



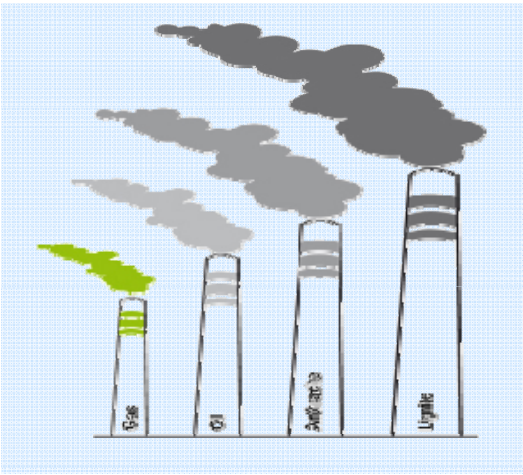
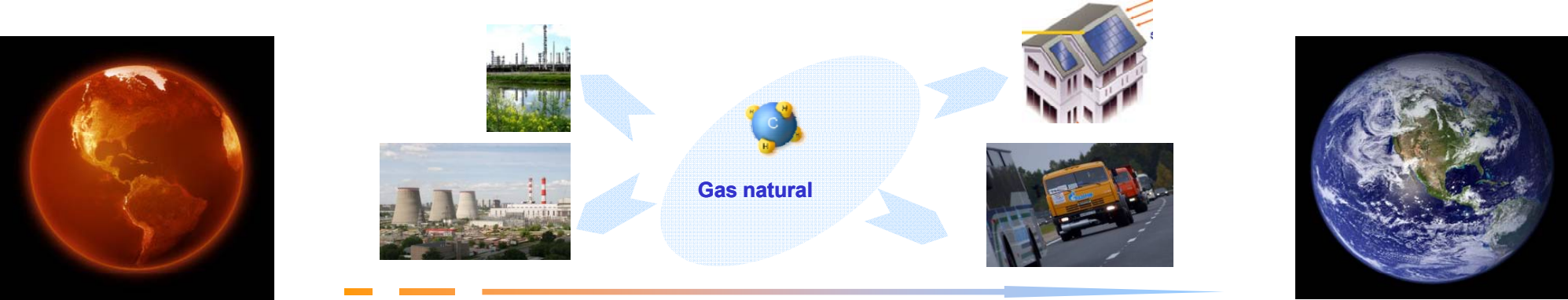
Almacenamiento subterráneo de gas

Director del Departamento de
almacenamiento subterráneo de gas,
Candidato al doctor en ciencias técnicas
G. N. Rúban

Moscú 2010

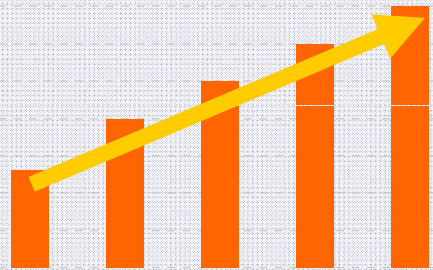
Ventajas de uso del gas natural

El desarrollo rápido de industrialización, urbanización y automatización de los países de la Región Asia-Pacífico y de América Latina provoca el crecimiento del consumo energético. «El gas natural, desde el punto de vista de seguridad energética, es la fuente energética más segura bajo el régimen pico en comparación con otras fuentes, incluyendo energía nuclear, solar, eólica e energía hidráulica. Nadie puede garantizar que se pueda satisfacer la demanda pico mediante las fuentes renovables de energía» (A. B. Miller, WGC2009 Argentina Buenos Aires).



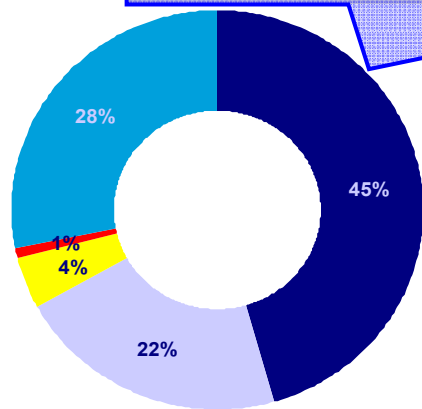
El nivel más bajo de emisiones de los gases de escape en comparación con otros tipos de combustible fósil (asegura el 30 - 50% menor de emisiones en comparación con carbón o petróleo)

Incremento del consumo energético en el mundo

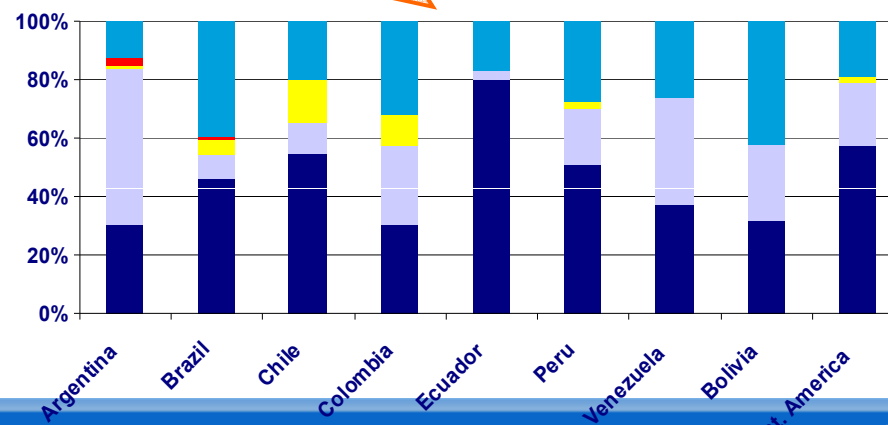


Estructura del balance energético de los países de América Latina (2009)

Región	Recursos energéticos Total, M Ton o.e.	Petróleo %	Gas natural, %	Carbón %	Energía nuclear %	Energía Hidroeléctrica %
Argentina	73,3	30,4	52,9	1,5	2,5	12,6
Brasil	225,7	46,2	8,1	5,2	1,3	39,2
Bolivia	9,5	46,0	30,0	0,0	0,0	4,0
Venezuela	73,6	37,2	36,4	0,0	0,0	26,5
Colombia	29,0	30,3	26,9	10,7	0,0	32,1
Perú	16,6	51,2	18,7	3,0	0,0	27,1
Chile	28,1	54,8	10,7	14,6	0,0	19,9
Ecuador	12,4	79,8	3,2	0,0	0,0	16,9
Otros Países	94,6	57,1	22,0	1,8	0,0	19,0
América Latina, Total	562,9	45,5	21,5	4,0	0,8	28,1



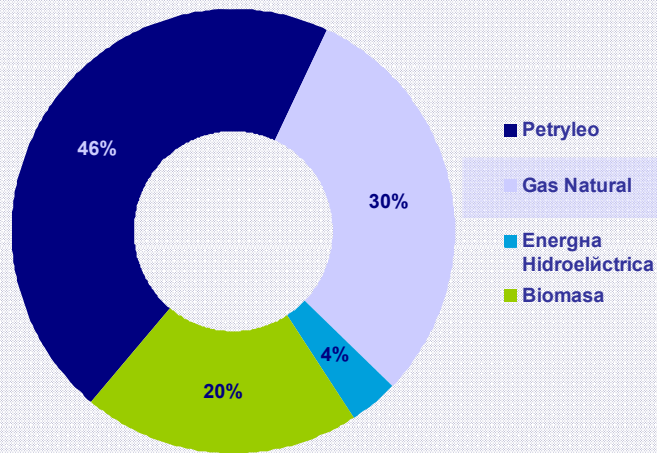
- Petróleo
- Gas Natural
- Carbón
- Energía Nuclear
- Energía Hidroeléctrica



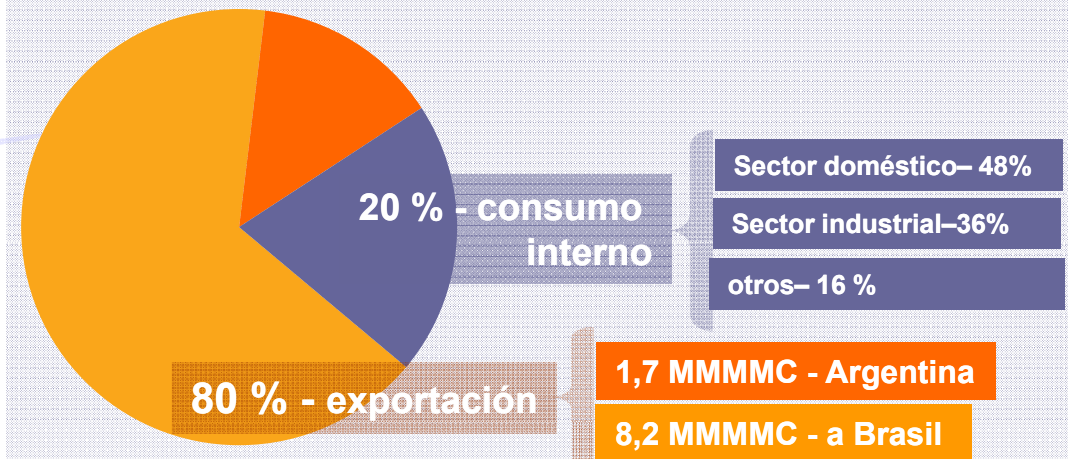
Source: BP statistical Review of world energy 2010, EIA

Estructura del consumo de gas en Bolivia

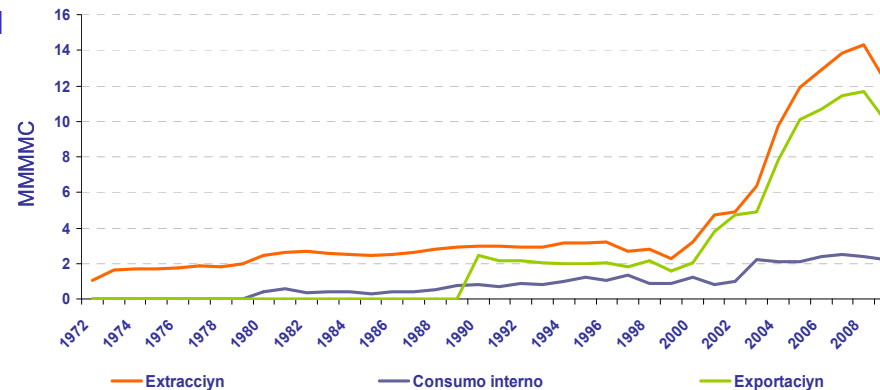
Estructura del consumo de los recursos energéticos originales de Bolivia



Estructura de distribución del gas natural, Bolivia



Dinámica de consumo del gas natural en Bolivia durante el período 1980 – 2009



Bolivia es un exportador grande de gas en perspectiva futura

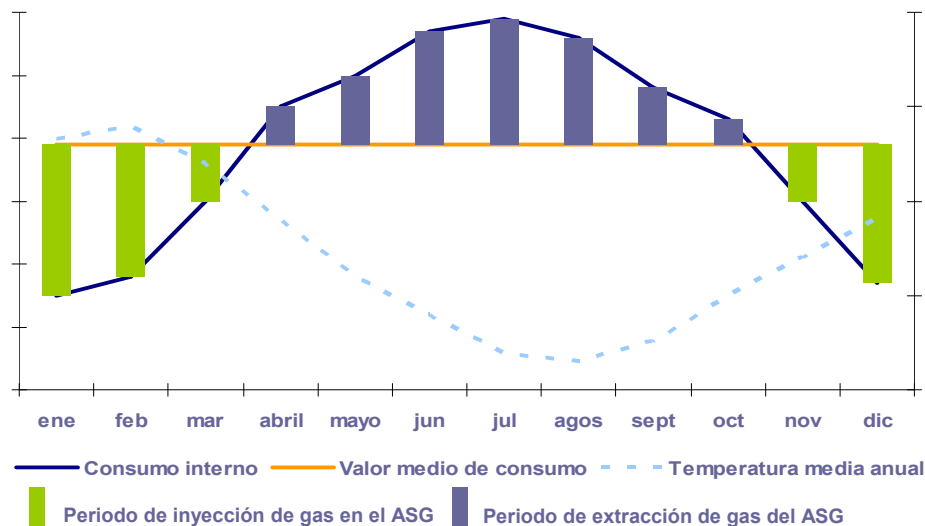
Source: BP, EIA, Ministry of Hydrocarbons



Almacенamientos subterráneos de gas

Irregularidad de consumo de gas

El gráfico aproximado de consumo de gas en los países de América Latina



Copnsecuencias de las irregularidades de consumo de gas

- empeoramiento del estado mecánico de las instalaciones de producción y transporte de gas;
- desgaste físico elevado del equipamiento;
- Incremento de los plazos de mantenimiento en las instalaciones operativas;
- incremento de gastos económicos de las empresas;
- descenso de los gastos de desarrollo y ampliación del negocio gasífero, implantación de nuevas tecnologías y técnicas, necesidades sociales

País	Porcentaje de las irregularidades de los consumos de gas
Rusia	14,6
Alemania	12,6
Reino Unido	11,8
Turquía	8,4
Irán	13,3
Bolivia	12,3
Brasil	14,5
Argentina	15,6
Venezuela	8,1

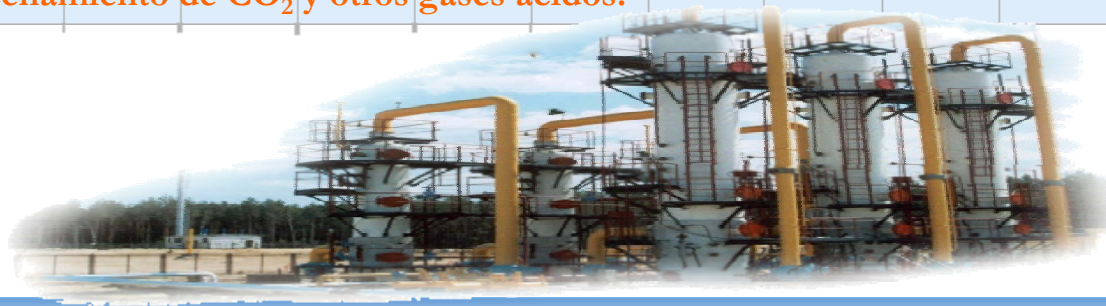
Objetivos de ASG

El ASG es una unidad técnica dedicada a la transformación de las irregularidades de suministro gasífero en un régimen estacionario

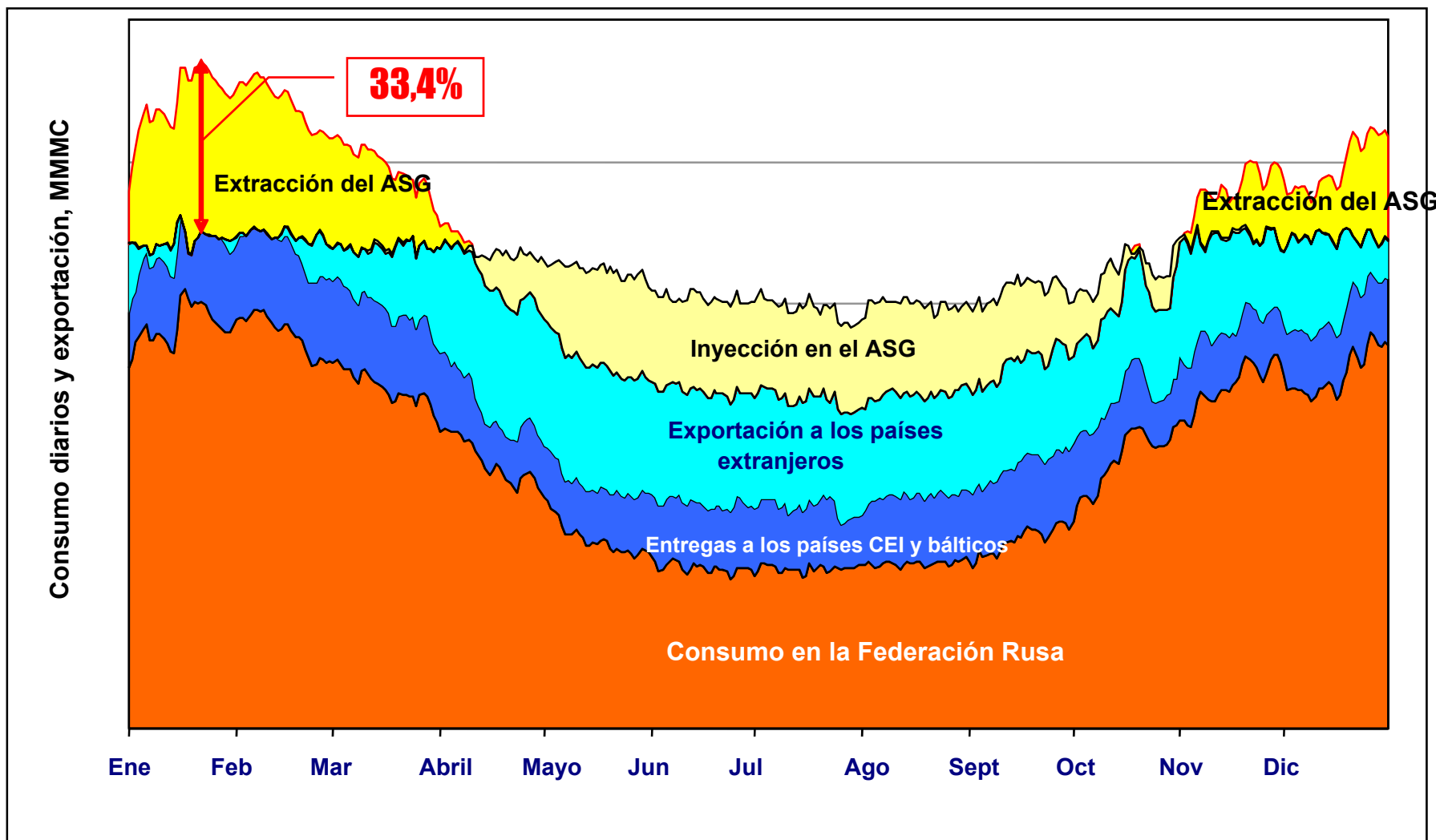
- ☑ Controlar la irregularidad temporal de consumo de gas;
- ☑ Compensar entregas insuficientes de gas en caso de emergencias;
- ☑ En caso de situaciones imprevistas de producción y distribución de gas;
- ☑ Garantizar la exportación segura de gas;
- ☑ Crear la reserva estratégica del estado;

Nuevos objetivos:

- ☑ Crear la reserva de mercado (comercio spot);
- ☑ Almacenamiento temporal del gas asociado del petróleo;
- ☑ Almacenar el GNL regasificado;
- ☑ Almacenar helio;
- ☑ Almacenamiento de CO₂ y otros gases ácidos.



Papel del ASG en el balance de gas de la F.R.



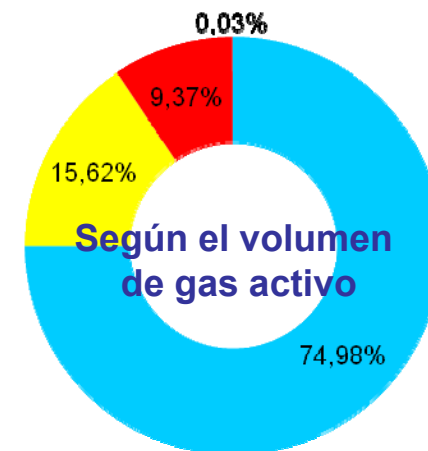
Distribución de los ASG según los tipos

ASG en el mundo

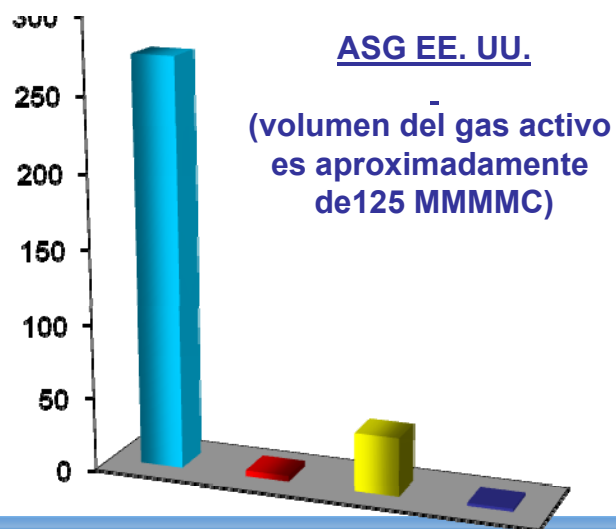
(volumen activo de gas de unos 350 MMMMC)



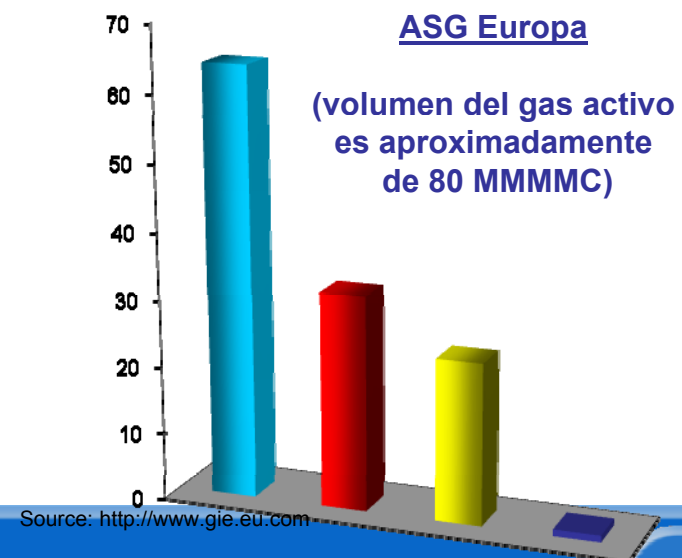
- Campes agotados
- Domos salinas
- Horizontes acuíferos
- Minas abandonadas



Source: Gazprom

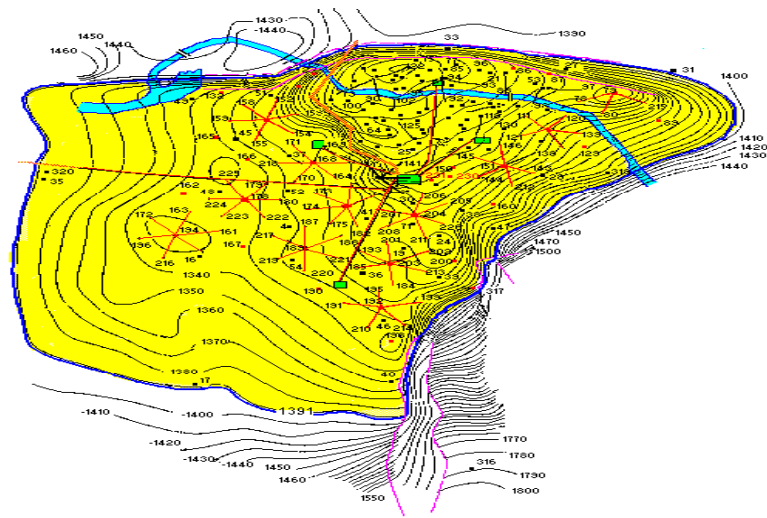


Source: IEA



Source: <http://www.gie.eu.com>

ASG en los campos gasíferos agotados

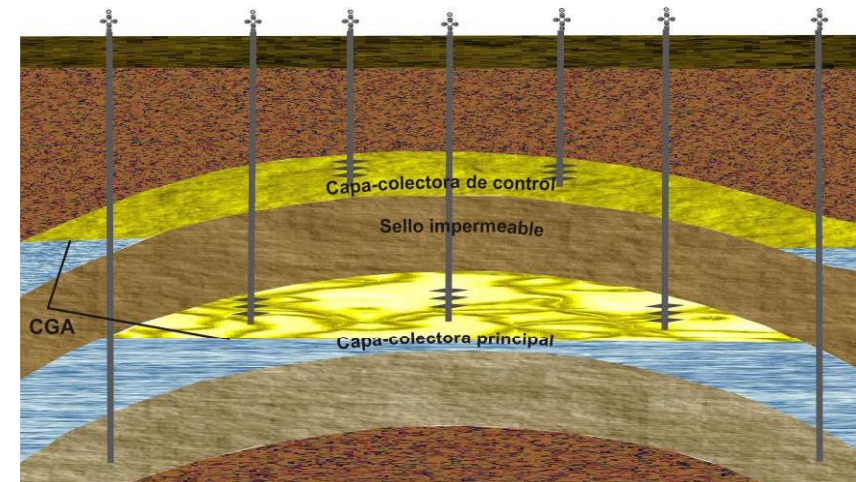


Criterios de selección de yacimientos

- El volumen poroso suficiente para la creación de las reservas necesarias del gas;
- La amplitud de la trampa estructural;
- La profundidad de la ubicación de la capa-colectora en la cual se planifica la creación del ASG;
- La existencia de la hermeticidad requerida;
- La existencia de un horizonte de control;
- Que no existan en las áreas aledañas pozos en desuso y posos derrumbados antiguos;

Ventajas:

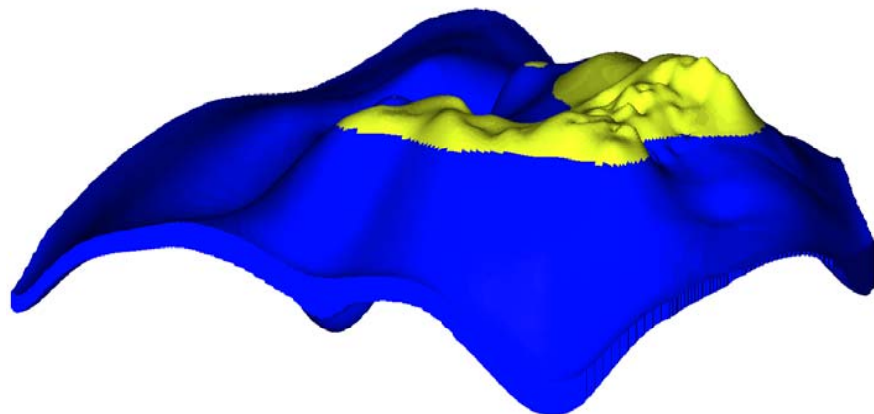
- Los estudios existentes de la capa-colectora en la cual se planifica construir ASG;
- La hermeticidad probada del objeto geológico;
- La posibilidad de la utilización de gases geológicos sobrantes como gas-bufer;
- La posibilidad del uso de las infraestructuras existentes y el personal capacitado;
- La posibilidad de usar los posos existentes.



Diferencias entre el proceso de almacenamiento subterráneo de gas y explotación del campo

Campo	ASG
Yacimiento natural	Yacimiento artificial
Está en explotación durante decenas de años Recobro el diario no elevado	El ASG está en operación durante varias decenas de años El volumen activo de gas se recolecta durante 70 – 180 días
Pequeña cantidad de pozos	La cantidad de los pozos normalmente es considerablemente mayor que en los campos
Flujo de gas unidireccional desde el yacimiento hasta el gasoducto;	Flujo de gas reversible-del yacimiento al gasoducto y del gasoducto al yacimiento
Saturación de gas disminuye	La saturación de gas durante todo el período del ciclo de vida periódicamente disminuye e incrementa
CGA se desplaza desde el área periférico hacia el centro	CGA no tiene límites restringidos y puede variar dependiendo de la orientación
Depresión regulada	La depresión es regulable, pero represiones durante la inyección de gas casi no se regulan
La presión en el yacimiento durante su explotación disminuye La temperatura en el yacimiento durante su explotación disminuye	Los valores de presión y temperatura se varían en el diapasón amplio
Extracción a compresión en la etapa final de explotación	Se utiliza la inyección y extracción de compresión
El sistema de control está orientado a la optimización de la explotación y prevención de inundaciones en el pozo	Es sistema de control cumple funciones de optimización, control sobre la hermeticidad del ASG tanto a lo largo por la sección, como por el área ocupada

ASG el yacimiento acuífero



En el caso de que en la región examinada no existan campos de petróleo y gas aceptables para la creación del ASG, se realiza la prospección de las estructuras acuíferas

Requerimientos a la estructura potencial

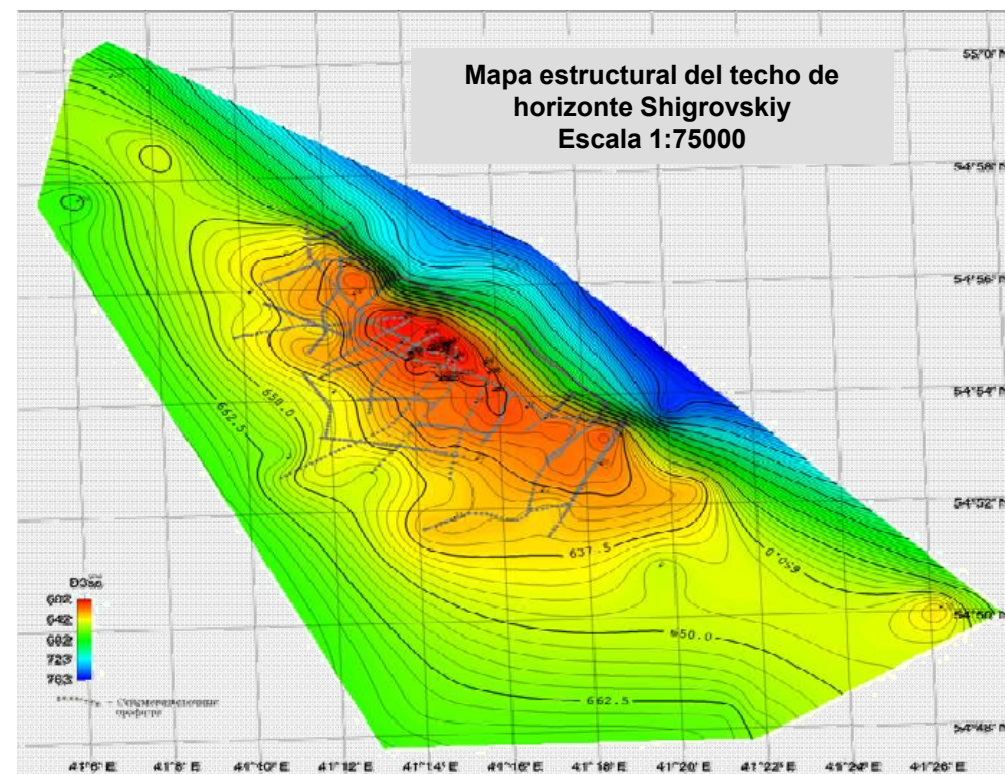
Permeabilidad $> 0,2-0,3 D$

Capacidad $> 4-6m$

Porosidad $> 10-15\%$

Permeabilidad del sello $< 0,01 mD$

El volumen del sistema de empuje de agua deberá superar el volumen del almacenamiento en varias centenas de veces, si no existe el área de su desagüe



Características principales de los ASG en estructuras salinas

Dimensiones típicas

Volumen– 350000-750000 MC

Volumen del gas activo hasta 90 MMMC

Gas operativo= (presión máx. – presión min.)*volumen

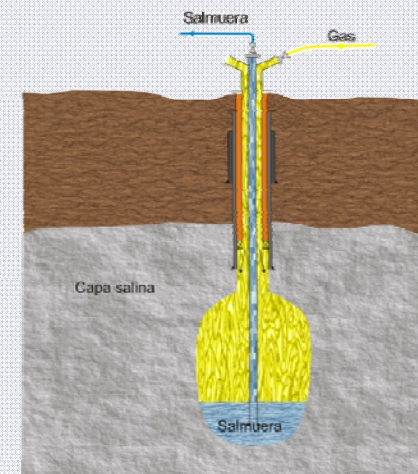
Altura – 300 m (domos salinos)

Diámetro max. – 70 m

Presión max.– 200 bares (80% de la presión minera a la profundidad del zapato de la columna de revestimiento)

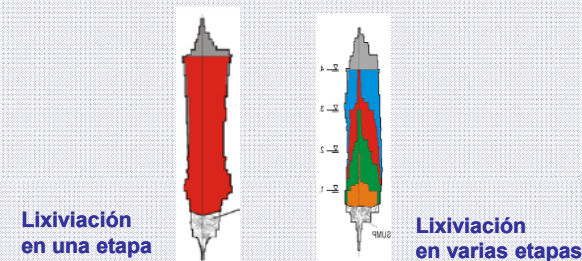
Presión min. = presión max. / 3

Diapasón de profundidades– 500 – 1700 m



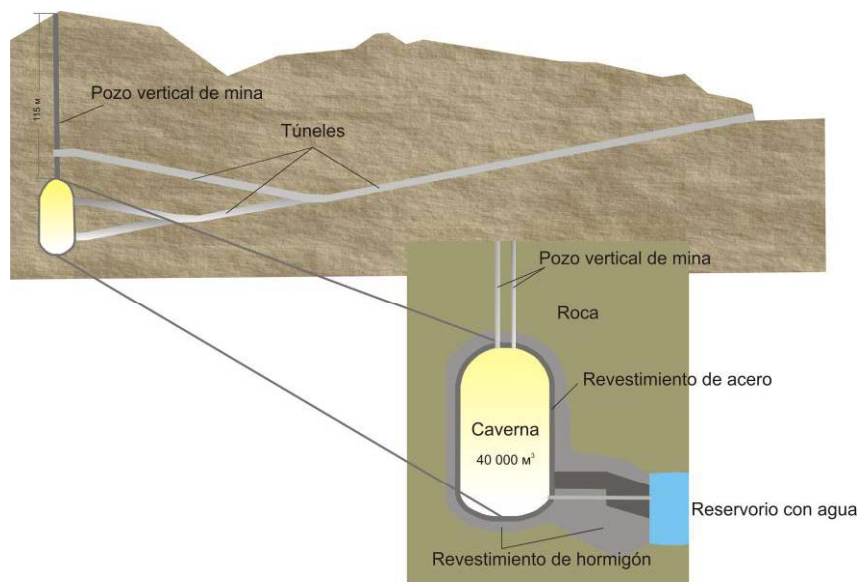
Principios básicos de lixiviación

- Estrategia de lixiviación
- Simulación computacional y piloto
- Eliminación de disolución salina
- Unidad compresora
- Control sobre la lixiviación de estructuras salinas

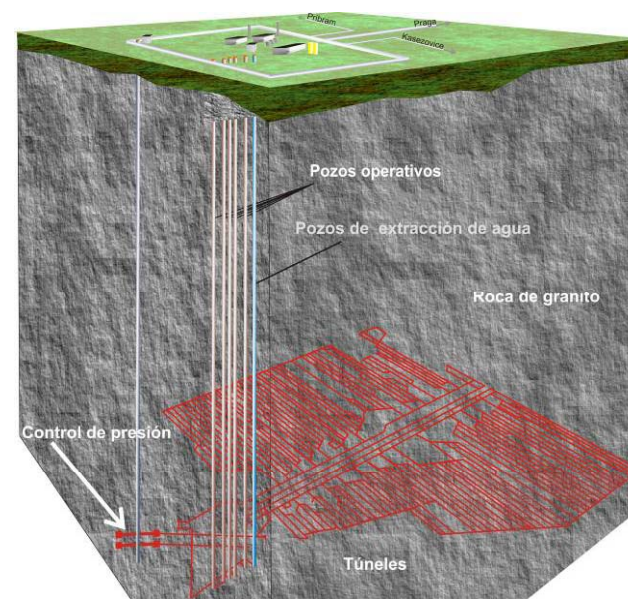


ASG en rocas sólidas

ASG Scallen ΠΧΓ (Suecia)



ASG Jaie en las rocas de granito (Chequia)



Puesto en funcionamiento	2004
Volumen activo de gas	8,5 MMMC
Volumen bufer de gas	1,5 MMMC
Volumen máximo de extracción	960 MMCD
Volumen mínimo de extracción	432 MMCD
Profundidad	115 m
Presión máxima	20 MPa

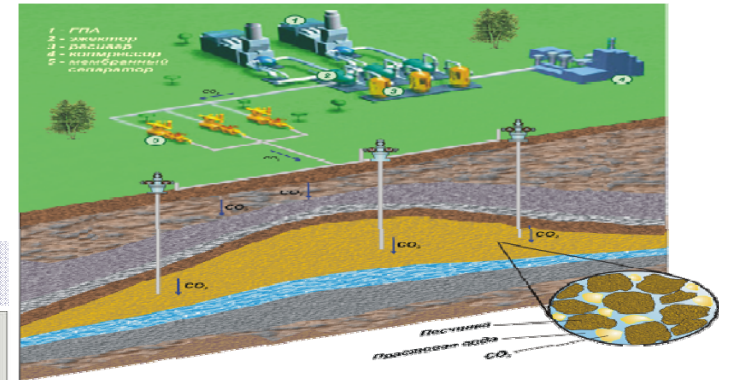
Puesto en funcionamiento	1998
Volumen activo de gas	60 MMMC
Volumen bufer de gas	12,7 MMMC
Volumen máximo de extracción	6 MMMCD
Volumen mínimo de extracción	7,2 MMMCD
Profundidad	1000 m
Presión máxima	12,5 MPa

Nuevos objetivos para el desarrollo de las tecnologías ASG

Creación de los almacenamientos temporales para el gas asociado del petróleo



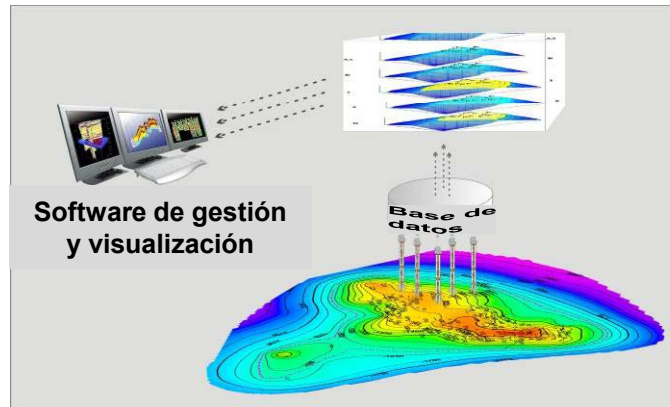
Uso de las tecnologías ASG Para almacenamiento de CO2 y otras emisiones industriales gaseosas



Creación de los almacenamiento subterráneos en minas, incluyendo el almacenamiento de helio



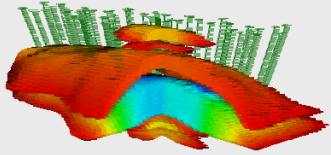
Creación de los ASG inteligentes



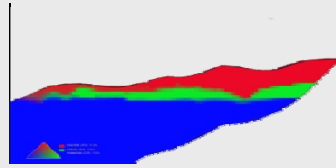
La creación de los ASG para regasificación de GNL cerca de los terminales de recibo



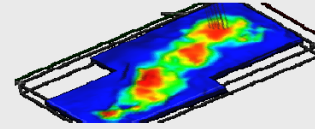
Creación de almacenamientos subterráneos de gas para el gas asociado al petróleo



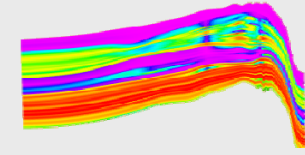
Yacimiento de gas CGC



Capa gasífera de CPGC



Yacimiento agotado de petróleo



Horizonte acuífero

Criterios básicos de selección de yacimiento

- Volumen necesario de la trampa
- Hermeticidad considerando el almacenamiento activo y elevación constante de la presión
- Coeficiente del uso de la trampa no inferior a 0.3 - 0.4
- Coeficiente de extracción de los volúmenes inyectados de gas no inferior a 0.7

Período de inyección:

Se determina por los ritmos de explotación del campo

Período de almacenamiento:

Se determina por las necesidades de almacenamiento de gas y puede durar varios años

Período de extracción:

Se determina por el sistema de acondicionamiento técnico, presencia de las plantas de procesamiento de gas, demanda propia de gas, existencia del sistema de transporte de gas y sus parámetros técnicos



El funcionamiento se realiza en el régimen acíclico

almacenamientos subterráneos de gas

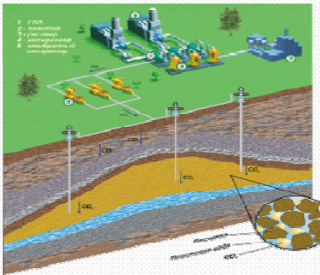
Etapas principales de la realización del proyecto recolección y almacenamiento de las emisiones industriales gaseosas:



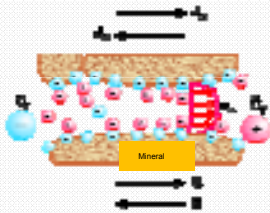
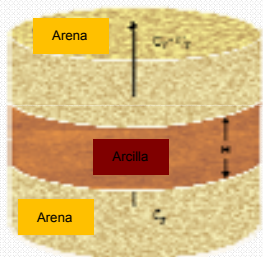
Recolección de gases de las fuentes de emisiones



Su transporte hasta el lugar de almacenamiento



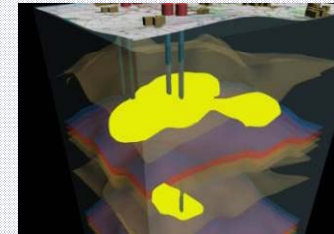
Selección de la estructura geológica para almacenamiento, considerando la fase de los gases a inyectar



Investigaciones del impacto de las emisiones industriales gaseosas sobre la roca del yacimiento utilizado

Elaboración de la tecnología de inyección y almacenamiento de la mezcla de gases:

- instalaciones operativas
- refrigeración
- separación de la mezcla de gases
- compresión

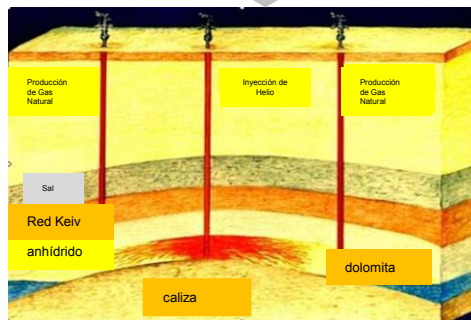


Elaboración de la tecnología de uso de CO₂ para sustitución parcial del gas bufer

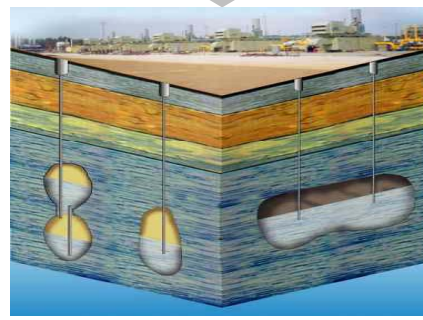
Almacenamiento subterráneo de helio



La explotación de los campos de Siberia Oriental está asociada con elaboración de las tecnologías nuevas de extracción, almacenamiento y transporte de helio y de concentrado de helio para su exportación al mercado energético mundial



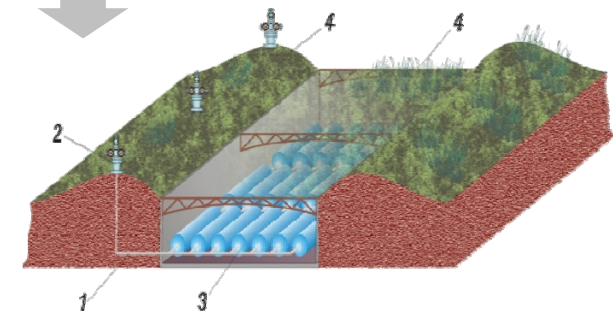
Inyección inversa de helio el yacimiento poroso



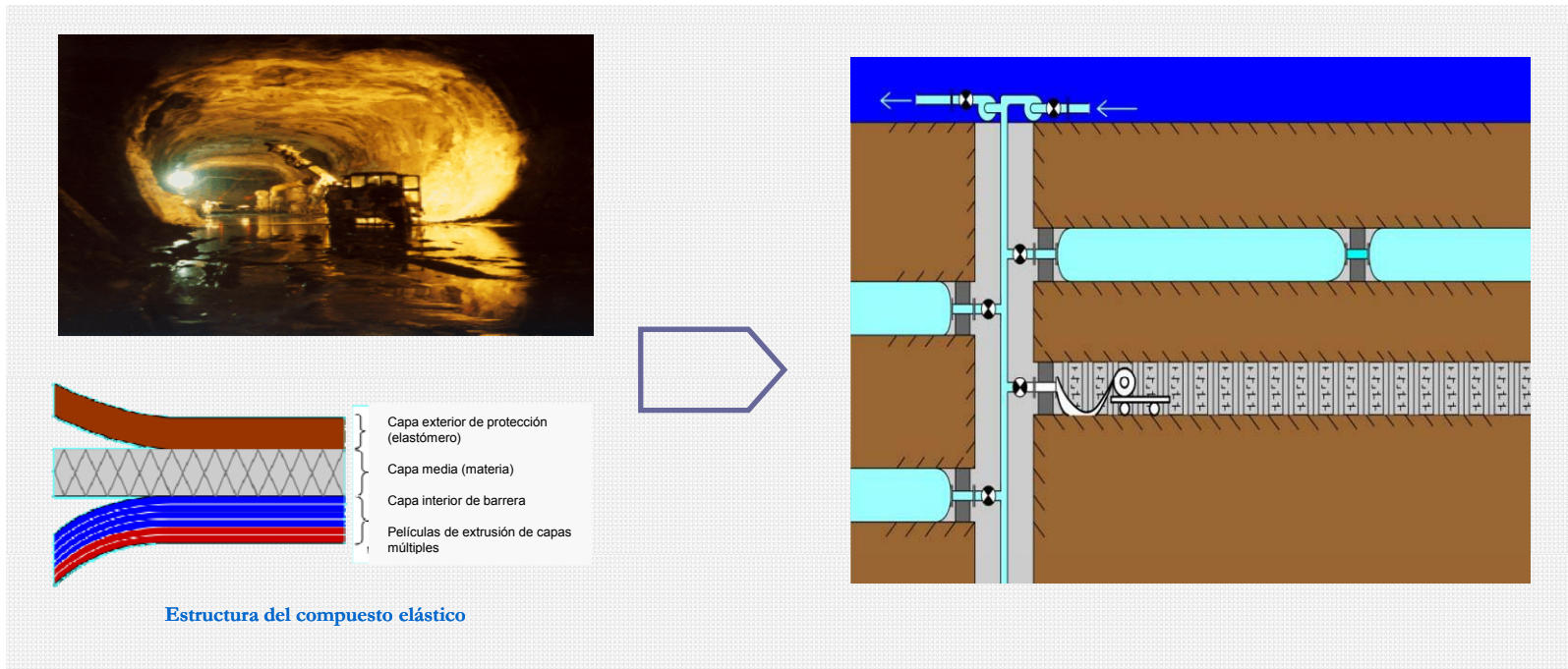
Creación de almacenamientos de helio en domos salinos



Actualmente se realizan las investigaciones y elaboraciones piloto de nuevas tecnologías para la creación de los almacenamientos de alta hermeticidad de helio en las minas abandonadas



Creación de los ASG De nuevo tipo en las minas agotadas, incluyendo para almacenamiento de helio



La creación de los ASG en los túneles de minas, aplicando reservorios elásticos, Permite utilizar la infraestructura existente y el personal, organizar el almacenaje de alta calidad del gas natural bajo la presión hasta 150 bares con gastos mínimos y máximas velocidades posibles para la inyección y extracción de gas bajo el aislamiento completo de gas de las aguas intersticiales.

La aplicación de los reservorios elásticos permitirá también organizar almacenamiento de alta calidad de helio y CO₂.

Condiciones para la creación de los ASG para GNL regasificado cerca de los terminales de recibo

Condiciones

Países que importan GNL en grandes volúmenes. Condiciones geológicas necesarias para la creación del ASG

Objetivo

Organizar el recibo del gas regasificado y llenar los tanques transportadores de metano

Tecnología

Regasificación de GNL se realiza al bordo del tanque.

Inyección en el ASG de los volúmenes de gas excesivos en un momento dado.

Extracción de gas del ASG bajo la demanda elevada

Efecto

Coste del ASG es considerablemente menor que el coste de los almacenes isotérmicos de GNL.

Minimización de los riesgos, asociados al transporte de GNL.

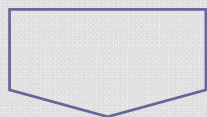
Disminución del impacto ambiental en comparación con los almacenes isotérmicos del GNL



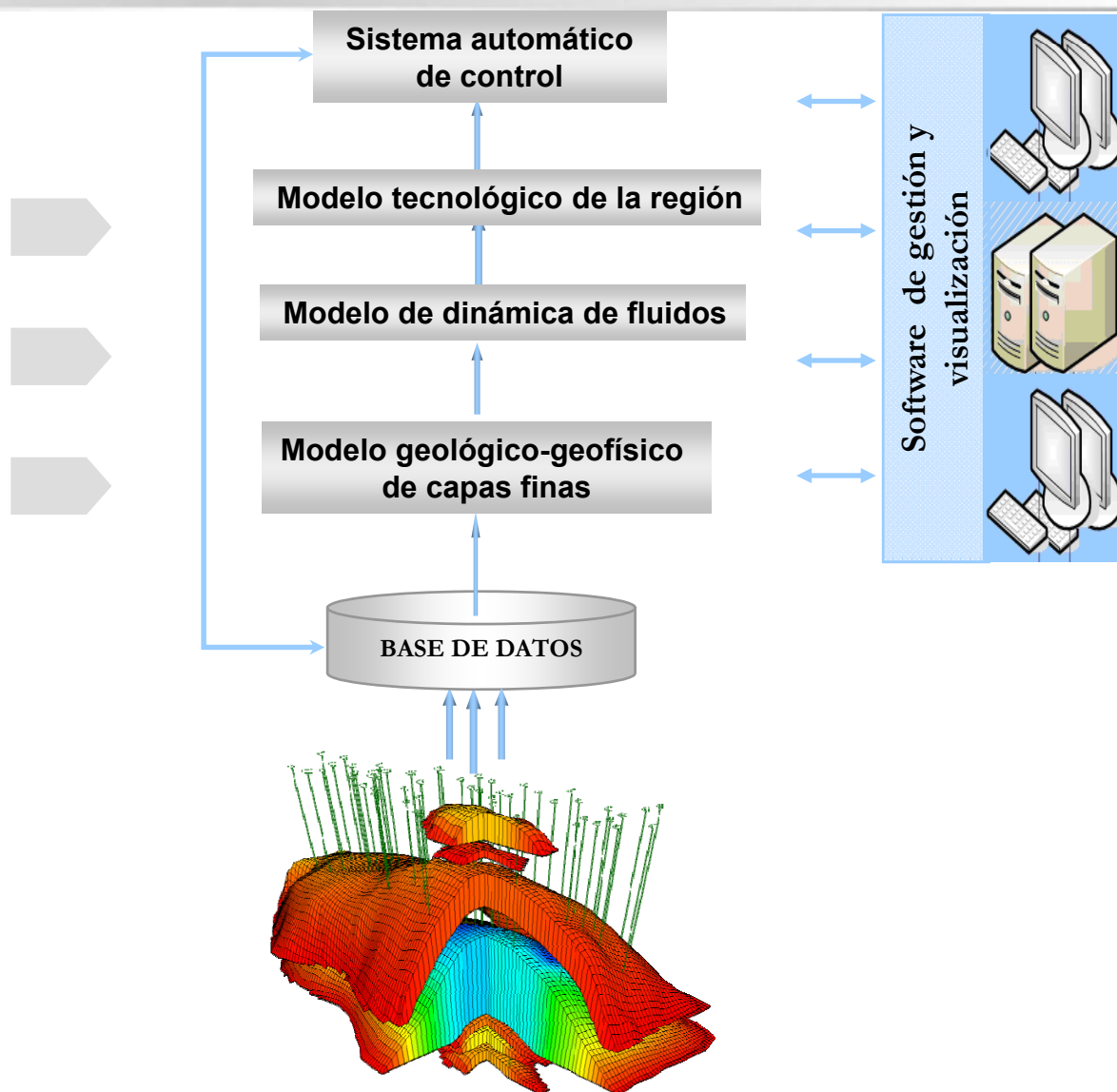
Courtesy of Shannon LNG Inc

ASG «Intelectual»

Para organizar la gestión más efectiva de los procesos transcurrentes en el yacimiento, se realizan trabajos de perfeccionamiento del sistema del control geológico-geofísico sobre el funcionamiento del ASG



Como resultado de las presentes elaboraciones se crearán ASG autocontrolables basándose en sistemas inteligentes



VNIIGAZ en el siglo XXI



S.R.L. «Gazprom VNIIGAZ» – es el líder científico de SACA «Gazprom»

Realiza las investigaciones complejas en los márgenes de proyectos estratégicos y directivas de SACA «Gazprom»

Elabora las bases metódicas y normativas para las empresas del Grupo Gazprom e industria mecánica

Realiza los proyectos conjuntos en 38 países del mundo

Realiza las actividades acorde a los estándares internacionales de calidad

VNIIGAZ es el líder ruso en el campo de tecnologías gasíferas e investigaciones científicas, coordinador de los proyectos y programas de ingeniería en los siguientes campos:

- ◆ Geología de territorio gasífero (incluyendo Costa Afuera)
- ◆ Elaboración y explotación de los campos gasíferos;
- ◆ Producción, procesamiento y almacenamiento de hidrocarburos
- ◆ Transporte de gas
- ◆ Seguridad y estabilidad de entregas, higiene ambiental e industrial

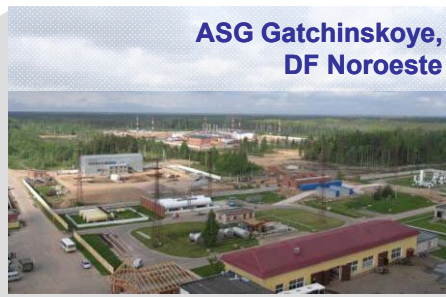
Papel de SRL «Gazprom VNIIGAZ» en la creación y desarrollo del sistema ASG

SRL «Gazprom VNIIGAZ» elaboró y realizó los proyectos tecnológicos de la mayoría de los ASG, que funcionan en Rusia, en los países CIS y en Europa Oriental incluyendo:



ASG más grande en el mundo, construido en el campo agotado de gas

ASG más grande en el mundo, construido en el horizonte acuoso



El único almacenamiento en el mundo, construido en el yacimiento horizontal

ASG en levantamientos de poca amplitud

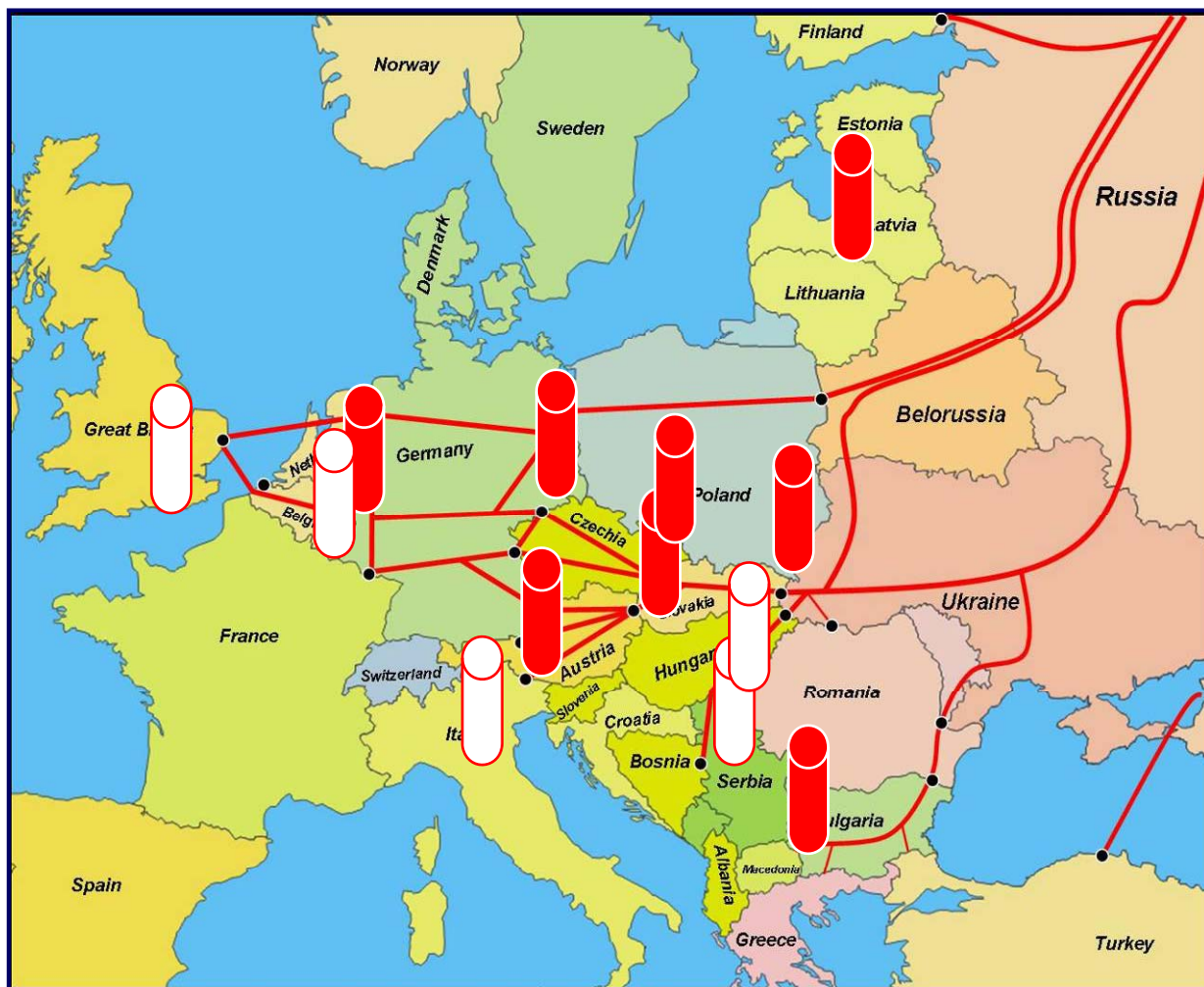


ASG en los colectores terrígenos no homogéneos de los yacimientos acuosos y campos agotados

ASG en yacimientos agotados de gas de tipo arrecife



Proyectos de construcción de los ASG en los países extranjeros



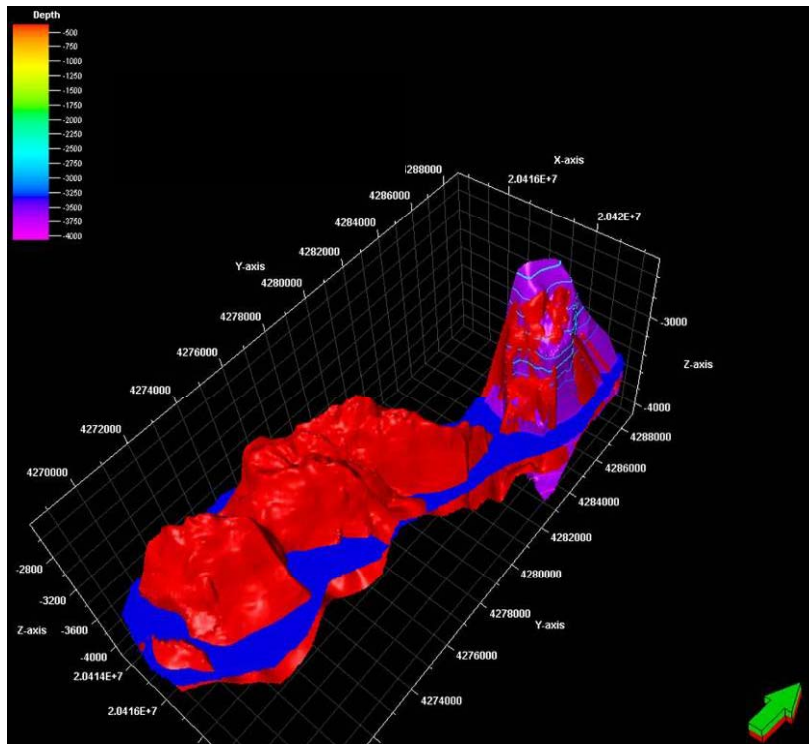
Fue elaborado el Conceptual de desarrollo y uso de los ASG en los países de tránsito y exportación para incrementar la seguridad y flexibilidad de las entregas de gas de SACA “Gazprom” a los países extranjeros.

Fueron realizados los proyectos y otros trabajos asociados a la creación de los ASG En Polonia, Bulgaria, Eslovaquia, República Checa, Austria, Alemania, Irán, China.

Fueron evaluados los yacimientos potenciales para la creación de ASG en Italia, Holanda, Hungría y Bélgica.

Los proyectos más importantes

Factibilidad de las posibilidades y prestación de servicios técnicos asociados al proyecto de creación del ASG a base del yacimiento petrolífero (China)



En márgenes de elaboración del Plan estratégico de desarrollo de la industria gasífera de la República Bolivariana de Venezuela fue elaborado el Conceptual de creación y desarrollo del sistema de almacenaje subterráneo de gas de Venezuela hasta 2030

Adiestramiento de los especialistas de alta calificación

En S.R.L. «Gazprom VNIIGAZ» fueron creadas las cátedras de la Universidad Estatal de Petróleo y Gas I.M. Gúbkin

«Tecnologías gasíferas y ASG»

«Explotación de los campos marinos de petróleo y gas»

«Física de los yacimientos de petróleo y gas y simulación tecnológica»



Adiestramiento de los especialistas de las empresas de petróleo y gas de Rusia y de los países extranjeros

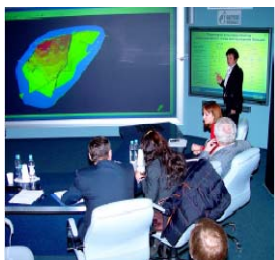


Programas de adiestramiento y capacitación de S.R.L «Gazprom VNIIGAZ»

Geología y explotación de los campos
Soldadura y control
ASG



Aseguramiento de la protección anticorrosiva efectiva
Tecnologías de sustitución de los revestimientos de aislamiento durante el mantenimiento de GP
Higiene Laboral



Centro de visualización según su equipamiento técnico es uno de los mejores centros en Rusia. Asegura la representación de los modelos 3D de los campos de petróleo y gas y de los ASG



Oficina central SRL "VNIIGAZ"

Región de Moscú, P. Razvilka,

internet: www.vniigaz.ru

intranet: www.vniigaz.gazprom.ru

e-mail: vniigaz@vniigaz.gazprom.ru

teléfono: (+7 495) 355-92-06

fax: (+7 495) 399-32-63



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Filial SRL "VNIIGAZ" - SEVERNIPIGAZ

c/ Sevastopolskaya, 1"a", c. Ujtá, Rep. Komi, FR

Tel/fax(+7 2147) 3-01-42

e-mail: sng@sng.vniigaz.gazprom.ru



Departamento del acompañamiento científico y técnico

del desarrollo de los yacimientos de la península

Yamal y la zona acuífera de la c. Salejard

Rep. Yanao, C. Salejard, Calle Lenina, 27

Tel/fax (8 34922) 46-210; 46-264; 46-256



Sistema de suministro gasífero en Bolivia

Sistema de transporte de gas América Latina

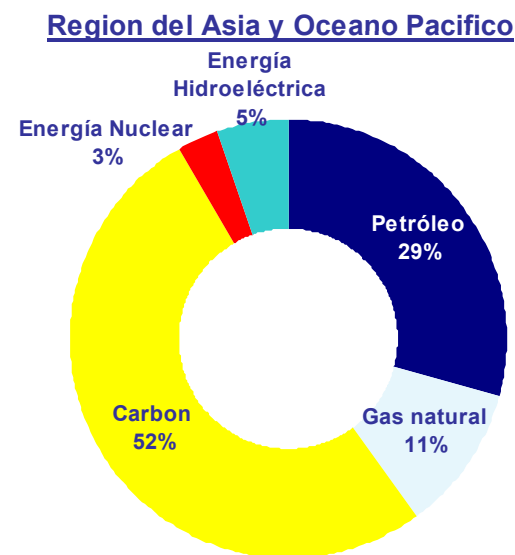
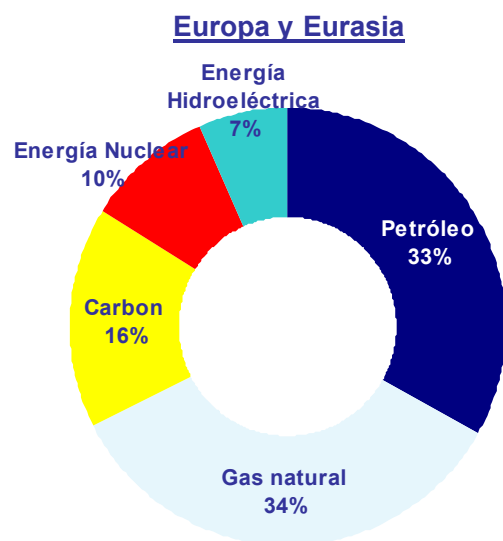
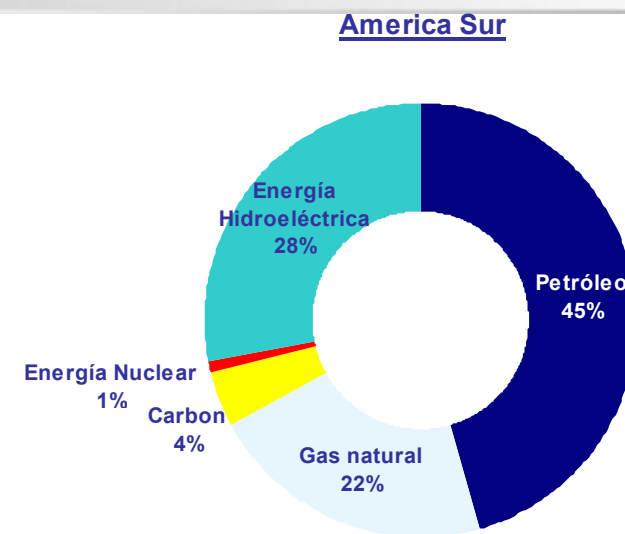
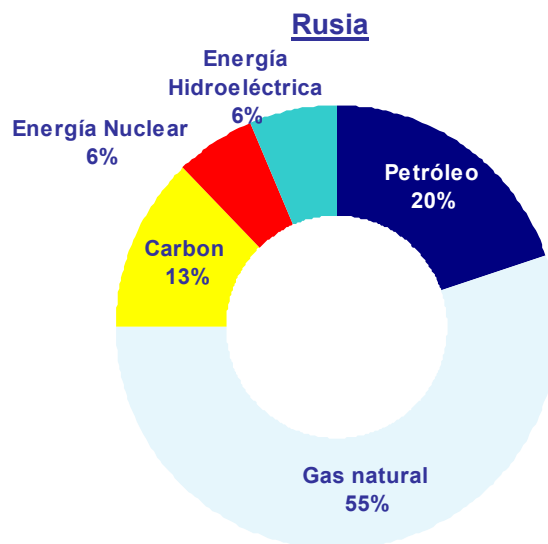
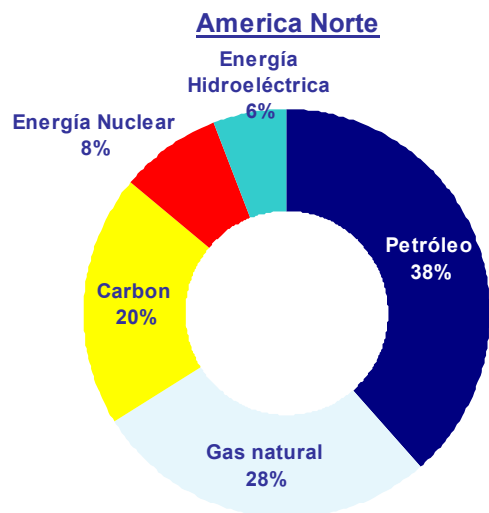


Regiones de producción de petróleo y gas natural de Bolivia



Bolivia es un centro importante de distribución de gas en América latina en futuro

Estructura del balance energético



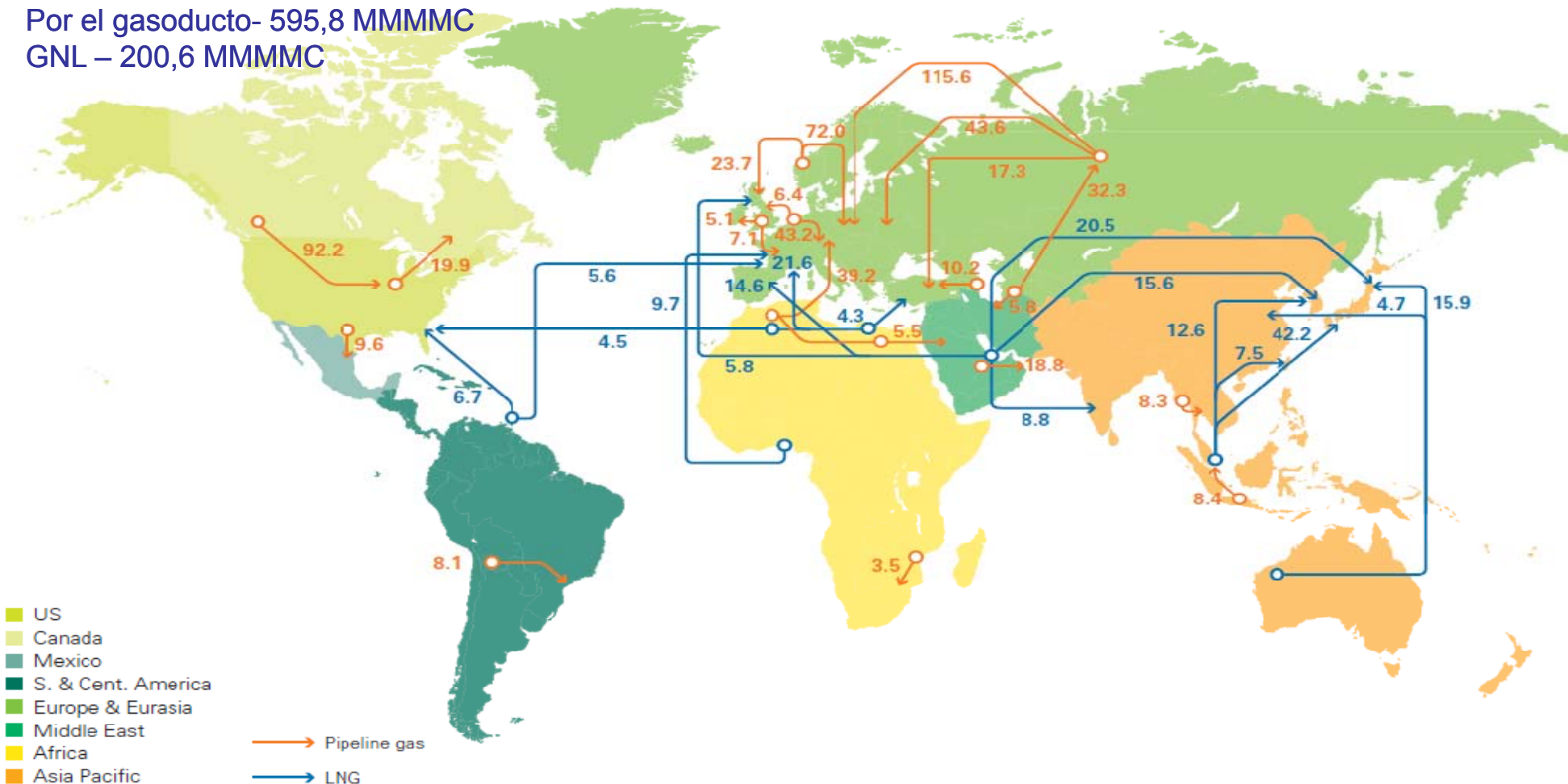
Source: BP statistical Review of world energy 2010

Esquema de entregas del gas natural al mercado mundial (2009)

Major trade movements

Trade flows worldwide (billion cubic metres)

Por el gasoducto- 595,8 MMMMC
 GNL – 200,6 MMMMC



Source: BP Statistical review of World Energy 2010

Capacidad de los almacenamientos actuales de GNL

País	Capacidad total de los almacenamientos de GNL, MMC	Volumen en estado gaseoso, MMC
Europa		
España	2 337	1 400 000
Reino Unido	800	480 000
Turquía	535	321 000
Francia	510	306 000
Bélgica	380	228 000
Portugal	240	144 000
Grecia	130	78 000
Italia	100	60 000
Europa Total	5 032	3 019 000
América del Norte		
EEUU	879	527 000
República Dominicana	160	96 000
Puerto Rico	160	96 000
Total América del Norte	1 199	719 000
Región Asia-Pacífico		
Japón	14 130	8 478 000
Corea del Norte	2 300	1 380 000
Taiwán	430	258 000
Total RAP	16 860	10 116 000
TOTAL	23 091	13 854 000

Dinámica de emisión de CO₂ dependiendo del consumo energético en Bolivia

