuado

El desarrollo del GNL es estratégico para México pues implica diversificar las importaciones; equilibrar el comercio energético fronterizo; proveer una póliza de seguros al sector eléctrico; contribuir al balance oferta/demanda; generar competencia de precios; nuevos mercados y proyectos, todo lo anterior sin perder en cuenta la relación comercial con Estados Unidos.

Las diferencias en el precio del GNL en los distintos mercados del mundo hacen viable el transporte a grandes distancias. Una de las grandes ventajas del GNL es que no vincula puntos de consumo con orígenes de la producción del de gas, por lo que facilita en gran medida la diversificación del suministro y aumenta la

competencia en el mercado. A continuación, se enlistan algunos puntos importantes con respecto al GNL:

- El GNL en estado líquido permite un menor tiempo de carga, así como la reducción de los sistemas de almacenaje.
- El gas natural es procesado para ser transportado en forma líquida, por lo que se enfría a $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Mayor capacidad de almacenamiento en menor espacio: el volumen ocupado es 1/600 veces en estado líquido.
- La regasificación se realiza a temperatura ambiente a través de un vaporizador.
- Se transporta en buquetanques
- Es una gran alternativa para suministrar combustible y energía a zonas remotas donde no hay gasoductos.

La diversificación de importaciones de GNL es un as bajo la manga en materia de seguridad energética, pues garantiza el abasto en la demanda interna, y para esto se requiere infraestructura de regasificación. En la actualidad existen tres terminales de GNL y regasificación: dos en el Pacífico (Ensenada y Manzanillo) y otra en el Golfo de México (Altamira). La de Ensenada se encuentra interconectada al Gasoducto Rosarito; la de Manzanillo se interconecta al Gasoducto Energía Occidente de México, el cual a su vez se interconecta con el Sistrangas en Jalisco. La de Altamira se interconecta directamente al Sistrangas. Además, existen otros dos proyectos que se encuentran en construcción: Puerto Libertad y FSRU Pichilingue.

A continuación, se presenta una tabla con la capacidad de almacenamiento y regasificación de las tres terminales operando:

Tabla 3.4*Terminales de GNL y de almacenamiento de gas natural*

Capacidad	Altamira, Tamaulipas	Energía Costa Azul Ensenada, Baja California	Terminal KMS Manzanillo, Colima
GNL Almacenado (MMpc)	10.59	11.30	10.59
Regasificación (MMpcd)	670 - 1119	1000 - 1300	500

La terminal de Ensenada cuenta con la mayor capacidad tanto de GNL almacenado como en regasificación. Adaptado de Sener. (2016). *Prospectiva de Gas Natural 2026 – 2030*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva_de_Gas_Natural_2016-2030.pdf.

3.7. Comercialización

La comercialización es una actividad transversal a lo largo de la cadena de valor del gas natural que suma valor a través de aportar eficiencia en la compraventa de este hidrocarburo y en la contratación de los servicios de transporte, almacenamiento o distribución requeridos para entregar el gas a los usuarios que así lo requieran. El contrato de comercialización especifica el alcance de los servicios contratados. La comercialización no implica la propiedad de la infraestructura y, en principio, debe ser realizada por entidades legalmente distintas a las titulares de los permisos de infraestructura, con el fin de evitar conflictos de interés, subsidios cruzados y cualquier comportamiento estratégico que tenga por objeto desplazar indebidamente a competidores en la actividad.

En este mismo sentido, la propiedad cruzada entre la comercialización y el transporte por ducto y el almacenamiento requiere de la autorización por parte de la CRE con previa opinión favorable de la Comisión Federal de Competencia Económica (COFECE).

3.8. Almacenamiento

La falta de almacenamiento de gas natural ha sido una deficiencia de infraestructura en nuestro país. La experiencia internacional confirma la necesidad de contar con un buen almacenamiento para tener un sistema de suministro más robusto y flexible.

La Sener publicó la *Política Pública en materia de Almacenamiento de Gas Natural*, en la cual una de sus objetivos principales es lograr que el Cenagas constituya para el año 2026 un inventario estratégico con un mínimo de 5 días de demanda proyectada al 2029, equivalente aproximadamente a 45 mil MMpc. Este inventario estratégico permitirá al país contar con reservas para suministrarlas en caso de que una emergencia que interrumpa el suministro. De igual forma se pretende obligar al Cenagas de contar con inventarios operativos para contar con un mecanismo que permita mantener la continuidad en el suministro debido a desbalances en el sistema.

La integración de almacenamientos subterráneos de México al Sistrangas brindaría la oportunidad de la realización e integración de proyectos de almacenamiento de gran escala interconectados al sistema, tanto subterráneo como superficial, que complemente la infraestructura de almacenamiento de GNL y mejore su operación. De esta manera, uno de los proyectos del Plan Quinquenal 2020 - 2024 pretende desarrollar almacenamiento en cavernas salinas, el cual traerá beneficios como incrementar la seguridad energética del país, garantizando la continuidad de suministro de este combustible ante posibles eventualidades, como incidentes graves en la infraestructura de transporte o de procesamiento además de disminuir el riesgo de desbalances en el sistema de transporte.

Figura 3.17

Ubicación del proyecto de Almacenamiento en cavernas salinas



La ubicación de este proyecto es conveniente para apoyar al Sistema ante un evento de interrupción por alguna falla de los CPG del sureste (Cactus, Nuevo PEMEX y La Venta). Tomado de Sener. (2020). *Plan Quinquenal de Expansión del Sistema de Transporte y Almacenamiento Nacional Integrado de Gas Natural 2020-2024*. Sener.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/590407/2PQ_SISTRANGAS_2020_2024__05-11-2020_.pdf

Como se estudió a lo largo de este capítulo, el mercado de gas natural en México crece cada vez más, también cuenta con muchos retos y áreas de oportunidad a lo largo de toda su cadena de valor. Es primordial asegurar el suministro continuo y confiable del recurso para el desarrollo de México.

4. El sector de distribución de gas natural en México

El gas natural se suministra en estratégicos sectores económicos lo cual representa un reto fundamental poder satisfacer la necesidad de consumo de cada uno de ellos. Algunos sectores como lo son el residencial, servicios y transporte se enfrentan al gran desafío de poder tener acceso a este combustible, pues a excepción del sector petrolero que pueden acceder a éste en los puntos de primera mano cercanos a las zonas productoras y al sector eléctrico que en algunos casos puede conectarse directamente de los gasoductos de transporte, los demás sectores se enfrentan a las dificultades de no contar con una infraestructura adecuada para su consumo.

Por lo anterior, este capítulo se enfoca en la distribución del gas natural, que por medio de ductos de distribución de diámetros menores y otros medios representa la forma más viable de llevar el gas, tanto en aspectos de seguridad como de eficiencia.

De acuerdo con la CRE (2021), la distribución de gas natural la actividad de recibir, conducir y entregar gas natural a través de una red de tuberías e instalaciones a usuarios finales. Los permisos de distribución por medio de ductos de gas natural son otorgados por la CRE para una zona geográfica específica considerando las características técnicas y económicas de esta actividad, que permitan una operación rentable y eficiente de la red de distribución, su estructura de costos y los planes de desarrollo urbano aprobados por las autoridades competentes.

El consumo nacional de gas natural en México se ha incrementado de manera constante en los últimos años, no obstante, el incremento en la demanda de los usuarios de bajo consumo no ha aumentado en la misma proporción que los principales consumidores que son el sector eléctrico, industrial y petrolero. Al respecto, el desarrollo de la actividad de distribución cobra especial relevancia, al poner a disposición de los usuarios finales el acceso a este combustible.

En principio es primordial establecer que el transportista verifique que la molécula cumpla la calidad indicada por la NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural. Además, se debe diseñar la mejor trayectoria posible de las tuberías para minimizar el impacto ambiental, así como no afectar a los intereses de la sociedad que, ante desastre natural o antropogénico, tendría el cese de suministro sobre el lugar.

4.1. Marco regulatorio para el gas natural

Dentro de la normatividad del gas natural en México intervienen distintos organismos como se muestra a continuación:

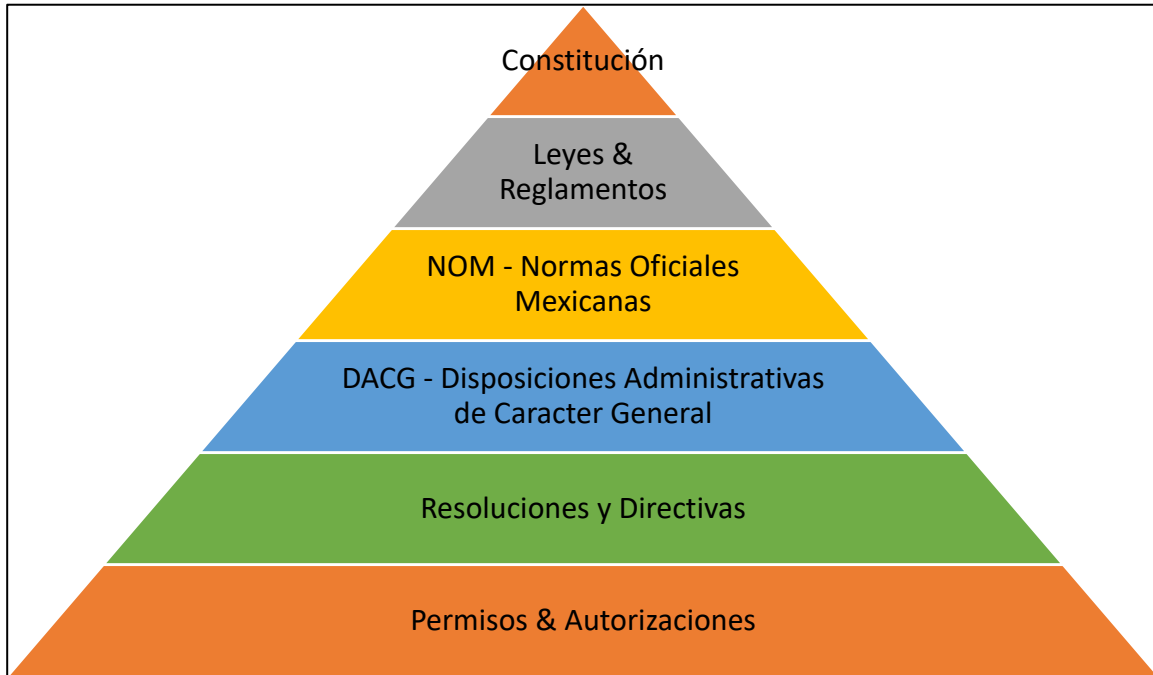
Figura 4.1

Organismos públicos que regulan las actividades del gas natural



Son varias las entidades que participan en la regulación del gas natural en México a través de toda su cadena de valor.

Dentro del marco legal, se sigue una jerarquía como se muestra a continuación:

Figura 4.2*Jerarquía legal*

En diciembre de 2013 se aprobó la Reforma Energética por el Congreso Constituyente, en los artículos 25, 27 y 28. Derivado de la Reforma constitucional, se desprende el nuevo marco regulatorio que se enlista a continuación:

- Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en Materia de Energía.
- Decreto por el que se expide la *Ley de Hidrocarburos* (2014).
- Decreto por el que se expide la *Ley de los Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética* (2014) y la *Ley de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos* (2014).
- Decreto por el que se expide la *Ley de Ingresos sobre Hidrocarburos* (2014) y la *Ley del Fondo Mexicano del Petróleo para la Estabilización y el Desarrollo* (2014).
- Decreto por el que se crea el *Centro Nacional de Control de Energía* (2014).

Tabla 4.1
Normas aplicables al gas natural

Normas Oficiales Mexicanas	
Midstream	Downstream
NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural	NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos
NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural	NOM-010-ASEA-2016, Gas Natural Comprimido (GNC). Requisitos mínimos de seguridad para Terminales de Carga y Terminales de Descarga de Módulos de almacenamiento transportables y Estaciones de Suministro de vehículos automotores
NOM-007-SECRE-2010, Transporte de gas natural	
NOM-013-ASEA-2021, Instalaciones de Almacenamiento y Regasificación de Gas Natural Licuado	

Gobierno de México. (2022). *Disposiciones administrativas de Carácter General y Directivas aplicables al CENAGAS.* Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/cenagas/documentos/disposiciones-administrativas-de-caracter-general>

Tabla 4.2
Directivas, Acuerdos y Resoluciones aplicables al gas natural

Midstream	Downstream
DIR-GAS-001-2007, Determinación de tarifas y el traslado de precios para las actividades reguladas en materia de gas natural	
DIR-GAS-002-1996, Contabilidad para las actividades reguladas en materia de gas natural	
DIR-GAS-005-2003, Resolución por la que se modifica la Directiva sobre seguros para las actividades reguladas en materia de gas natural y gas licuado de petróleo por medio de ductos	
DIR-GAS-006-2006 Información para las Actividades Reguladas en Materia de Gas Natural	
ACUERDO Núm. A/026/2017, Acuerdo de la Comisión Reguladora de Energía que deja sin efectos la metodología para la determinación de los precios máximos de gas natural objeto de venta de primera mano y elimina el precio máximo de gas natural objeto de venta de primera mano para que se determine bajo condiciones de libre mercado.	
RESOLUCIÓN Núm. RES/900/2015, Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las disposiciones administrativas de carácter general en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de transporte por ducto y almacenamiento de gas natural.	DISPOSICIONES administrativas de carácter general que establecen los Lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los Sistemas de Administración de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa y Protección al Medio Ambiente aplicables a las actividades de Expendio al Público de Gas Natural, Distribución y Expendio al Público de Gas Licuado de Petróleo y de Petrolíferos.

AMGN. (2020). *Regulación del gas natural.* Asociación Mexicana del gas natural.
<http://www.amgn.org.mx/regulacion.html>

4.1.1. Formato de solicitud de permisos de distribución de gas natural por ductos

De acuerdo con la CRE, los formatos de solicitud son un requerimiento legal para la solicitud de un permiso de Gas Natural. Estos formatos están diseñados para recabar información financiera, operativa y datos generales del solicitante de un permiso. Las actividades reguladas en materia de gas natural que requieren un Permiso otorgado por la CRE, de conformidad con la Ley de Órganos Reguladores Coordinados en Materia Energética, Ley de Hidrocarburos y el Reglamento de las actividades a que se refiere el Título Tercero de la Ley de Hidrocarburos.

A continuación, se mencionan las principales cuestiones que intervienen en el formato de solicitud para un permiso de distribución de gas natural por ductos:

Tabla 4.3

Actividades relevantes en la solicitud de permisos de distribución de gas natural por ductos

Distribución de gas natural por ductos	
1	Descripción general del proyecto y especificaciones técnicas que contengan adicionalmente lo siguiente (Artículos 50, fracción III y 51 fracción I y II LH)
2	Descripción de las etapas del proyecto
3	La descripción de las condiciones de operación, los sistemas de informática y los mecanismos y equipos que se utilizarán para el acceso abierto a terceros
4	Análisis de la demanda potencial del proyecto
5	Las fuentes de suministro del gas
6	En su caso, los convenios o contratos de distribución establecidos con usuarios específicos
7	En su caso, los efectos del proyecto propuesto sobre los sistemas con los cuales se interconecta
8	Descripción de los instrumentos de medición
9	Evaluación de impacto social (Artículo 121 LH y 44 del Reglamento)
10	Normatividad aplicable
11	Términos y Condiciones Generales para la Prestación del Servicio y Cobertura de Seguros (Artículo 51, fracción VI y VII del Reglamento)
12	Carta de Autorregulación

CRE. (2016). *Actividades permitidas en materia de gas natural, petróleo, líquidos del gas natural, condensados e hidratos de metano sin procesar*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cre/acciones-y-programas/solicitudes-de-permisos-de-gas-natural-51644>

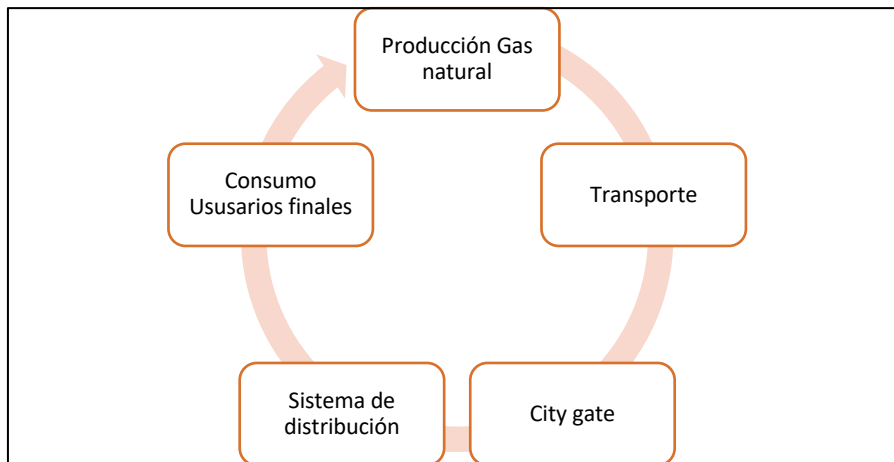
4.2. Proceso de distribución

Normalmente el transporte del gas natural se realiza a través de grandes gasoductos desde las zonas productoras hasta el lugar de consumo. Dentro de estos, el gas circula a altas presiones, entre 500 – 1000 psi. Los conductos están sometidos a controles de presión muy rigurosos para evitar fugas y los peligros de explosión.

Por otro lado, en caso de que no existan las condiciones apropiadas para transportar el gas de forma terrestre, las características físico – químicas del gas permiten su licuefacción, de esta manera el transporte se realiza con buques metaneros, los cuales transportan el gas natural en estado líquido, así el gas ocupa un volumen 600 veces menos que en estado gaseoso haciendo cómodo y seguro el transporte. Al llegar al puerto, el gas líquido se almacena en depósitos enormes, a la espera de regasificarlo y meterlo en la red de transporte cuando la demanda lo exija.

Figura 4.3

Proceso de distribución del gas natural



Como se vio en capítulos anteriores, el acceso que tiene un país al gas puede provenir de la producción de sus campos o centros procesadores de gas, además de la importación principalmente por medio de grandes gasoductos y buques metaneros que transportan el GNL.

En las proximidades a los centros de consumo, los gasoductos de transporte presentan derivaciones o ramales a las redes de distribución, las cuales son un

conjunto de tuberías de menor diámetro y presión de diseño que llevan el gas natural hasta los consumidores finales. Las estaciones de medición y regulación (EMR), situadas en las interconexiones que unen la red de transporte y la red de distribución, adaptan la presión del caudal de gas en los gasoductos de transporte a la presión requerida en la red de distribución.

Las redes de distribución se diseñan en forma de ramal (cada usuario tiene una única línea de suministro) o de forma mallada (la red que suministra al usuario está interconectada en varios puntos con el resto de la red de distribución). El diseño mallado es más costoso, aunque ofrece mayor fiabilidad y garantía de suministro en caso de averías.

Cuando se interconecta el gasoducto de transporte con la red de distribución se maneja una presión inferior a los 250 psi, sin embargo, la presión a la que se entrega el gas natural depende del tipo de cliente, variando desde presiones aproximadas a 0.5 psi (presión a la que funcionan calderas de gas y el resto de aparatos domésticos que funcionan con gas natural en casa), para los consumidores más pequeños como son el sector residencial hasta presiones cercanas a 500 psi en las entregas de las plantas de generación de ciclo combinado y grandes consumidores industriales, que frecuentemente se alimentan directamente desde el sistema de transporte.

Los distribuidores son los titulares de las instalaciones de distribución de gas natural y son los encargados de construir, operar y mantener las redes y de permitir el acceso de terceros como lo son comercializadores y clientes a sus redes a cambio del pago de las tarifas establecidas por la CRE como parte de su permiso.

No obstante, en la mayoría del país no se cuenta con una infraestructura de distribución desarrollada, pues no es lo suficientemente grande para abarcar ciudades enteras, en este caso, los camiones cisterna lo almacenan y lo transportan en estado líquido hacia los consumidores.

4.3. Componentes del sistema de distribución

4.3.1. City gate - Estación de recepción y despacho

Un city gate es el punto donde el gas natural pasa de un sistema de transmisión principal como lo es el gasoducto de transporte también llamado troncal a un sistema de distribución local. El city gate es la primera instalación de un sistema de distribución, es la “puerta de entrada” del gas natural a una ciudad. La función principal es reducir la presión del gas que viene del gasoducto de transporte para adecuarla a la presión del sistema de distribución.

Figura 4.4

City gate comercial



Ilustración de cómo se compone un city gate. Terrence (2016). *City Gate Station and Distribution Station*. Terrence. <http://www.terrence.com.cn/productdetail?id=61&language=en>

Otros elementos asociados a un city gate son:

- Transmisores e indicadores de temperatura: son utilizados para medir la presión y temperatura dentro del city gate, los cuales pueden ser digitales o análogos.
- Válvulas de seguridad: Son utilizadas para protección del sistema de medición y se ajustan a valores cercanos contra la máxima presión típica de operación, para que por encima de este valor la válvula se cierre protegiendo la red urbana.

- Trampas colectoras de líquidos y condensados: Consisten en tanques para recoger los líquidos y condensados que vienen en el gas.
- Computadores de Flujo: Computadores especializados para realizar la corrección de volúmen que será entregado al cliente después de la etapa de medición.

De acuerdo con la Agencia Nacional de Hidrocarburos de Bolivia (2018), las etapas de un city gate son las siguientes:

Etapa de filtración: Tiene por objeto eliminar las partículas de tipo sólido o líquido debido a la presencia de contaminantes que vienen a través de la tubería tales como aceite, corrosión, suciedad y polvo; dichas impurezas provocan un efecto de corrosión en las válvulas, reguladores y sistema de medición.

Etapa de calentamiento: El gas natural contiene cierta cantidad de agua y condensados, los cuales alcanzan su punto de rocío como consecuencia de la fuerte reducción de presión que ocurre dentro de las válvulas reguladoras, asimismo se origina una importante disminución de temperatura, haciendo que estas fases líquidas se congelen dando origen a la formación de hidratos al interior de las tuberías. Por lo anterior, el gas es calentado, lo que evita la condensación ocurrida por el descenso de presión en la etapa de regulación.

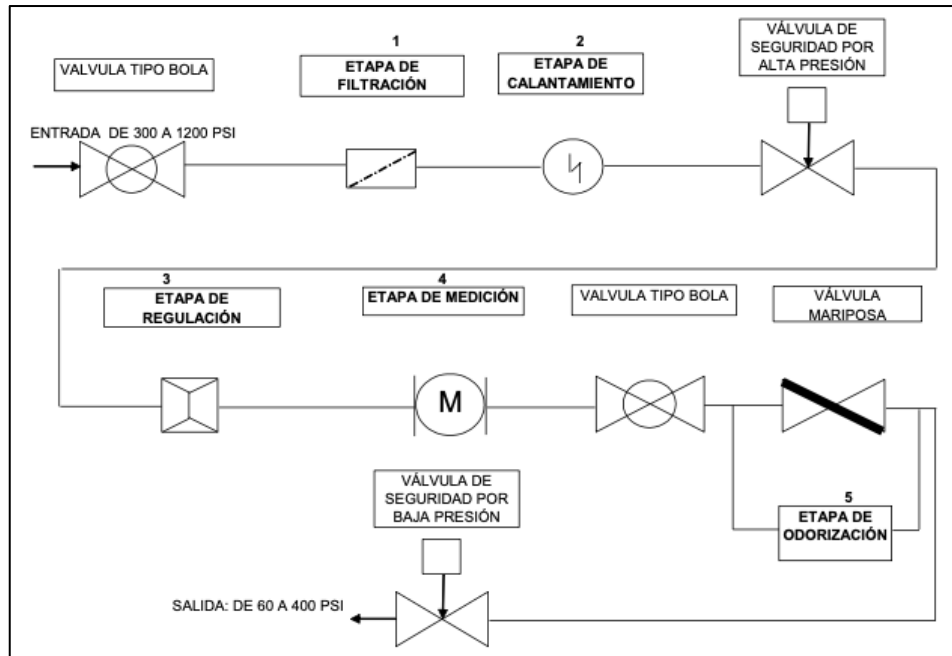
Etapa de regulación: Se reduce la alta presión de línea que está en el gasoducto y que puede oscilar entre 500 – 1000 psi, para reducirla entre 60 – 250 psi, según las condiciones que requiera la empresa local encargada de suministrar y entregar el gas a las residencias o industrias. Esta operación se cumple por medio de válvulas reguladoras de funcionamiento automático.

Etapa de medición: La selección del instrumento de medición se establece en función de aspectos como el consumo de gas, variabilidad del consumo interno y condiciones de presión regulada interna.

Etapa de odorización: Para efectos de seguridad se exige añadirle al gas un odorizante para poder detectar su presencia con facilidad en caso de accidentes y fugas. Se agregan rastros de algunos compuestos orgánicos de azufre, los más empleados son los mercaptanos.

Figura 4.5

Etapas de un city gate



El gas natural llega al city gate a una presión entre 500 – 1000 psi. Una vez que el gas entra a la estación, se hace pasar por un filtro, para retirar las partículas sólidas y la humedad del gas, si es necesario se calienta para evitar la formación de hidratos, seguidamente se baja la presión de operación al nivel contractual deseado que oscila entre 60 – 250 psi, pasa por la etapa de medición, para finalmente odorizarlo y entregarlo al distribuidor. Tomado de Tarqui. *Estaciones de Entrega - City Gate*. <https://es.scribd.com/document/412235307/Estaciones-de-Entrega-City-Gate>

Es importante mencionar que la ubicación de las ERM va en función del análisis del sistema. Y de acuerdo con la presión de entrada y salida, la zona y al tipo de cliente que se vaya a suministrar, las ERM pueden clasificarse como se presenta a continuación:

Estaciones de Regulación y Medición (ERM):

Estaciones que podrán estar alimentadas tanto desde en la Red Principal, la Red de media presión o la Red de baja presión, cuya función es la de filtrar, reducir la presión de entrada a los valores necesarios y medir el gas natural a ser entregado para la operación de la industria. Su configuración dependerá del tipo de cliente.

Estación de regulación y medición para clientes residenciales y comerciales:

Estaciones de regulación de presión a ser instaladas para alimentar los consumos de uno o varios clientes residenciales y comerciales. Estas Estaciones tendrán caudales bajos y presiones reguladas en general no superiores a 5 psi y serán de pequeñas dimensiones.

Estaciones reguladoras de presión (ERP) para el sistema de distribución ERP-MP (presión media) y ERP-BP (presión baja):

Estaciones que estarán ubicadas en el Sistema de Distribución a fin de reducir la presión para alimentar las redes aguas abajo, asegurando niveles de presión que no superen los valores de diseño de estas. Las características de estas Estaciones variarán de acuerdo con los niveles de presión de entrada, presión regulada y caudales a suministrar.

4.3.2. Red de distribución principal

La red de alta presión, cuya MAPO (máxima admisible presión de operación) es generalmente de 700 psi, está constituida por tuberías de acero de diversos diámetros. En esta red se comprende tanto un gasoducto principal de determinado diámetro, así como las derivaciones o ramales de otros diámetros, que alimentan las redes de media presión a través de las ERP - MP y también para grandes clientes industriales conectados directamente a través de las Estaciones de regulación y medida, tales como los clientes iniciales. De acuerdo con la necesidad

de atender a altos consumos o llegar a puntos de consumos relativamente alejados de la red principal, se podrán construir extensiones de la red principal.

4.3.3. Red de distribución secundaria

Las redes de presión media, cuya MAPO opera generalmente a 270 psi, están constituidas por tuberías de acero de diversos diámetros y tendrán por objeto ingresar con el gas natural en zonas más urbanizadas con respecto a donde se ubica la red principal. Tendrán como función principalmente alimentar las ERP-BP de las Redes de baja presión y el suministro a clientes industriales a través de ERM.

4.3.4. Red de distribución terciaria

Las redes de baja presión operan entre 150 y 70 psi para tubería de acero y polietileno respectivamente. Las redes de baja presión en acero, constituidas por tuberías de diversos diámetros, tendrán como objeto principal la distribución en zonas industriales, alimentando los clientes industriales a través de Estaciones de Regulación y Medida. También alimentarán las ERP-BP de las Redes de baja presión en polietileno, estas tendrán como objeto principal la distribución residencial, comercial y pequeña industria, alimentando dichos clientes a través de gabinetes de regulación y medición.

Tabla 4.4

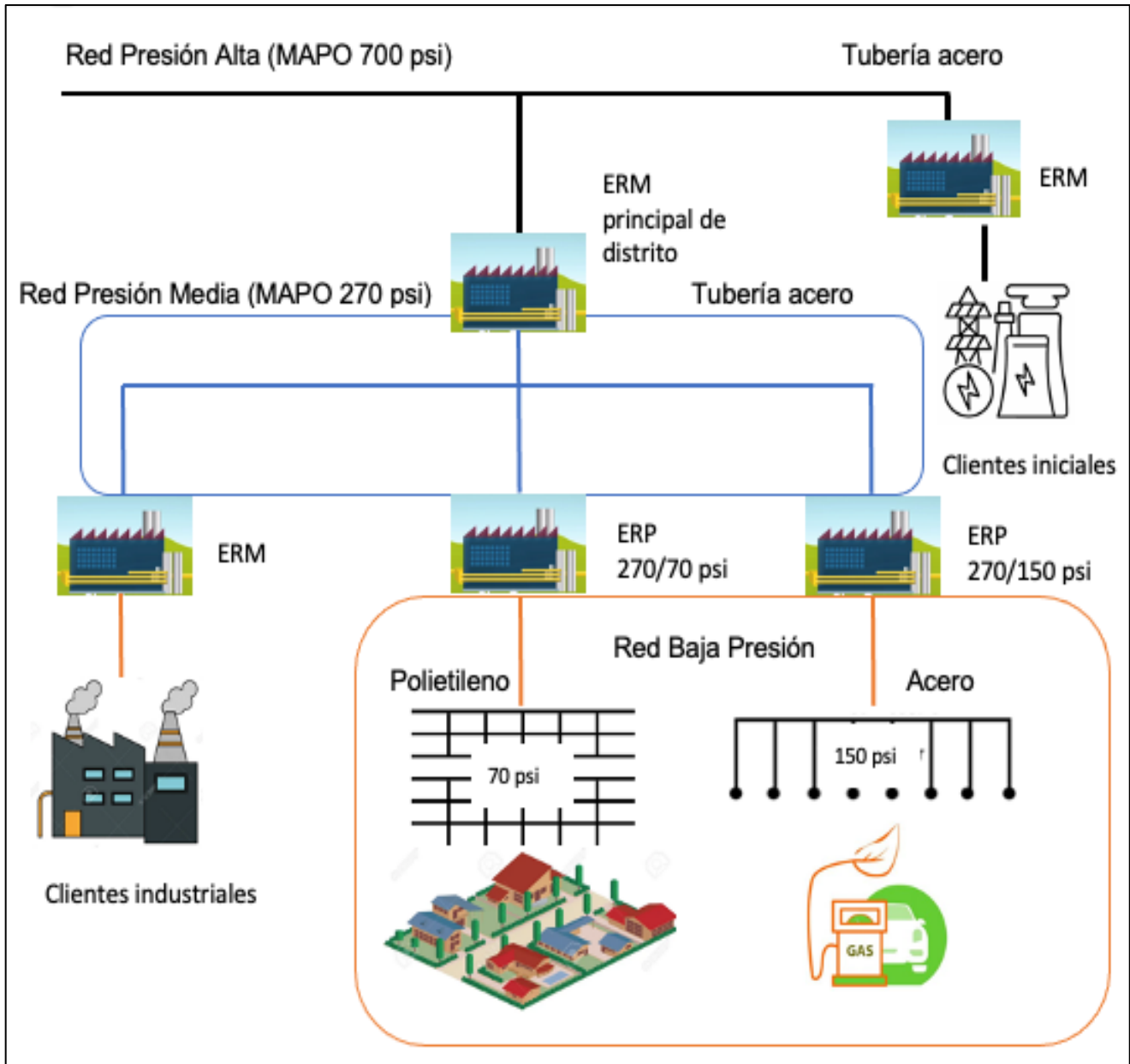
MAPO sistema de distribución

Red	MAPO [psi]	Presión Mínima de Operación [psi]
Principal - Presión Alta	700	400
Secundaria - Presión Media	270	Depende de criterios operativos del concesionario
Terciaria - Presión Baja (acero)	150	Depende de criterios operativos del concesionario
Terciaria - Presión Baja (polietileno)	70	7 - 15

Como se mencionó con anterioridad, una de las funciones principales de las EMR es regular la presión en función de la localización del sistema así como de los distintos tipos de usuarios.

Figura 4.6

Esquema de un sistema de distribución de gas natural por ducto



Las presiones y el tipo de estaciones dependerán de la clase de cliente a suministrar principalmente con base en su consumo. Es importante mencionar que el establecimiento de un sistema de distribución por ducto en una determinada zona depende del apalancamiento con un gran consumidor, de esta manera, las zonas poco industrializadas no pueden acceder fácilmente a este servicio. Modificado de: Gas Natural de Lima y Callao. *Estudio de diseño de redes*. http://www2.osinerg.gob.pe/ProcReg/GasNatural/TarifaDistribucion/pdf%5CProp_tarif_Anexo6.pdf

4.3.5. Sistema SCADA

El sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un elemento de suma importancia a lo largo del proceso de distribución pues permite realizar el monitoreo de las variables de presión, temperatura y flujo volumétrico que se miden en las redes de gas natural, lo que incrementa la eficiencia y seguridad en el transporte y distribución de gas natural, permitiendo una mejor toma de decisiones en los niveles jerárquicos correspondientes, al tener el conocimiento de cualquier situación normal, anormal o de emergencia en el momento oportuno.

El SCADA es un sistema computarizado que adquiere y envía información desde sitios remotos hacia un centro de control. Desde este sistema se supervisa, monitorea, controla y registra la actividad que se realiza en los sub-sistemas de control. También monitorea las interfaces con los controladores directos sobre el proceso, enviando puntos de ajuste y valores calculados. Asimismo, permite operar a control remoto estaciones de medición, de compresión y válvulas de seccionamiento, así como controlar el empaque del sistema de ductos.

El SCADA centralizará la información básica de operación de cada una de las estaciones ligadas al sistema y permitirá operar los instrumentos y equipos asociados en forma rápida y confiable, como un factor fundamental que contribuya a que el sistema de redes opere con mayor productividad y menor costo.

El Sistema SCADA está constituido por los siguientes componentes:

- Instrumentación de Campo
- Estaciones Remotas
- Redes de comunicación
- Estación de Monitoreo Central

Beneficios del Sistema SCADA en los procesos del Gas Natural

- Permitir la lectura de los parámetros de fluidos en tiempo real, que permita consultar el estado de la red en cada punto de control o de medición.
- Llevar un registro en tiempo real de los parámetros de lectura, los cuales sean almacenados en una base de datos para evitar pérdidas de información en caso de falla de los equipos de medición.
- Generar avisos de alarma inmediatos en caso de fallas en el sistema o parámetros fuera de rango (Tanto vía email como por SMS).
- Permitir la lectura de datos a través de cualquier enlace de internet o red celular que garantice la fiabilidad de la información transmitida.
- Brindar control de los actuadores (Válvulas) desde el centro de control de la empresa.
- Poseer una arquitectura abierta en el software, de manera que permita su crecimiento o expansión y la adecuación a necesidades futuras.
- Permitir descargar reportes de medición con detalles por día y hora.
- Permitir monitorear el estado eléctrico de los equipos en las infraestructuras.

4.3.6. Obras de construcción de la red de distribución

Para implementar el servicio de distribución en una ciudad se debe de tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Localización, altura sobre el nivel del mar, precipitación, presión atmosférica, temperatura, extensión territorial.
- Población y estudio de las viviendas.
- Programas de expansión urbana y desarrollo de servicios públicos.

Las empresas de distribución son las responsables de aplicar el tendido de tubería. Antes de iniciar las obras de construcción del sistema, se debe obtener la

información de la localización de otros servicios públicos y anticipar la ruta de las tuberías de gas para evitar la afectación de esos servicios.

Al realizar trabajos de construcción en el sistema de distribución, se deben colocar en todo momento los señalamientos de advertencia sobre la existencia de la zanja y de la tubería de gas. La excavación de la zanja que aloja la tubería principal de distribución, ramales y acometidas, debe cumplir con los requerimientos de profundidad para su instalación, de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 4.5

Profundidad mínima de la tubería al nivel de piso terminado

Ubicación		Excavación normal (cm)	Excavación en roca (cm)
En general			
-Tubería hasta 508 mm (20 pulg) de diámetro		60	45
-Tubería > 508 mm (20 pulg) de diámetro		75	60
En derechos de vía, de carreteras o ferrocarriles		75	60
Cruzamientos de carreteras		120	90
Cruzamientos de ferrocarriles			
-Tubería encamisada		120	120
-Tubería sin encamisar		200	200
Cruces de vías de agua		120	60
Bajo canales de drenaje o irrigación		75	60
Acometidas	Presión de operación ≤ 689 kPa	45	30
	Presión de operación > 689 kPa	60	45

Diario Oficial de la Federación. (2016). *NORMA Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.* ASEA. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5494386&fecha=18/08/2017

4.3.7. Acometidas

El precio de la instalación de gas natural en casa habitación o departamento, depende de cada compañía de gas natural por lo que no hay un costo de instalación fijo. También el costo de instalar gas natural va en función de las características de la vivienda. La contratación del servicio de distribución de gas natural tiene un costo de conexión regulado por la CRE que se puede consultar en internet: www.cre.gob.mx, en la sección Tarifas de Distribución. Sin embargo, se estima que el precio en México oscila entre los \$3,000 pesos aproximadamente.

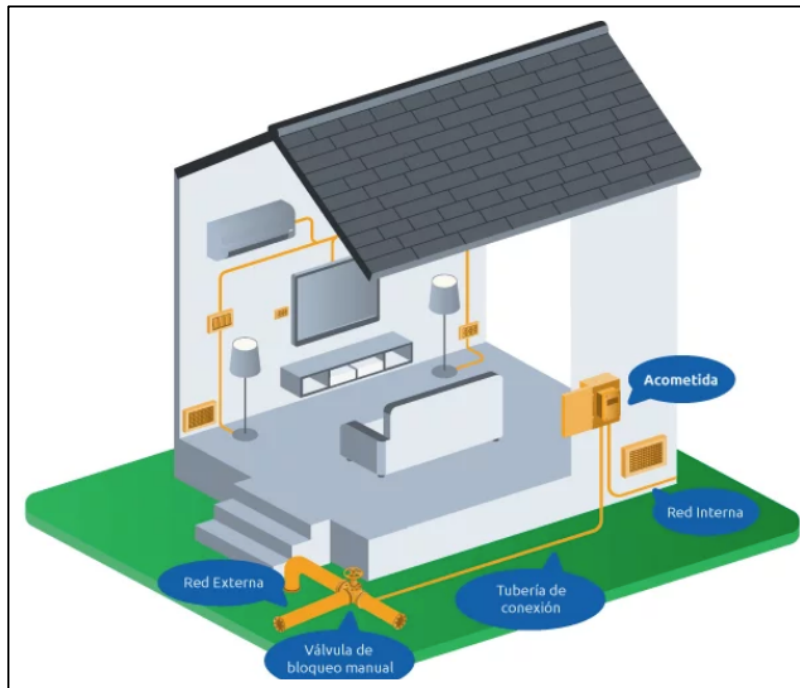
Para que un consumidor pueda disponer de suministro de gas natural, se debe realizar la instalación de la acometida del gas la cual es la canalización necesaria para que un nuevo punto de suministro pueda tener acceso al gas natural y así disfrutar de todas sus ventajas. Esto se consigue mediante una conexión desde la red de distribución terciaria hasta la vivienda o edificio.

Partes de una acometida de gas natural:

- Línea de acometida o tubería de conexión
- Válvula de acometida
- Armario de regulación
- Regulador
- Llave del contador
- Contador

Figura 4.7

Esquema de una acometida



PrecioGas. (2021). *Solicitar acometida de gas natural: precios y derechos*. Selectra. <https://preciogas.com/instalaciones/gas-natural/acometida>

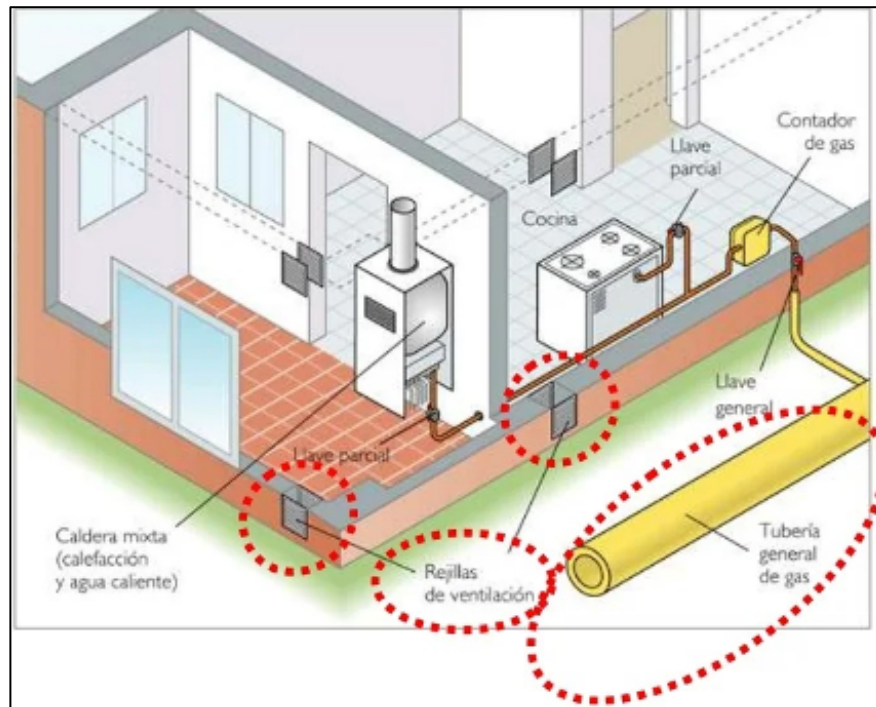
Desde la tubería de la distribuidora, que se encuentra en la calle, se abre una línea de acometida para que el gas natural llegue a la vivienda. Antes de llegar a esta, debe pasar por una válvula que permita el cierre general. Esta válvula se puede encontrar antes de llegar al armario de regulación o estar dentro de este.

4.3.8. Instalación interna

La principal función es conducir el gas hasta los artefactos de consumo. En esta instalación es imprescindible contar con la ventilación adecuada.

Figura 4.8

Esquema de una instalación interna



Gómez, Luis. (2014). *Distribución del gas natural*. Neiva, Colombia. <https://es.slideshare.net/luica1985/distribucion-del-gas-natural>

Para poder instalar gas natural en una vivienda se debe solicitar a la empresa de distribución de la zona que realice los trabajos necesarios para contar con el servicio. Entre las actividades más importantes se describen a continuación:

- Instalar acometida: un tubo de polietileno de 20 milímetros que se conecta a la red de suministro de gas natural. La acometida deberá de cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ASEA-2016.
- Instalar el gas stop: deberá ser instalado dentro de la acometida como mecanismo de seguridad. Tiene la función de impedir el paso del combustible desde la red de distribución de gas natural hasta la casa.
- Instalar válvula de paso: para interrumpir el suministro de gas natural en caso de ser necesario realizar alguna reparación en la instalación de gas natural o haya un problema con la acometida.
- Instalar regulador: su función es la de controlar y mantener la presión del gas natural a un nivel óptimo para ajustarla al nivel requerido por los gasodomésticos como la estufa y el calentador de agua.
- Pruebas de hermeticidad: para verificar que no haya fugas de gas y cerciorarse que la instalación de gas natural continuará de manera segura.
- Instalar medidor: con la función de contar la cantidad de gas natural que pasa a través del medidor y determinar el consumo de gas natural en la vivienda. La medición se hace en metros cúbicos.
- Calibrar gasodomésticos: para ajustar los equipos de gas natural de tu casa que utilicen y asegurar que tengan un buen funcionamiento.

Entre las principales ventajas de instalar gas natural en un hogar son las siguientes:

- El precio del gas natural es uno de los más estables y económicos del mercado.
- No hay interrupción en el suministro de gas natural a menos que la fecha de pago del recibo de gas natural se haya vencido.
- Su distribución es por medio de gasoductos subterráneos por lo que no se tendrá que rellenar un tanque de gas.
- El gas natural está compuesto en su mayoría por metano, por lo que genera emisiones contaminantes muy bajas.

- La compañía proveedora del servicio de gas natural puede brindar también revisiones periódicas con lo que se garantiza la seguridad de las familias y el buen funcionamiento del servicio.

4.3.9. Medidor

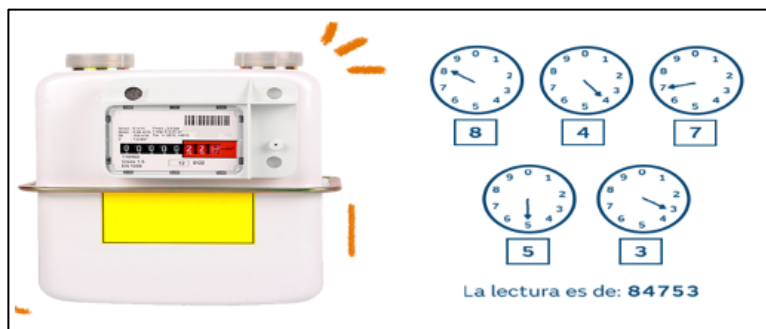
En el armario se encuentra el regulador de gas natural, cuya misión es reducir la presión con la que llega el gas natural a la vivienda. Una vez que pasa por el regulador, el gas llega al medidor de gas natural para poder ser cuantificado por la distribuidora y cobrado en la factura del gas. Inmediatamente después, llega a la instalación interna del edificio o vivienda para ser consumido. El proceso de toma de lectura es confiable, ya que es realizado por personal certificado que cuenta con equipos de alta tecnología y los medidores cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas.

Generalmente hay dos tipos de medidores:

- Medidor numérico: El lector se ubica enfrente del medidor numérico (lectura directa), y registra los números a la izquierda del punto decimal.
- Medidor de relojes: El lector se ubica enfrente del medidor de gas, registra la lectura de cada manecilla. Si la flecha está entre dos números, registra el menor.

Figura 4.9

Medidores de gas natural



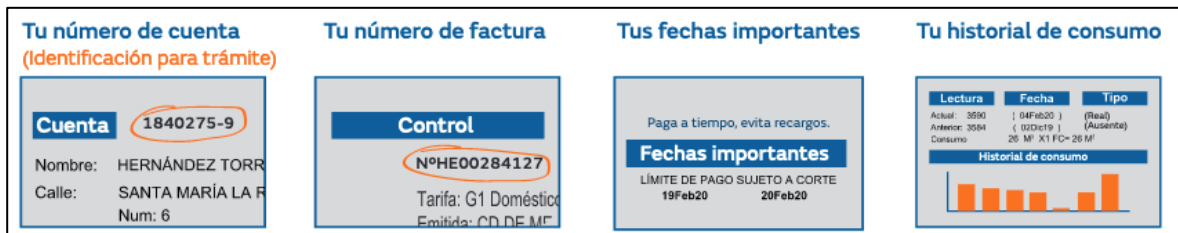
Es importante mencionar que los medidores son propiedad de la empresa distribuidora. Naturgy. (2021). *Conoce tu factura*. Naturgy. https://www.naturgy.com.mx/mx/particulares/servicio_al_cliente/factura/conoce_tu_factura

4.3.10. Factura del servicio de distribución

El servicio se proporciona en forma continua y se cobra después de haberlo utilizado, por lo que el cliente recibirá periódicamente (mensual o bimestralmente) una factura que contendrá datos específicos del consumo de gas y demás conceptos relacionados con la prestación del servicio de distribución de gas natural. Las facturas del servicio de distribución de gas natural generalmente contienen los siguientes elementos:

Figura 4.10

Elementos de una factura por servicio de distribución de gas natural



Naturgy. (2021). *Conociendo tu factura*. Naturgy. https://www.naturgy.com.mx/mx/files/NTGY_Conoce_tu_factura092021.pdf

4.3.10.1. Determinación de la factura de distribución

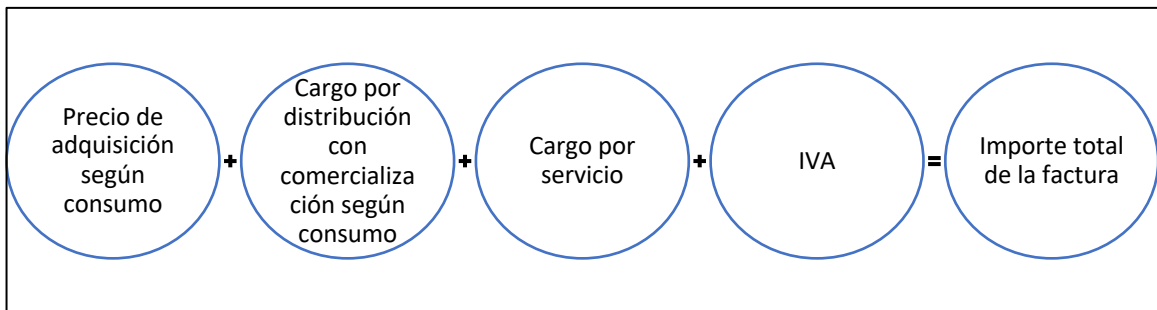
El gas natural está regido por los precios internacionales, lo que lo hacen un combustible barato para su empleo en el hogar porque sólo se paga lo que se consume y el servicio no se interrumpe en ningún momento. Por su parte, los costos del gas LP se determinan de acuerdo con las condiciones del mercado, dependiendo de la oferta y la demanda del combustible, la CRE se encarga de establecer los precios del gas LP en México considerando los costos de expendio, distribución y transporte en cada Estado.

En las facturas de servicio de distribución de gas natural por ducto se adicionan los siguientes cargos por consumo regulados por la CRE:

- El precio o costo de adquisición: es el costo incurrido por el distribuidor en la compra del gas natural a PEMEX o a otro proveedor que se traslada directamente a los clientes, sin que el distribuidor obtenga una ganancia por este concepto. Este se calcula según el consumo en pesos/m³ o en pesos/Gjoule.
- La distribución con comercialización o cargo volumétrico: es el costo por la utilización del sistema de distribución. Se cobra con base en el consumo de gas natural multiplicado por la tarifa de distribución con comercialización (en pesos/m³ o en pesos/Gjoule).
- El cargo por servicio: es un cargo fijo mensual para cubrir el costo del mantenimiento de las conexiones de los usuarios.

Figura 4.11

Elementos de una factura por servicio de distribución de gas natural por ducto



Comisión Reguladora de Energía. (2010). *Conoce el servicio de gas natural para tu hogar o negocio*. CRE. <https://www.cre.gob.mx/documento/6072.pdf>

4.4. Seguridad en la distribución de gas natural

Un aspecto primordial en la distribución de gas natural es llevar el gas de manera segura a los usuarios. De esta manera, con el fin de siempre anteponer la seguridad de las personas y los entornos, se debe tener en cuenta determinados aspectos que intervienen en el consumo de gas natural por tubería de distribución.

En primera instancia el cliente debe tener bien presente la información para emergencias. Ante cualquier sospecha de una situación de emergencia relacionada con el gas natural debe llamar de inmediato al número de emergencia proporcionado en la factura del servicio.

Antes de una situación de emergencia:

- Se debe conocer el lugar en el que se ubica el medidor de gas natural y mantener una llave inglesa cerca de la válvula de cierre del medidor de gas natural.
- Se debe instalar una válvula de cierre en cada aparato doméstico de gas natural entre la pared y la conexión del aparato. Si se produce una fuga en un aparato específico, la válvula permite cortar el suministro de gas natural al aparato doméstico, en lugar de cerrar todo el suministro de gas natural en el medidor.
- Llamar al proveedor del servicio para que reemplace o revise la instalación si así se requiere.
- Revisar los dispositivos de seguridad, como los detectores de humo y de monóxido de carbono, para asegurarse de que funcionan adecuadamente.

Después de una emergencia:

- No cerrar el gas natural del medidor a menos que se perciba el olor a gas natural, escuchar el sonido de gas natural escapando o percibir otras señales de fuga, y solo si es seguro hacerlo. No volver a abrirlo por cuenta propia. Llamar al proveedor de servicio para que vuelva a conectar el gas, a encender los pilotos y dé servicio a los aparatos domésticos para un funcionamiento correcto.
- Asegurarse que se debe mantener una buena ventilación de los espacios,

- No fumar, ni encender una flama ni utilizar ningún aparato eléctrico, interruptor de luz u otros dispositivos que puedan provocar una chispa hasta que se esté seguro de que no hay fugas de gas natural.

4.4.1. Fugas de gas natural

Los sentidos humanos pueden alertar sobre una fuga de gas natural.

Observar:

- Una conexión dañada de un aparato doméstico de gas natural.
- Tierra, agua o escombros que vuelan en el aire.
- Vegetación reseca o marchita cerca de una zona por donde pase una tubería.
- Fuego o una explosión cerca de una tubería.
- Una tubería que quede al descubierto luego de un terremoto, un incendio, una inundación u otro desastre natural.

Escuchar:

- Un sonido poco como un silbido o un zumbido cerca de una tubería o de un aparato doméstico de gas natural.

Olfatear

- El olor distintivo del gas natural (huevo podrido).

4.4.2. Daños a tuberías o medidores

Una fuga de gas natural en una tubería, conector o medidor dañados puede causar un incendio, una explosión, daños a la propiedad y heridas graves. Se debe de tomar en consideración lo siguiente si se sospecha que hay una fuga de gas natural.

- Evacuar inmediatamente el área y, desde un lugar seguro, llamar al proveedor de servicio.
- Llamar al 911 inmediatamente después de evacuar el área si el daño genera una fuga de gas natural que pueda poner en peligro la vida o causar lesiones o daños materiales.
- No fumar, ni encender cerillos, velas ni ninguna otra flama.

- Ne encender ni apagar dispositivos eléctricos ni interruptores de luz, ni usar ningún aparato, incluido un teléfono, que pueda causar una chispa.
- No intentar controlar la fuga ni reparar la tubería o el medidor dañado. Una fuga de gas natural de una tubería plástica puede crear una carga de electricidad estática que puede encender el gas natural. Abandonar de forma segura y no utilizar o encender ni apagar ningún vehículo o equipo eléctrico o motorizado.

4.4.3. Mantenimiento

El cliente es responsable del mantenimiento de todas las tuberías de gas natural y aparatos domésticos que se encuentran de su lado del medidor. El descuido del mantenimiento de las tuberías de gas natural puede generar peligros potenciales debido a la corrosión y las fugas. Para mantener adecuadamente las tuberías, se deben hacer inspecciones con regularidad para detectar condiciones inseguras, incluidas las corrosiones y fugas, y reparar cualquier problema de forma inmediata. Un profesional competente, como un plomero o un instalador de equipos de calefacción, puede ayudarle a hallar, inspeccionar y reparar las tuberías de gas natural subterráneas.

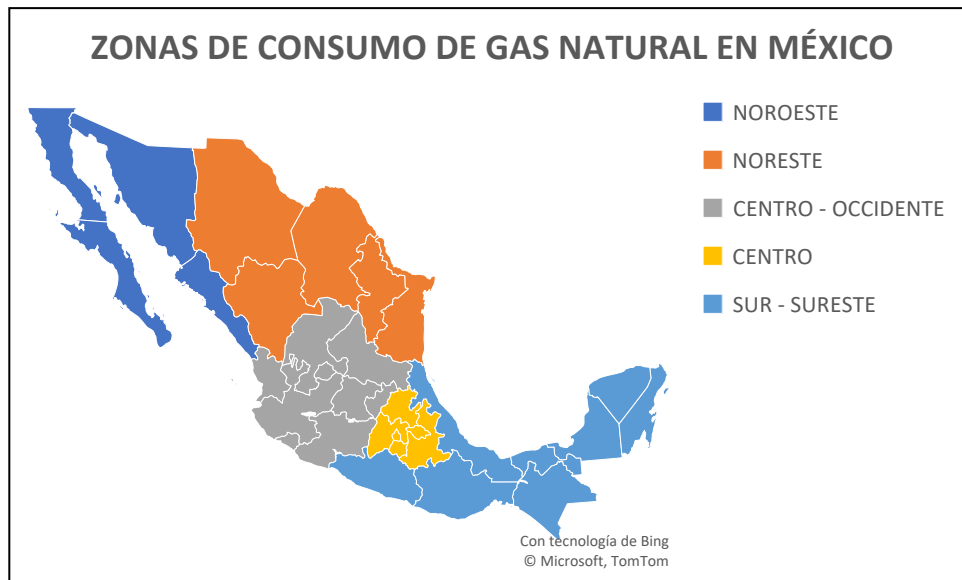
Por su parte, el proveedor del servicio debe tener acceso a todas las instalaciones de tuberías de gas natural, incluido el medidor de gas natural, para realizar inspecciones periódicas y dar mantenimiento. Las empresas distribuidoras son dueñas y dan mantenimiento al medidor, al regulador y a la tubería corriente arriba del medidor de gas natural.

4.5. Sectores de consumo

De acuerdo con datos del Sistema de Información Energética de la Sener, en cuanto a la demanda interna de gas natural, el territorio mexicano está dividido en cinco zonas geográficas como se muestra en la siguiente figura.

Figura 4.12

Mapa de la República Mexicana dividido en zonas geográficas de consumo

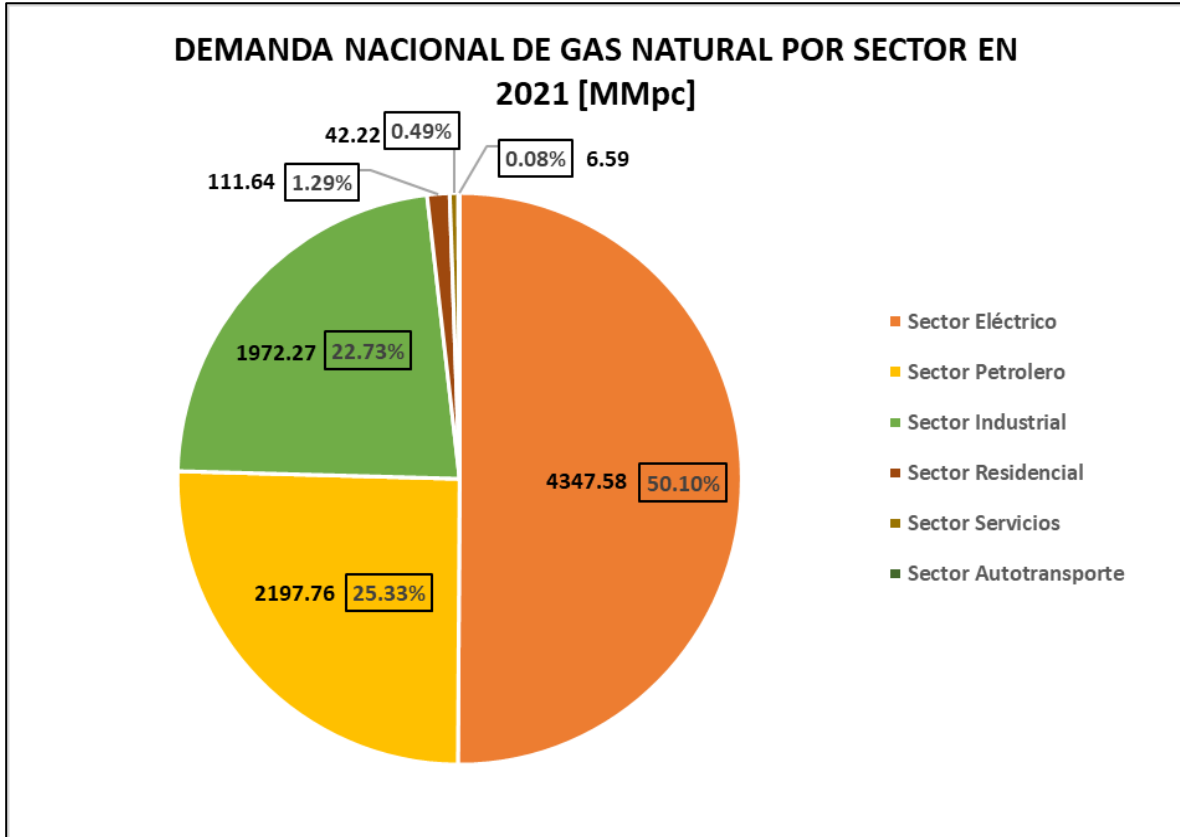


Noroeste (Baja California, Baja California Sur, Sinaloa y Sonora); Noreste (Coahuila, Chihuahua, Durango, Nuevo León y Tamaulipas); Centro-Occidente (Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas); Centro (Ciudad de México, Hidalgo, México, Morelos, Puebla y Tlaxcala), & Sur-Sureste (Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán).

En cuanto a consumo por actividad económica, según la Sener (2021), el sector eléctrico es el que demanda mayor volumen de gas natural, pues representa un 50.10% de la demanda nacional (8369.24 MMpcd). Por su parte, los sectores petrolero e industrial participan con un considerable porcentaje pues demandan de 25.33% y 22.73% respectivamente, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 4.13

Gráfico porcentual de la demanda nacional de Gas Natural en México por sector económico



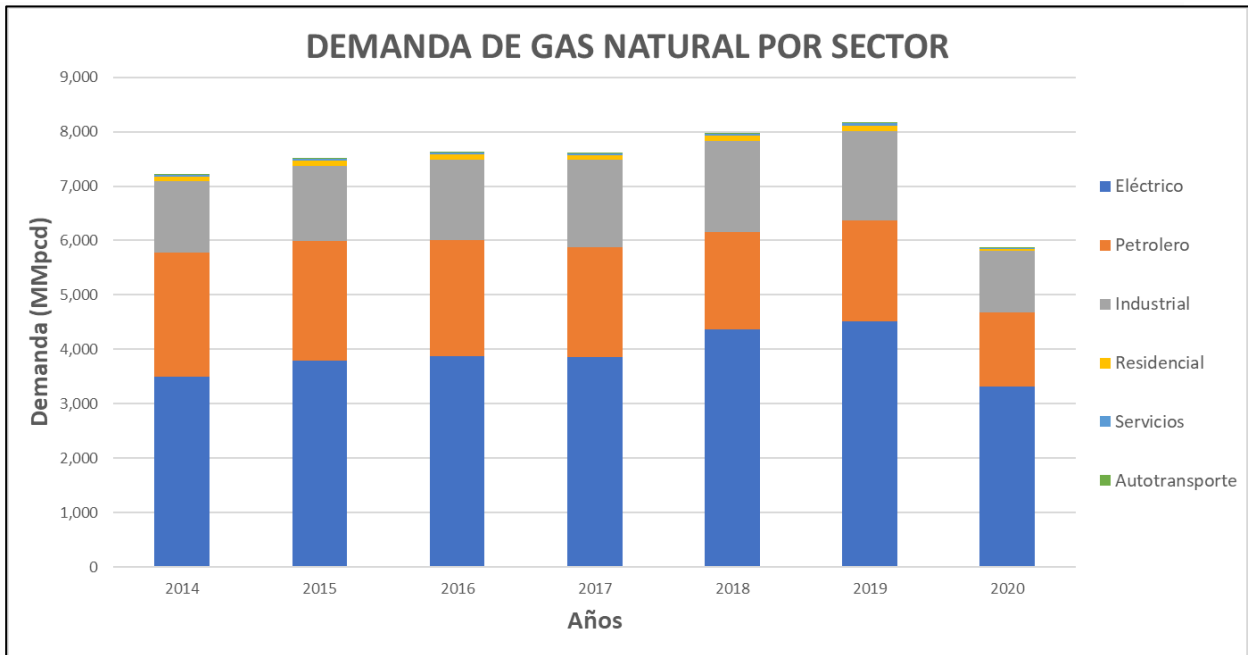
El sector eléctrico representa aproximadamente la mitad de la demanda de gas natural en México. Elaboración propia con datos de Sener. (2021) *Sistema de Información Energética. IMP: Balance de gas natural seco*. https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvequa=BGNAT_PSP.

El sector petrolero es un importante consumidor de gas natural en México y representa el 25.33% de la demanda en el sistema de ductos nacionales de Sistrangas, según el operador Cenagas. Sin embargo, Petróleos mexicanos ha tenido problemas para mantener la producción en los últimos años. Los sectores residenciales, servicios y de autotransporte tienen una participación pequeña en comparación con los anteriores, sin embargo, han incrementado su demanda gradualmente durante los últimos años debido al continuo desarrollo de la infraestructura nacional de gas natural y a mayores usos y aplicaciones.

A continuación, se muestra un gráfico que muestra el incremento de la demanda del gas natural por sector desde el 2014.

Figura 4.14

Gráfico del volumen de la demanda nacional de Gas Natural en México por sector económico

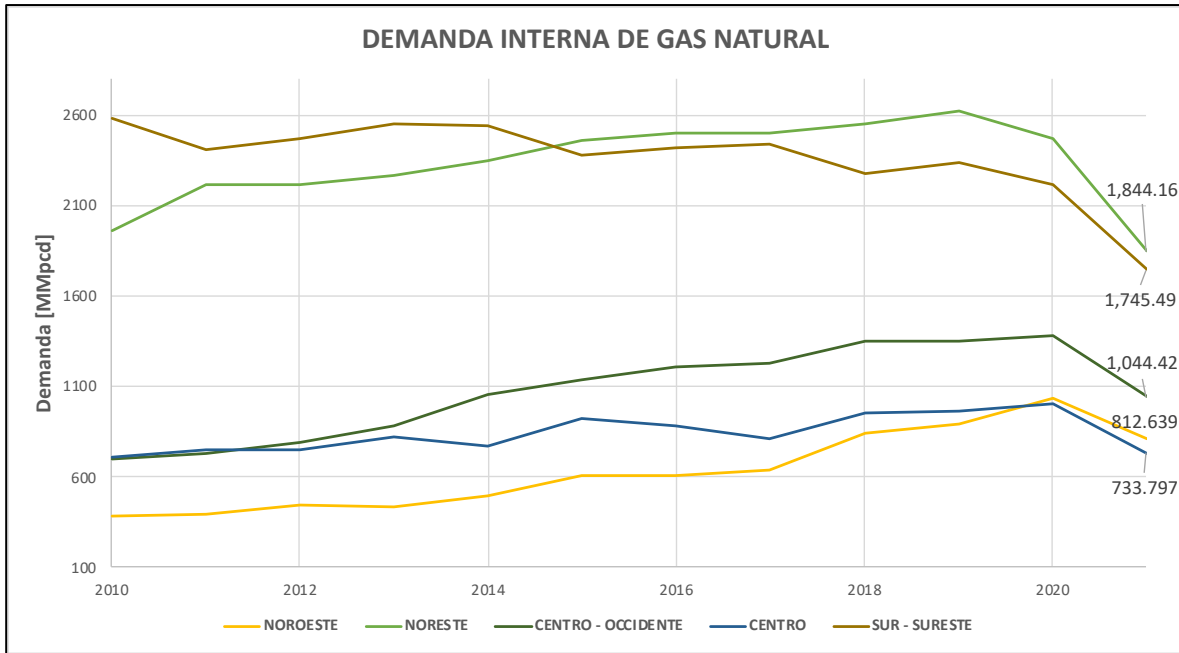


La demanda ha ido incrementando ligeramente en cada sector. Elaboración propia con datos de Sener. (2020). *Sistema de Información Energética. IMP: Balance de gas natural seco.* https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=BGNAT_PSP.

En México la zona Noreste se coloca como la principal demandante de gas natural, esto debido a que en la región, principalmente en los estados de Nuevo León y Tamaulipas, ha tenido un importante auge industrial durante los últimos años, además su cercanía con Texas y su abundante producción de shale gas le permite a la zona Noreste acceder fácilmente a la molécula.

Figura 4.15

Demanda de gas natural por zona geográfica



Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética. (2021). *IMP: Balance de Gas Natural Seco*. <https://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=applyOptions>

En el Sureste de México, exceptuando al sector petrolero, no han podido capturar los beneficios del gas natural. En primer lugar, se ha visto afectado por la disminución de la producción petrolera y de gas natural. En segundo, particularmente Quintana Roo, no cuenta con la infraestructura (principalmente gasoductos) que permitiría facilitar el transporte de gas natural desde EUA.

4.5.1. Sector eléctrico

El sector eléctrico utiliza el gas natural en las plantas de ciclo combinado, las cuales son instalaciones capaces de convertir la energía mecánica en eléctrica, mediante dos ciclos termodinámicos. Es necesaria la utilización conjunta de turbinas de gas y vapor. La gran importancia que tiene el gas natural para generar electricidad es que tiene un gran poder calorífico, ya que por cada pie cúbico de gas natural se generan aproximadamente 400 Wh. Este sector es el principal consumidor debido

a que la flexibilidad operativa de las centrales eléctricas de gas permite responder a las fluctuaciones de la demanda tanto estacionales como a corto plazo y mejorar la seguridad del suministro de electricidad en los sistemas de energía con una participación creciente de energías renovables variable.

Figura 4.16

Central de ciclo combinado y sus componentes



Entre los principales componentes de la central se encuentran: 1. Turbina de gas; 2. Generador I; 3. Caldera de recuperación de calor; 4. Turbina de vapor; 5. Generador II; 6. Torre de enfriamiento; 7. Transformadores; 8. Red eléctrica. Iberdrola. (2021). *Generación de energía eléctrica con menos emisiones = planta de ciclo combinado.* Iberdrola México. <https://www.iberdrolageneracionmexico.com/generacion-de-energia-electrica-con-menos-emisiones/> <https://www.iberdrolageneracionmexico.com/#mapa>

De acuerdo con la Sener (2020), en México existen 42 plantas de generación de electricidad del tipo ciclo combinado, tanto de privados como de la CFE, aunque esta última es la que posee aproximadamente el 80% de las plantas. No obstante, no todo los estados cuentan con una de estas centrales como es el caso de Sinaloa,

Baja California Sur, Guerrero, Oaxaca y Chiapas como se aprecia en la figura siguiente.

Figura 4.17

Ubicación de las centrales de ciclo combinado en México



También existen muchas otras plantas de generación de electricidad en el país, sin embargo, a diferencia del ciclo combinado su generación es distinta, pues existen centrales tanto hidráulicas, termoeléctricas, de carbón, eólica, fotovoltaica y nucleoelectrica. Inegi. (2021). *Mapa energético de América del Norte*. Inegi. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm-clientna/?v=bGF00jl0LjQ0NjM1LGxvbjotMTEuLjI3MzYwLHo6NixsOmNOYXR1cmFsR2FzTUVY>

Asimismo, la generación de electricidad en nuestro país depende en gran medida del gas natural, pues en el 2020, tan solo la generación de electricidad en las plantas de ciclo combinado representó aproximadamente un 62% de la generación total. Sin embargo, la matriz de generación es amplia como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 4.6

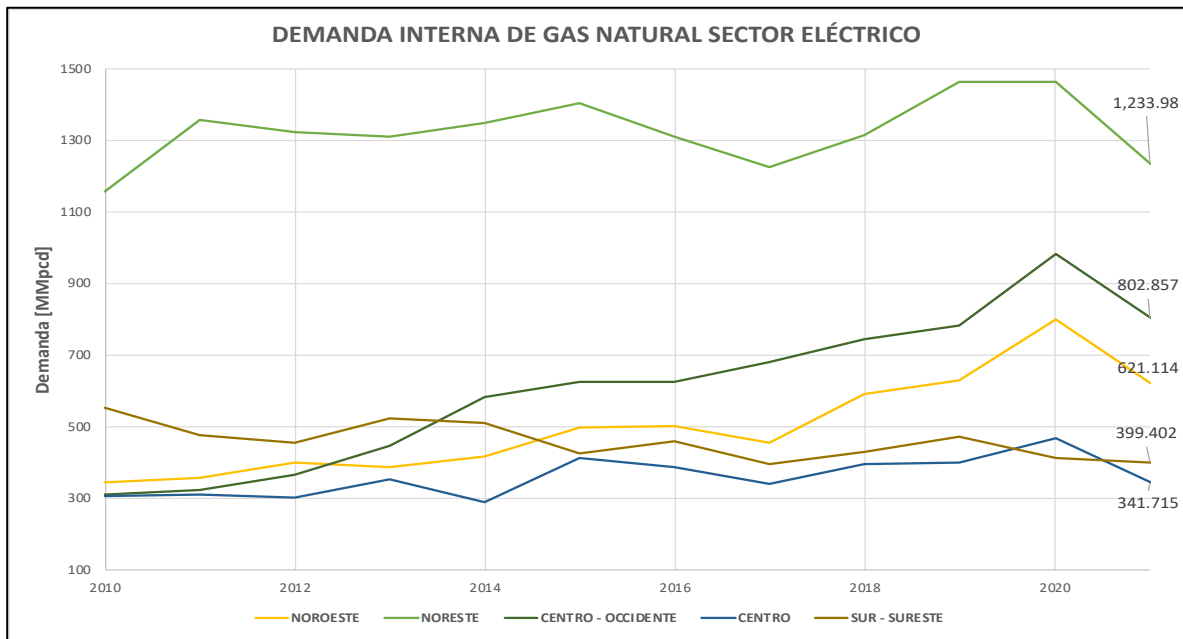
Generación de electricidad en México por tecnología

Generación Bruta de CFE mas PIEs por tecnología (megawatts-hora)						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Total	261,066,828.12	263,152,827.97	257,416,682.00	258,684,792.45	250,394,572.34	224,573,499.87
Termoeléctrica	177,148,877.88	180,732,357.14	177,792,629.30	177,839,949.07	186,563,625.16	167,756,153.60
Vapor	35,673,222.37	36,833,999.93	41,547,154.54	37,963,923.67	36,278,864.90	19,969,171.45
Ciclo combinado	134,486,621.64	136,123,691.25	128,407,414.97	131,077,788.40	140,143,434.55	140,662,917.10
CFE	47,513,325.34	49,962,822.27	44,259,216.68	46,315,215.52	48,397,525.94	43,488,953.76
PIE 1	86,973,296.31	86,160,868.98	84,148,198.29	84,762,572.88	91,745,908.61	97,173,963.34
Turbogas	5,281,092.04	5,893,068.01	5,990,095.45	6,852,144.17	8,463,653.75	5,399,171.69
Combustión interna	1,707,941.83	1,881,597.95	1,847,964.35	1,946,092.83	1,677,671.96	1,724,893.37
Carboeléctrica	30,124,020.55	34,208,204.57	30,751,592.90	29,345,045.74	23,233,222.56	13,472,064.86
Geotermoléctrica	6,291,153.99	6,032,801.41	5,924,537.31	5,248,378.16	5,244,908.25	4,718,228.16
Nucleoeléctrica	11,577,137.87	10,567,174.25	10,882,861.75	13,554,877.45	11,189,830.01	11,177,934.70
Eólica	2,386,946.45	2,461,542.15	1,976,434.41	2,141,742.50	1,916,029.50	1,900,047.90
CFE	202,923.97	187,041.01	104,783.92	121,716.41	73,368.76	63,730.52
PIE 1	2,184,022.48	2,274,501.14	1,871,650.49	2,020,026.09	1,842,660.74	1,836,317.38
Hidroeléctrica	30,050,767.85	29,138,395.62	30,077,738.47	30,544,538.92	22,237,000.74	25,539,848.96
Fotovoltaica	12,756.87	12,352.82	10,887.86	10,260.62	9,956.12	9,221.68

Como se aprecia en la tabla, los PIE (Productores Independientes de Energía) se posicionan como importantes generadores de electricidad, principalmente en las energía renovables. Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética. (2021). *Generación Bruta de CFE mas PIEs por tecnología. Sistema Eléctrico Nacional.* <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>

Figura 4.18

Demanda de gas natural por zona geográfica para el sector eléctrico



Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética. (2021). *IMP: Balance de Gas Natural Seco.* <https://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=applyOptions>

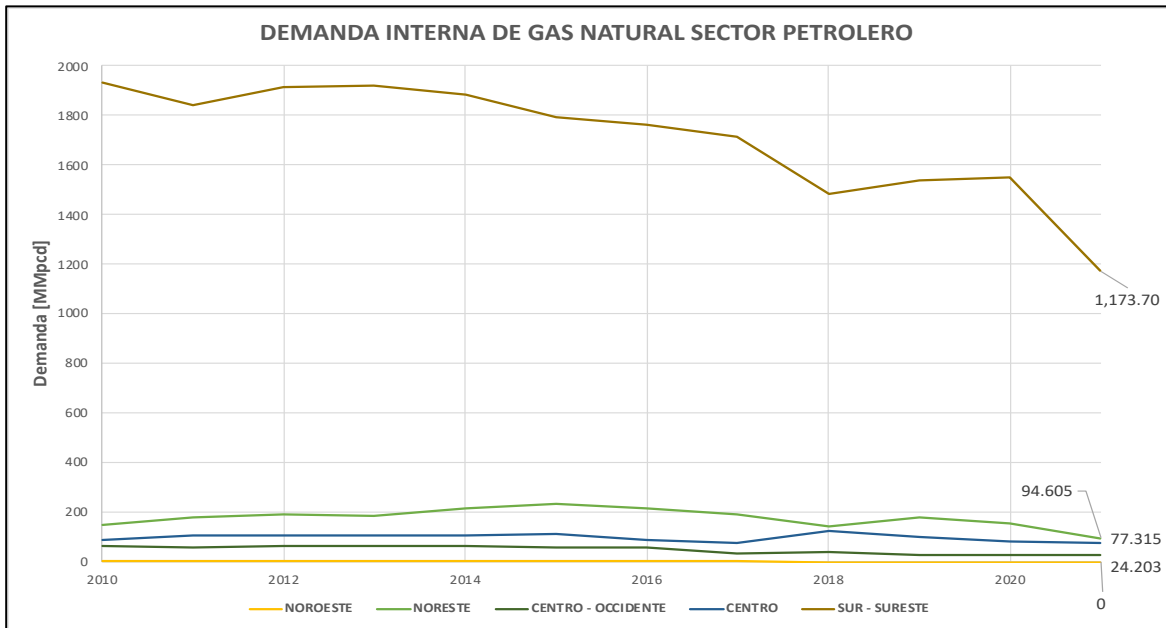
4.5.2. Sector petrolero

El sector petrolero se coloca como un fuerte consumidor de gas natural, principalmente en el sureste mexicano, ya que se posiciona como la mayor zona productora de hidrocarburos en el país, por lo cual el gas natural se utiliza en gran parte para generación de energía eléctrica in situ; mantenimiento de presión o de miscibilidad en el yacimiento en los procesos de recuperación secundaria y primarios como el bombeo neumático, y como combustible para diversos equipos que funcionan con gas natural.

Otro ejemplo, es que durante el transporte del gas natural por tubería se requiere de estaciones de compresión que sirven para mantener al gas a presión y que fluyan a través de las tuberías fácilmente. Es así que, estas estaciones suelen usar gas como combustible para los procesos. Por tales motivos el sector petrolero posiciona a dicha región como líder en el consumo de gas natural como se presenta en la siguiente figura.

Figura 4.19

Demanda de gas natural por zona geográfica para el sector petrolero



Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética. (2021). *IMP: Balance de Gas Natural Seco*. <https://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=applyOptions>

4.5.3. Sector industrial

El gas natural tiene aplicaciones importantes, en cuanto a materia prima es utilizado como ingrediente para la fabricación de fertilizantes, plásticos, anticongelantes, productos farmacéuticos y telas. Además, sirve en la producción de productos químicos como amoníaco, butano, etano, propano, metanol, y ácido acético. Por otra parte, los mismos procesos industriales requieren de un combustible efectivo y fuente de calor que sirva para la producción o fabricación de productos que requieran de energía calorífica para secar, hornear, derretir, calentar los productos, tal como en la producción de vidrio, cemento, cerámica, ladrillos acero, papel, etc.

El crecimiento en el número de parques industriales en México ha tenido un desarrollo constante en los últimos años. Eso permite contar con la infraestructura necesaria para producir, almacenar y movilizar los productos que se comercializarán ya sea dentro o fuera del país. Asimismo, son fundamentales para atraer mayor inversión extranjera directa. Según la empresa *Crea Soluciones* (2020), en nuestro país existen 875 parques industriales, que ocupan 60 mil hectáreas en distintas regiones del país.

Tabla 4.7

Número de parques industriales en México

Región	Estados	# Parques
Centro	Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala	119
Occidente	Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas	275
Sureste	Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Yucatán	39
Noroeste	Baja California, Chihuahua, Sinaloa, Sonora	177
Noreste	Coahuila, Durango, Nuevo León, Tamaulipas	265

Como se aprecia en la tabla la zona sureste es la que presenta una menor industrialización a comparación de las demás zonas. Creasoluciones. (2020). *Principales parques industriales y sus ubicaciones en México*. Creasoluciones. <https://creasoluciones.com.mx/principales-parques-industriales-y-sus-ubicaciones-en-mexico/>

El estado más destacado es Nuevo León que cuenta con 176 parques industriales. De acuerdo con la Secretaría de Economía y Trabajo de Nuevo León (2019), se registró 6.5% de inversión extranjera directa, que generó 1,171 millones de dólares. La industria predominante es la siderúrgica.

Figura 4.20

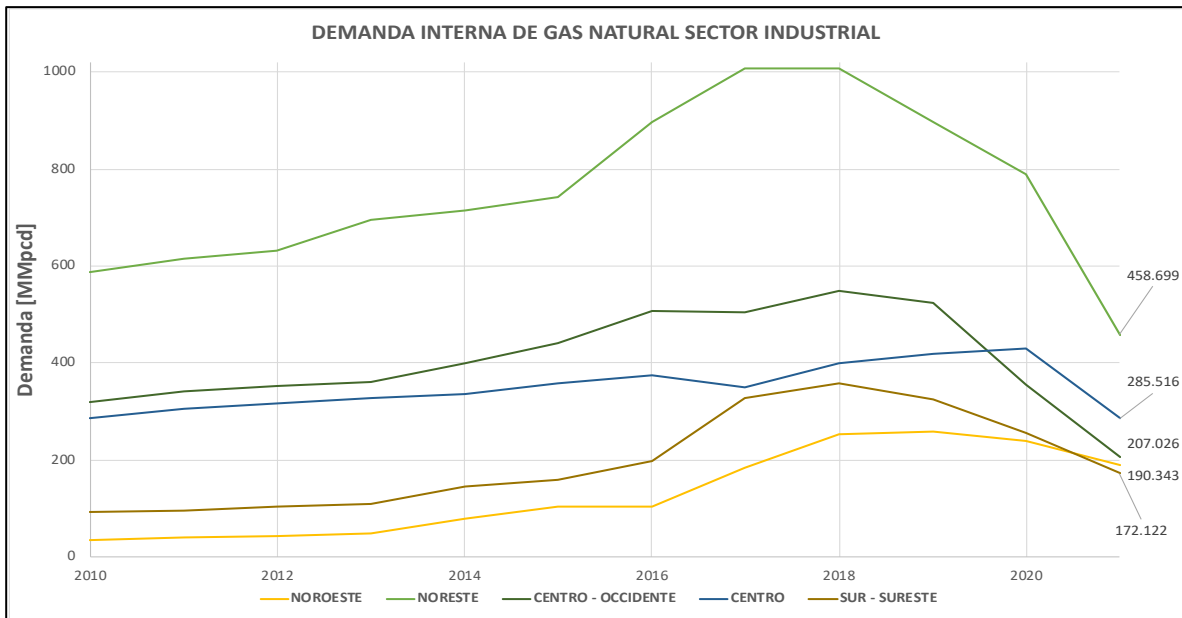
Mapa de los parques industriales en México



Es importante promover el desarrollo de infraestructura en el sur del país para aprovechar el gas natural, y a su vez, lo anterior promueva el desarrollo industrial a la región. AMPIP. (2021). *Mapa interactivo*. AMPIP. <https://www.ampip.org.mx/mapa-interactivo>

Figura 4.21

Demanda de gas natural por zona geográfica para el sector industrial



Las áreas con mayor industrialización son el noreste, el bajo y la zona metropolitana del valle de México. Lo anterior se traduce en tener un mayor desarrollo económico. Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética. (2021). *IMP: Balance de Gas Natural Seco*. <https://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=applyOptions>

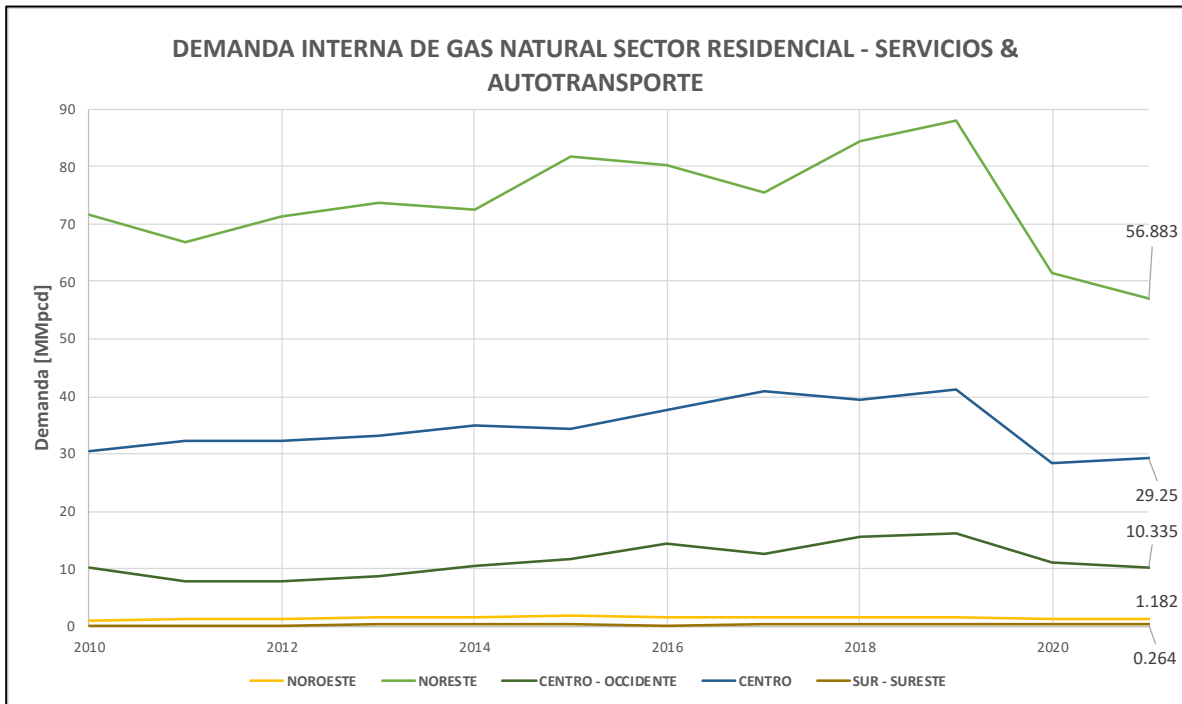
4.5.4. Sector residencial, servicios & autotransporte

En las zonas más desarrolladas del país el gas natural se entrega a las viviendas a través de tuberías de distribución. El consumo de este hidrocarburo en el sector residencial es básicamente para calefacción, calentar agua, para estufas, hornos, secadoras, iluminación y generación de energía eléctrica para los electrodomésticos.

En cuanto al aspecto de servicios es importante el uso que tiene en edificios y locales comerciales, en donde se lo utiliza para la calefacción del ambiente, calentar agua e incluso para aire acondicionado.

Figura 4.22

Demanda de gas natural por zona geográfica para los sectores residencial, servicios y autotransporte

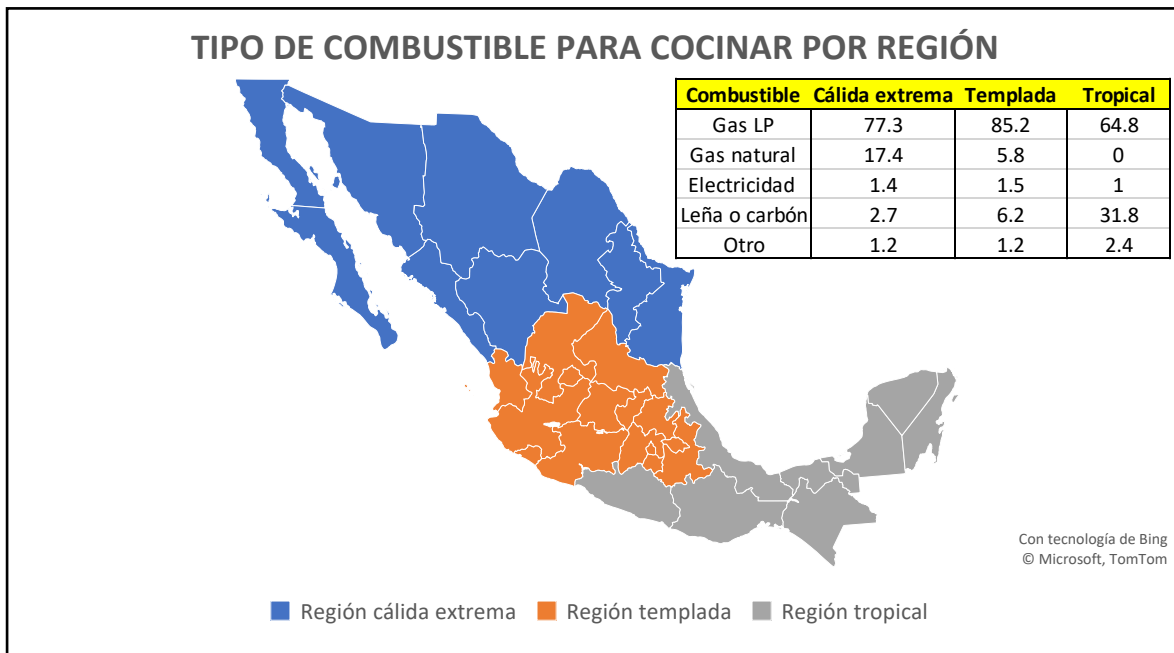


La gran presencia de actividad industrial en el Noreste del país y su cercanía con el gas shale de EU permiten a la zona estar permeada de gas natural por lo que las redes de distribución penetran en todos los sectores económicos con mayor facilidad. Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética. (2021). IMP: Balance de Gas Natural Seco. <https://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=applyOptions>

De acuerdo con el Inegi (2018), en México del total de la energía térmica que se consume en las viviendas, la mayor proporción se destina a la cocción/calentamiento de alimentos. El combustible principal de uso en las viviendas del país es el gas LP con 79%, les sigue el uso de leña o carbón con 11%, y el gas natural representa el 7%. Lo anterior es una muestra clara del monopolio que tiene el gas LP sobre las familias mexicanas, además dicho negocio recae sobre un reducido grupo de empresas. Ante esa situación, en 2021 el gobierno presentó el proyecto de Gas Bienestar para proveer de gas LP a determinados sectores geográficos con el objetivo de alcanzar una mayor cobertura con el tiempo.

Figura 4.23

Distribución porcentual del consumo de viviendas por tipo de combustible principal para cocinar según regiones climáticas



Se puede apreciar el dominio del gas LP sobre todo el país. Además es importante mencionar el alto consumo de leña y carbón de la región tropical, que a su vez no presenta consumo de gas natural. Elaboración propia con datos del Inegi. (2018). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/encevi/2018/doc/encevi2018_presentacion_resultados.pdf

El gas natural también se puede usar como combustible para autos, para que un vehículo pueda consumir gas natural como combustible en lugar de gasolina, se debe hacer una conversión a las instalaciones internas del automóvil. Es importante mencionar que el gas tiene ciertas ventajas sobre la gasolina y el Diesel, entre ellas está que emite menos CO₂ al ambiente. Los autos que utilizan gas natural como combustible prácticamente emiten un 70% menos contaminantes debido al smog y un total del 40% menos de emisiones de gases invernadero, esto es muy favorable para el ambiente. Sin embargo, las principales desventajas son que el uso del gas natural en autos no es muy difundido, y esto ha provocado que no se creen estaciones de abastecimiento a gran escala, pero el potencial es muy alto a futuro.

Figura 4.24

Estaciones de gas natural vehicular (GNV) en México



Como se puede apreciar en el mapa, existen muchas zonas en el país que no cuentan con una estación de GNV. Por lo que existe un área de oportunidad importante para seguir ampliando el mercado. Petrointelligence. (2021). *Consulta las estaciones de gas natural vehicular*. Petrointelligence. <https://petrointelligence.com/sistema/indices/gas-natural.php>

4.6. Principales compañías distribuidoras

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Gas Natural (AMGN) (2021), existen principalmente seis compañías distribuidoras de gas natural para uso doméstico, industrial y comercial en México. Para la realización de actividades de distribución, transporte y almacenamiento de gas natural en México requiere autorización previa de la Comisión Reguladora de Energía.

Tabla 4.8

Principales empresas distribuidoras de gas natural en México.

Empresa	Estados	País	Uso	Año de operación
Mexicana de Gas	Nuevo León (Monterrey)	México	Doméstico, comercial e industrial	1930
Gas Natural del Noreste	Sonora, Coahuila, Hidalgo, Chihuahua, Michoacán y Estado de México	México	Doméstico, comercial e industrial	1990
Engie	Ciudad de México, Guadalajara, Puebla, Querétaro, Matamoros, Reynosa, Tampico, Tlaxcala, Mérida. (430,000 usuarios).	Francia	Doméstico, comercial e industrial	1995
Ecogas	Chihuahua, Torreón, Durango, Mexicali, Zamora. (106,000 usuarios).	Estados Unidos	Doméstico, comercial e industrial	1996
Naturgy	Aguascalientes, Ciudad de México, Celaya, Irapuato, León, Monterrey, Nuevo Laredo, Saltillo, San Luis Potosí, Toluca, Zacatecas. (1.8 millones usuarios).	España	Doméstico, comercial e industrial	2000

De acuerdo con el alcance de las empresas mostradas, se puede notar que el servicio de distribución de gas natural se concentra en el centro, bajío y norte del país, por lo que existen muchas zonas en el país que no pueden acceder a este servicio. Además, es claro que los permisos de distribución no logran satisfacer la cobertura de usuarios establecida. Tarifas de luz. (2022). *Empresas de gas natural en México*. <https://tarifasdeluz.mx/gas-natural/companias>

4.7. Beneficios generados por la distribución de gas natural

A medida que una sociedad tiene mayor acceso a una energía barata, eficiente y segura, su calidad de vida aumenta pues se incentiva el crecimiento económico. En su caso, los efectos del servicio de distribución de gas natural por ducto tienen consecuencias directas en las capacidades productivas de la población e industrias, que a su vez repercuten en sus posibilidades de consumo para su crecimiento y bienestar.

En México el claro ejemplo es la zona metropolitana de Monterrey, ciudad que hoy en día es considerada motor industrial y un gran centro económico del país. El naciente progreso comercial e industrial que sufrió dicha ciudad desde principios del siglo XX llevó a que se recibieran grandes inversiones para desarrollar infraestructura que transportara los hidrocarburos que la región demandaba. Así en 1930 inicio en operación el gasoducto que unió San Pedro de Roma, Tamaulipas y la ciudad de Monterrey. La longitud de este gasoducto fue de 155.2 kilómetros y transportó 30 millones de pies cúbicos diarios de gas a la capital del estado de Nuevo León (Flores, 2015). De esta manera es como Monterrey y la capital de la República, se les dotó de suficientes energéticos a precios subsidiados para estimular sus procesos de industrialización. En las décadas subsecuentes fueron las principales zonas beneficiadas del continuo desarrollo de la infraestructura energética.

El suministro de gas natural para el área metropolitana de Monterrey recibió un fuerte impulso al haberse inaugurado en 1979 el ducto troncal del Sistema Nacional de Gas. Fue así como el consumo por redes de distribución de este hidrocarburo estuvo representado en su mayoría para fines domésticos, comerciales e industriales. De esta manera es como los sistemas de distribución penetraban cada vez más el área para surtir a las fábricas que consumen grandes cantidades de gas.

Derivado del proceso neoliberal que sufrió México, en 1989 se dio la apertura del gas al mercado y la creación de la Comisión Reguladora de Energía. Así, en 1998

se dio la apertura al sector privado en la distribución de gas natural en Monterrey, ciudad que tenía el consumo más grande de gas natural a escala nacional. En marzo de 1999, la distribución se repartía de la siguiente manera por los siguientes distribuidores: Grupo Ginsa, que es autoconsumo; la Compañía Mexicana de Gas; la empresa española Gas Natural de México (Naturgy) y en menor participación Pemex (Flores, 2015).

De acuerdo con la Sener (2020), Nuevo León se mantuvo como líder en el consumo de gas natural a nivel nacional al concentrar el 12.1 % del total del uso del energético en el país en el año pasado, equivalente a 986.8 millones de pies cúbicos diarios. Además, menciona que, a partir de 1995, la demanda de gas natural en Nuevo León creció a un ritmo de 4.2 % por año.

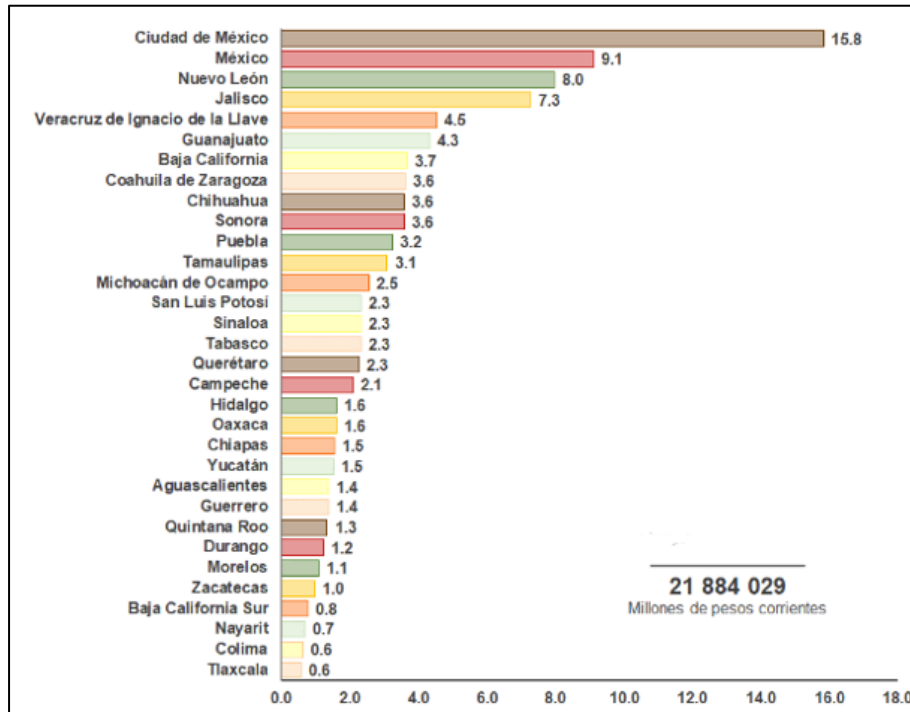
Como se vio con anterioridad entre las razones para el alto consumo de gas natural en la entidad se encuentra el hecho de la alta generación de electricidad y de la alta presencia industrial, además de la cercanía con Estados Unidos, posibilita la importación del energético a precios generalmente más bajos que los que prevalecen en el resto del país. Entonces al contar con una gran capacidad de ductos generan una mayor competitividad, lo que lo convierte en un estado con gran capacidad de producción de bienes y servicios.

Según el INEGI (2014), las Industrias manufactureras son el sector más importante de Nuevo León, éstas aportaban 22.12% del PIB del estado en el 2003; esta contribución aumentó a 24.84% en el 2014, teniendo un crecimiento promedio anual real de 4.09%, de 2003 a 2014.

Por lo anterior es claro que una mayor inserción del gas natural a la economía de Nuevo León permitió a la entidad poder desarrollar su economía de manera más sencilla al poder dotar a sus sectores, especialmente el industrial de un combustible barato y abundante, lo que derivó a convertir al estado como una de las zonas más importantes de desarrollo económico del país, lo que se traduce en una mayor calidad de vida de sus habitantes.

Figura 4.25

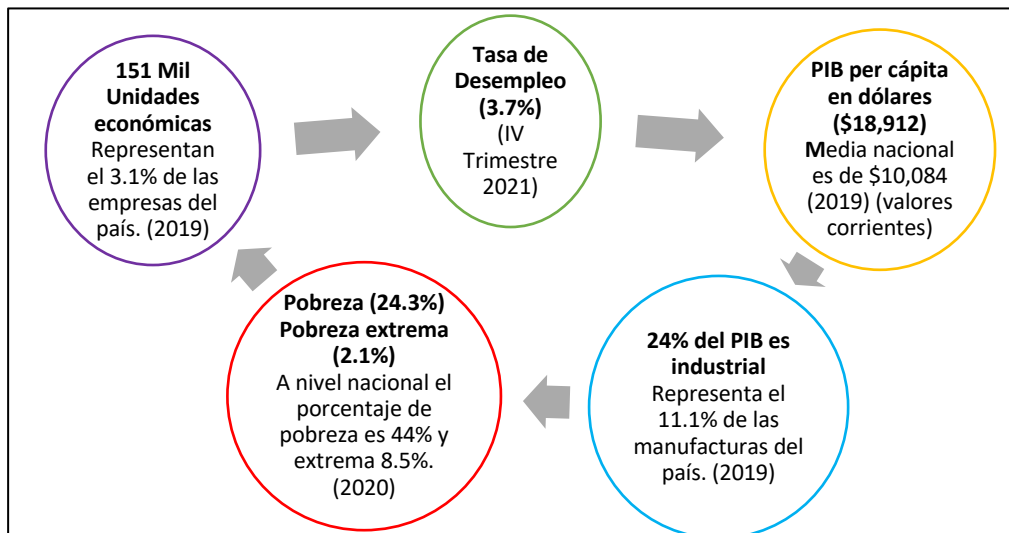
PIB por entidad federativa 2020



Como se puede observar, Nuevo León se coloca como el tercer mayor contribuidor al PIB nacional, lo que representa un gran logro al no pertenecer al área centro del país. INEGI. (2020). *PRODUCTO INTERNO BRUTO POR ENTIDAD FEDERATIVA 2020*. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/pibe/PIBEntFed2020.pdf>

Figura 4.26

Indicadores oportunos Nuevo León



De acuerdo con los indicadores anteriores, Nuevo León se presenta como una entidad con mejores condiciones respecto al promedio nacional. Gobierno de Nuevo León. (2022). *Nuevo León en cifras*. Data Nuevo León. <http://datos.nl.gob.mx>

5. Conclusiones

De acuerdo con lo presentado en este trabajo se puede concluir que las características físico – químicas del gas natural lo colocan como la mejor opción de combustible para el consumo de los usuarios finales ya que es más seguro y menos dañino para la salud de las personas y el medio ambiente.

El gas natural se posiciona como la tercer principal fuente de energía primaria a nivel mundial y continúa cobrando relevancia. Los países con las mayores reservas son Irán, Qatar, Rusia, Turkmenistán, EU y China. EU es el principal país productor de gas natural, pero a su vez es el mayor consumidor, Rusia y el Medio Oriente también se colocan como grandes productores por lo que se convierten en las regiones con mayor exportación, principalmente hacia Europa y China que demandan altas cantidades de gas natural, pero no producen lo suficiente para satisfacer sus propias demandas. Además, se apreció que los países del hemisferio norte son los mayores consumidores y a su vez, las regiones que poseen un mayor desarrollo, pues cuentan con la infraestructura necesaria de distribución por ductos para ofrecerles este combustible a sus habitantes y sus sectores económicos.

Las zonas con mayor producción de gas natural en México son las aguas someras del Golfo de México y el sureste, no obstante, sus más grandes reservas se encuentran en yacimientos no convencionales en el noreste. La producción de gas natural no logra satisfacer la demanda interna, lo que nos coloca como el principal importador terrestre del gas natural de Estados Unidos.

El papel de los sistemas de distribución de gas natural por ductos es de gran importancia para el desarrollo de la población y sus sectores económicos, pues se ha identificado que, los estados en México que consumen más gas natural tienen un mayor desarrollo, ya que se vuelven más atractivos a cualquier industria, tal es el caso de la zona Noreste y el Bajío. Se observó que el creciente desarrollo económico del área metropolitana de Monterrey fue acompañado por un aumento paralelo en el consumo de gas natural. La implementación de dichos sistemas que alcanzaron una amplia cobertura en la zona fue

detonante del desarrollo económico de su industria, transporte y en general, del nivel de calidad de vida de su población al contar con un servicio continuo de energía.

Por cuestiones operativas, el inicio de la contratación del servicio de gas natural puede resultar costoso por la implementación de la acometida, no obstante, es un servicio que se cobra con base en medidor, además es continuo y no requiere almacenamiento ni tener que contactar o ir con el proveedor para rellenar los tanques y cilindros como en el gas LP, así pues la distribución de gas natural por medios de ductos se vuelve la mejor opción de combustible para los usuarios, además de ser una muestra clara de desarrollo.

La confiabilidad del sistema de distribución por ducto es tema que causa inquietud, pues se debe garantizar en todo momento un suministro seguro y continuo, lo que conlleva a asegurarse que el ducto esté bien empacado y opere con las presiones y volúmenes adecuados, de esta manera el sistema SCADA cobra gran importancia para mantener e incrementar dicha confiabilidad en el sistema.

Los sistemas de distribución de gas natural por ducto se acondicionan dependiendo el tipo de cliente, en consecuencia, representa la mejor manera de ampliar la cobertura del servicio a todo tipo de usuarios, sin embargo, la gran limitante para el establecimiento de estos sistemas es que necesitan apalancarse de un gran consumidor lo que limita una mayor inserción de este servicio al sector residencial.

Finalmente, se concluye que México tiene grandes retos en la distribución de gas natural, pues la mayoría de los permisos de distribución no cubren la cobertura total de usuarios, representa el tercer combustible más usado por las viviendas por detrás del gas LP y el carbón y leña. Por lo que hace necesario que el gobierno y las empresas mejoren la estructura actual del mercado de gas natural, trabajando de forma paralela y eficiente a lo largo de la cadena de valor, para incentivar su consumo, evitar prácticas como la especulación, y priorizar cuestiones como una producción a la baja e importaciones al alza, además que no se cuenta con un almacenamiento ni infraestructura suficiente para responder tanto a las fluctuaciones del mercado como al debido aprovechamiento de los beneficios que ofrece este recurso.

6. Recomendaciones

México debe sostener su transición energética con ayuda del gas natural por los beneficios que ofrece e implementar dicha transición con base en los recursos que se tienen para aprovechar y seguir desarrollando áreas de oportunidad en generación de energía de fuentes como la hidroeléctrica, geotérmica y nuclear.

Es importante que se tenga una cultura de uso eficiente de la energía, ya que en muchas ocasiones existen pérdidas de esta a lo largo de su cadena de valor que se traducen en contaminación sin haber cumplido un propósito.

El país debe aprovechar su fácil acceso al gas natural a través de los gasoductos de importación de Estados Unidos y sus precios bajos de adquisición para seguir desarrollando su mercado de gas natural con un enfoque en los siguientes puntos:

- Desarrollar nuestros campos de gas, especialmente los yacimientos no convencionales, pues en la actualidad es más rentable importar dicho combustible debido a los bajos precios de EU, sin embargo, este recurso está sujeto a diferentes factores que en cualquier momento podrían ocasionar un aumento en los precios, así pues, producir el gas de los campos mexicanos podría significar la mejor alternativa.
- Se debe implementar la infraestructura necesaria para reducir el venteo y quema de gas en los centros de producción.
- Invertir en infraestructura de almacenamiento e instrumentos financieros de gas natural para no sufrir interrupciones en el consumo, pues el suministro en México depende de las importaciones de Estados Unidos. De esta manera se podrá estar prevenidos ante sucesos variados como las bajas temperaturas que congelaron los gasoductos de exportación en Texas en febrero de 2021, lo que provocó un cese del suministro hacia México y que afectó las actividades económicas y de necesidades primarias en varias regiones de ambos países.

- Continuar con el desarrollo de la red nacional de gasoductos, además de aprovechar de manera eficiente las capacidades de cada uno de ellos.
- El Cenagas debe establecer un plan robusto de contención y prevención de desastres ante una posible fuga en los gasoductos.
- El gobierno debe estar actualizado con los indicadores oportunos de las diversas fuentes de energía que se utilizan en la actualidad y ofrecer mayor información a la población con respecto al gas natural y los beneficios que tiene sobre el gas LP y demás competidores.
- Protección civil debe de informar a la sociedad acerca de las implicaciones de los sistemas de distribución por ducto con el objetivo de salvaguardar en todo momento la seguridad de la población y el medio ambiente.
- Estimular el uso del gas natural para ayudar a romper los monopolios del gas LP que se tiene sobre los usuarios residenciales.
- Aprovechar y acondicionar la infraestructura existente en sistemas de distribución por ducto de gas LP para poder operar con gas natural.
- Los permisionarios deben ampliar los ramales de las redes de distribución por ducto y que cumplan con las perspectivas económicas que se tienen en la zona.
- Las empresas que cuentan con permisos de distribución de gas natural por ductos no deben especular con estos, ya que impiden el continuo desarrollo del mercado, lo que impide lograr la cobertura de usuarios establecidos en sus permisos.
- Los permisionarios deben de cumplir sus obligaciones en tiempo y forma, por lo cual los reguladores deben de incentivar a las entidades que sí cumplen sus obligaciones estipuladas en sus permisos y aplicar las medidas correctivas para los que no cumplen.
- Los distribuidores deben de establecer las proporciones correctas en sus clientes para proveer de este combustible a los diferentes sectores de consumo. Pues las empresas distribuidoras tienen la función de apoyar al Estado en poder realizar la actividad de distribución de manera eficiente y a precios competitivos sin descuidar sus propios intereses, pero en el sentido de contribuir al desarrollo del país.

Referencias

- British Petroleum. (2021). *Statistical Review of World Energy 2021 | 70th edition*. British Petroleum. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- International Energy Agency, IEA. (2020). *Natural gas*. <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/gas>
- IEA. (2020). *Report extract Natural Gas*. IEA. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/natural-gas>
- IEA. (2021). *Data and statistics*. IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource>
- Sener. (2021). *Producción de Gas Natural por Entidad Federativa*. SIE. <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=PMXB2C02>
- Comisión Nacional de Hidrocarburos, CNH. (2021). *Tablero de producción de petróleo y gas*. Producción hidrocarburos CNH. <https://produccion.hidrocarburos.gob.mx/>
- CNH. (2021). *Reservas de hidrocarburos*. CNH. <https://reservas.hidrocarburos.gob.mx/>
- Sener. (2021). *Prontuario estadístico. Mayo 2021*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/646429/Prontuario_mayo_2021__accesibilidad_DGGNP.pdf
- Sener. (2021). *Prontuario estadístico. Diciembre 2019*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/516275/Prontuario_diciembre_2019.pdf

- Kraft J. and A. Kraft (1978). "On the relationship between energy and GNP". *Journal of Energy and Development*, 3, 401-403. <https://www.jstor.org/stable/24806805>
- Sener. (2021). *Prontuario estadístico. Enero 2020*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/524911/Prontuario_enero_2020.pdf
- Comisión Federal de Electricidad, CFE. (2021). *Plan de negocios 2021- 2025*. CFE. <https://www.cfe.mx/finanzas/Documents/Plan%20de%20Negocios%20CFE%202021.pdf>
- Dirección General de Gas Natural y Petroquímicos. (2015). *Gas Natural*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/12459/Documento_Gas_Natural_2015.pdf
- Sener. (2015). *¿Qué es la Exploración de Hidrocarburos?* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sener/articulos/que-es-la-exploracion-de-hidrocarburos#:~:text=Es%20la%20actividad%20o%20conjunto,de%20superficie%20y%20estudios%20de>
- McCurdy, D. (2016). *The gas advantage*. American Gas Association. <https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2016/07/McCurdy-Mexico-Presentation.pdf>
- Salazar, X. (2016). *Reforma energética: Un nuevo marco legal y regulatorio para resolver pendientes del sector*. Enix. <https://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2016/07/Seminario-GNF-Francisco-Salazar.pdf>
- Lajous, A. (2013). *Dilema del suministro de gas natural en México*. Cepal ONU. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4927/1/M20130197_es.pdf
- Energía y Sociedad (2019). *La cadena de valor del gas natural*. Energía y Sociedad. <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-1-la-cadena-de-valor-del-gas-natural/#:%7E:text=El%20proceso%20que%20sigue%20el,del%20gas%2C%20es%20el%20siguiente%3A&text=Posterior%20regasificaci%C3%B3n%20y%2Fo%20transporte,hasta%20los%20puntos%20de%20consumo.>

- Preciogas. (2021). *¿Para qué se utiliza el gas natural?* preciogas.com. <https://preciogas.com/instalaciones/gas-natural/ usos#gasodomesticos>
- Engie. (2020). *¡Aceleramos el crecimiento industrial con gas natural!* Engie México. https://www.engiemexico.com/soluciones/gas_natural
- García, A. (2019). *Almacenamiento de gas natural. Un tema estratégico para México.* Deloitte. <https://www2.deloitte.com/mx/es/pages/dnoticias/articulos/almacenamiento-gas-natural.html>
- Gobierno de México. (2010). *NOM-001-SECRE-2010, Especificaciones del gas natural.* Diario Oficial de la Federación. <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3997/sener/sener.htm>
- Martínez, V. y P. Selene. (2019). *Cadenas de valor y sostenibilidad en Latinoamérica.* Libros UNAM. <http://www.libros.unam.mx/cadenas-de-valor-y-sostenibilidad-en-latinoamerica-9786073011273-ebook.html>
- OSL. (2017). *Almacenamiento De Gas Natural.* OSL Iberia. <https://www.osl-iberia.com/es/areas-de-negocio/almacenamiento-de-gas-natural>
- (2013). *Natural gas distribution.* NaturalGas.org. <http://naturalgas.org/naturalgas/distribution/>
- CONUEE. (2017). *Derivados del petróleo.* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/244753/GNL.pdf>
- Salas, A. (2020). *El mercado del gas natural en Brasil.* iCEX. <https://www.icex.es/icex/GetDocumento?dDocName=DOC2020867544&rendition=AlternateWeb&urlNoAcceso=/icex/es/registro/iniciar-sesion/index.html?urlDestino=https://www.icex.es:443/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/estudios-de-mercados-y-otros-documentos-de-comercio-exterior/estudio-mercado-gas-natural-brasil-2020-doc2020867544.html&site=icexES>
- Mentado, P. (2021). *Gas natural cotizará arriba de 5.5 dólares/MMBtu hasta 2022, le pega bajos inventarios en EU: EIA.* Factor Energético. <https://factorenergético.mx/2021/11/09/gas-natural-cotizara-arriba-de-5-5-dolares-mmbtu-hasta-2022-le-pegabajos-inventarios-en-eu-aie/>

- Egan, M. (2021). *El impacto del costo de la calefacción: aumenta el precio del gas natural un 180%*. CNN. <https://cnnespanol.cnn.com/2021/09/28/impacto-precio-calefaccion-aumenta-precio-gas-natural-180-trax/>
- Moreira, H. (2019). *Gas Natural y Seguridad Nacional: Un Reto para México*. CNH. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/485717/05-El_Gas_Natural_y_Seguridad_Nacional.pdf
- Sener. (2020). *Balance de gas natural*. SIE. <https://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=applyOptions>
- Poweroutage. (2021). *Power outages across the United States*. poweroutage.us <https://poweroutage.us/>
- Alexandri, R., et al. (2017). *Prospectiva de gas natural 2016 – 2030*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/177624/Prospectiva_de_Gas_Natural_2016-2030.pdf
- Gobierno de México. (2021). *¿Qué ocasionó el “apagón” en el norte del país y cuál es la situación actual?* Facebook. <https://www.facebook.com/gobmexico/photos/qu%C3%A9-ocasion%C3%B3-el-apag%C3%B3n-en-el-norte-del-pa%C3%ADs-y-cu%C3%A1l-es-la-situaci%C3%B3n-actualconoce-/864283430836014/>
- Alexandri, R., et al. (2017). *Prospectiva de gas natural 2016 – 2031*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/325639/Prospectiva_de_Gas_Natural_2017-2031.pdf
- Comisión Reguladora de Energía, CRE. (2018). *La CRE publicará los Índices de Referencia de Precios de Gas Natural*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cre/prensa/la-cre-publicara-los-indices-de-referencia-de-precios-de-gas-natural?idiom=es>
- Sener. (2018). *Infraestructura de gas natural*. Sener <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1uLUYxcpPsDe3VtKzPpsSMYzVk6M&ll=25.671270151284883%2C-100.94309642748918&z=5>
- Sener. (2020). *Plan quinquenal del Sistrangas, 2020 – 2024*. Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/590407/2PQ_SISTRANGA_S_2020_2024__05-11-2020_.pdf

- Sener. (2018). *Para el 2019 el incremento de la red de gasoductos será del 66 por ciento respecto al 2012, con una longitud de 18 mil 800 kilómetros: PJC.* Sener. <https://www.gob.mx/sener/articulos/para-el-2019-el-incremento-de-la-red-de-gasoductos-sera-del-66-por-ciento-respecto-al-2012-con-una-longitud-de-18-mil-800-kilometros-pjc?idiom=es>
- Rodríguez, I. (2021). *México quema una quinta parte del gas que produce.* La Jornada. <https://www.jornada.com.mx/notas/2021/02/17/economia/atado-a-importaciones-mexico-quema-una-quinta-parte-del-gas-que-produce/>
- TC Energía. (2020). *1er Aniversario del gasoducto Sur de Texas – Tuxpan.* TC Energía. <https://www.tcenergia.com/noticias/2020-09-181er-aniversario-del-gasoducto-sur-de-texas---tuxpan/>
- Energy Information Administration, IEA. (2021). *Natural Gas Data.* IEA. <https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/n9132mx2M.htm>
- Vela, A. (2021). *Construyen en el Bajío terminal de gas natural.* El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/monterrey/2021/07/22/construyen-en-el-bajio-terminal-de-gas-natural/>
- Energía y Sociedad. (2014). *Transporte de GNL.* Energía y Sociedad. <https://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-4-transporte-de-gnl/>
- Loredo, D. (2019). *Cenagas retomará proyectos para almacenar gas natural en México.* Energy 21. <http://energy21.com.mx/petroleo-y-gas/2019/08/22/cenagas-retomara-proyectos-para-almacenar-gas-natural-en-mexico>
- Cenagas. (2018). *Proyecto de Almacenamiento Estratégico.* Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cenagas/acciones-y-programas/proyecto-de-almacenamiento-estrategico-156833>
- Fermaca. (2018). *Preguntas frecuentes.* Fermaca. <https://www.fermaca.com.mx/preguntas-frecuentes/#1533171723908-ad0a885e-6203>
- Sener. (2016). *Mecanismo para el acceso abierto a la capacidad en ductos de internación.* Sener. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/159064/Presentacion_Subsecretario_de_Hidrocarburos_26oct2016.pdf

- INEGI. (2014). *Estructura económica de Nuevo León, en síntesis*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825090029.pdf
- Gobierno de Nuevo León. (2021). *Data Nuevo León*. Nuevo León economía. <http://datos.nl.gob.mx/>
- Arreola, J., y H. Ríos. (2017). *Crecimiento económico, precios y consumo de energía en México*. Scielo. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-84022017000100059
- Rivera, E. (2020). *Nuevo León sigue a la vanguardia en gas natural*. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/monterrey/nuevo-leon-sigue-a-la-vanguardia-en-gas-natural/>
- Lucera. (2018). *¿Cómo llega el gas natural a nuestras casas?* Lucera. [https://lucera.es/blog/el-viaje-del-gas-natural#:~:text=Transporte%20y%20distribuci%C3%B3n,barcos%20metanos%20\(o%20criog%C3%A9nicos\).](https://lucera.es/blog/el-viaje-del-gas-natural#:~:text=Transporte%20y%20distribuci%C3%B3n,barcos%20metanos%20(o%20criog%C3%A9nicos).)
- Energía y Sociedad. (2017). *Distribución de gas natural*. Energía y Sociedad. https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/3-6-distribucion-de-gas-natural/#_ftn24
- Tarqui, L. (2019). *Estaciones de entrega*. City gate. Scribd. <https://es.scribd.com/document/412235307/Estaciones-de-Entrega-City-Gate>
- Neiva, H. (2012). *Distribución del gas natural*. Slideshare. <https://es.slideshare.net/luica1985/distribucin-del-gas-natural>
- Terrence. (2016). *City Gate Station and Distribution Station*. Terrence. <http://www.terrence.com.cn/productdetail?id=61&language=en>
- Cálidda. (2004). *Estudio de diseño de redes*. Gas Natural del Lima y Callao. http://www2.osinerg.gob.pe/ProcReg/GasNatural/TarifaDistribucion/pdf%5CProp_tarif_Anexo6.pdf

NBER. (2001). *Why Tropical Countries are Underdeveloped*. NBER. <https://www.nber.org/digest/jun01/why-tropical-countries-are-underdeveloped>

Socalgas. (2016). *Seguridad y servicios del gas natural*. Socalgas. https://www.socalgas.com/1443740980285/HomeEnergy_SafetyGuide_Spanish.pdf

Cálidda. (2019). *Mecanismos de Seguridad Del Sistema de Distribución de Gas Natural en Lima y Callao*. Grupo Energía Bogotá. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/fil20150612171728.pdf>

Asociación Mexicana del Gas Natural, AMGN. (2015). *Regulación del gas natural en México*. AMGN. <http://www.amgn.org.mx/regulacion.html>

Agencia Nacional de Hidrocarburos. (2017). *Construcción de redes de gas natural*. ANH Bolivia. https://www.anh.gob.bo/InsideFiles/Documentos/Documentos_Id-181-151215-0105-0.pdf

Energy & Commerce. (2020). *Gas Natural en el sureste, clave para el crecimiento industrial*. Energy and Commerce. <https://energyandcommerce.com.mx/gas-natural-en-el-sureste/>

Cámara mexicana de la industria de la construcción. (2020). *Infraestructura del sector energético*. CMIC. <https://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/electricidad/Proyectosestrategicos/Datos%20Estad%C3%ADsticos%20El%C3%A9ctrico%202020.pdf>

Manrique, A. (2017). *¿Cuántas centrales eléctricas tenemos en México?* TestaMarketing. <https://testamarketing.com/blog/articulos/cuántas-centrales-electricas-tenemos-en-mexico>

Preciogas. (2022). *¿Qué es el gas natural? Fórmula y composición*. Selectra. <https://preciogas.com/instalaciones/gas-natural/composicion>

Geología web. (2020). *Usos del gas natural*. Geología web. <https://geologiaweb.com/recursos-naturales/usos-gas-natural/>

- Crea Soluciones. (2020). *Principales parques industriales y sus ubicaciones en México*. Crea. <https://creasoluciones.com.mx/principales-parques-industriales-y-sus-ubicaciones-en-mexico/>
- Tarifas de luz. (2022). *Empresas de gas natural en México*. Selectra. <https://tarifasdeluz.mx/gas-natural/companias>
- Asociación mexicana de parques industriales privados. (2018). *Mapa interactivo*. AMPIP. <https://www.ampip.org.mx/mapa-interactivo>
- Preciogas. (2022). *Solicitar acometida de gas natural: precios y derechos*. Selectra. <https://preciogas.com/instalaciones/gas-natural/acometida>
- Eisenberg. (2020). *Sistema SCADA: qué es y cómo ayuda en el control de gas natural*. Eisenberg. <https://www.eisenberg.com.mx/infraestructura/sistema-scada-que-es-y-como-ayuda-en-el-control-del-gas-natural/>
- Monroy, M. y R. Ramírez. (2013). *Análisis de la operabilidad del sistema nacional de transporte por ducto de gas natural con la implementación del sistema SCADA*. UNAM. México. Tesis de licenciatura. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/iq/tesis/tesis_ramirez_galicia.pdf
- Flores, O. y M. Robles. (2015). *La industria del gas: El caso Monterrey. Historia de leyes y oportunidades 1940 – 2013*. Sociotam. <https://www.redalyc.org/pdf/654/65452535002.pdf>
- Naturgy. (2020). *Conoce tu factura*. Naturgy. https://www.naturgy.com.mx/mx/particulares/servicio_al_cliente/factura/conoce_tu_factura
- México, Cómo vamos. (2022). *Crecimiento nacional y estatal de la economía mexicana. México, ¿cómo vamos?* <https://mexicocomovamos.mx/publicaciones/2021/08/crecimiento-nacional-estatal-de-la-economia-mexicana/>
- Naturgy. (2021). *Conociendo tu factura*. Naturgy. https://www.naturgy.com.mx/mx/files/NTGY_Conoce_tu_factura092021.pdf
- Inegi. (2018). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares. ENCEVI – 2018*.

https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/encevi/2018/doc/encevi2018_presentacion_resultados.pdf

CRE. (2011). *Conoce el servicio de gas natural para tu casa o negocio*. CRE.
<https://www.cre.gob.mx/documento/6072.pdf>