

**SEGUNDO CONGRESO LATINOAMERICANO DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA
DEL PETROLEO Y DEL GAS**

**SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN DE LA CALIDAD, SEGURIDAD Y
MEDIO AMBIENTE, EN EL PRIMER ALMACENAMIENTO
SUBTERRÁNEO DE GAS NATURAL DE ARGENTINA**

Autores: Juan José Rodríguez (*) y Pedro Santistevan (**)

ABSTRACT

Diadema es el primer Almacenamiento Subterráneo de Gas Natural desarrollado en la Argentina, el cual interactúa con los yacimientos productores de petróleo y gas de las Cuencas Austral y Golfo San Jorge, permitiendo suministrar este fluido en períodos invernales a la ciudad de Comodoro Rivadavia .

Luego de dos años de operaciones de inyección y extracción de gas del reservorio, se ha desarrollado y certificado un Sistema Integrado de Gestión de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad, bajo las Normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, respectivamente.

El sistema abarca el gasoducto de interconexión con la compañía distribuidora de gas local, la planta compresora y de acondicionamiento de gas, el sistema de gathering y pozos inyectores – extractores y de monitoreo.

La aplicación de herramientas de mejora continua en la calidad de los servicios y productos, como así también la ejecución de acciones seguras para el personal e instalaciones y el permanente cuidado del Medio Ambiente, dan garantías de una operación confiable a los clientes del almacenamiento.

Como consecuencia de las necesidades incrementales de gas natural en la región patagónica central y del resultado satisfactorio de la operación del almacenamiento, Repsol YPF ha decidido duplicar la capacidad de inyección – extracción de gas y el volumen útil del reservorio a partir del invierno de 2004, motivo por el cual próximamente se perforarán nuevos pozos y se ampliarán las instalaciones de compresión y acondicionamiento de gas.

Cabe destacar que el Sistema Integrado de Gestión aplicado en Diadema servirá como piloto para su utilización en nuevos almacenamientos subterráneos que Repsol YPF desarrolle en el futuro.

(*): Dirección de Comercialización de Gas Natural de Repsol YPF – Argentina

(**): Contratado por Dirección de Comercialización de Gas Natural de Repsol YPF – Argentina

INTRODUCCIÓN

El Almacenamiento Diadema ha sido desarrollado con el objeto de optimizar la producción de gas asociado al petróleo en yacimientos de las cuencas del Golfo San Jorge y Austral, aportando una solución para los excedentes de gas generados en épocas de verano y a su vez mejorar la flexibilidad operativa para el normal suministro de gas a los clientes durante el período invernal.

Por otra parte, el gasoducto troncal General San Martín opera a su máxima capacidad en invierno, estableciéndose un “cuello de botella” para el transporte de gas desde yacimientos ubicados en dichas cuencas productoras, lo cual limita la posibilidad de movilizar el gas disponible hasta las áreas de demanda.

Por el contrario, en período de verano existe capacidad de transporte ociosa, como consecuencia de la fuerte reducción de la demanda.

En base a esto, Diadema permite almacenar volúmenes de gas excedentes en verano y contribuye a mejorar el régimen de extracción de hidrocarburos líquidos asociados al gas en yacimientos conectados al referido gasoducto troncal, evitando el cierre de pozos del alto GOR. Consecuentemente, el gas almacenado en verano es extraído en invierno para atender requerimientos de la región central y norte de la Patagonia.

Este almacenamiento constituye además un nuevo punto de suministro de gas para la ciudad de Comodoro Rivadavia, lo que contribuye a mejorar la confiabilidad y la calidad del servicio, permitiendo asimismo minimizar o incluso evitar (con futuras expansiones), los cortes de suministro de gas a grandes usuarios, tales como Centrales Eléctricas, Industrias, etc.

Hasta el presente se han completado dos ciclos de inyección / extracción de gas de reservorio, dentro de un Plan Piloto que ha permitido conocer el comportamiento del mismo y luego definir las expansiones de capacidad de almacenamiento y de entrega de gas en invierno, con la intención de duplicar la capacidad en el año 2004.

Todas las actividades del almacenamiento, tanto en instalaciones de superficie como de subsuelo, son controladas bajo un Sistema Integrado de Gestión de la Calidad, el Medio Ambiente y la Seguridad y Salud Ocupacional, habiéndose certificado las Normas ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, respectivamente.

ANTECEDENTES

En 1992, la compañía Gas del Estado desarrolló un Plan Piloto de inyección de gas a reservorio (Banco Verde), para el cual, se reacondicionaron algunos pozos existentes (2 pozos de inyección y 5 de monitoreo).

Se inyectaron 25 millones de metros cúbicos de gas a un caudal de 400.000 a 600.000 Std m³/día, con una presión de boca de 25 a 30 Bar. Esta operación se llevó a cabo sin equipos de compresión debido a la baja presión existente en el reservorio.

Ensayos de interferencia e isocronales (producción) fueron desarrollados para verificar el comportamiento del reservorio en diferentes condiciones de operación.

Estos resultados confirmaron la viabilidad del proyecto, verificándose que el reservorio presenta buenas condiciones petrofísicas y cuenta con la capacidad apropiada para cumplir con las necesidades de almacenamiento locales.

Luego del ensayo de inyección, la compañía propietaria del yacimiento (CAPSA), operó el mismo durante un período prolongado, extrayendo gas mediante el pozos O-11, el cual posibilitó el registro de los volúmenes de gas extraídos y de la declinación de la presión de boca de pozo. Esta operación finalizó en diciembre de 2002, para luego reiniciar la inyección de gas a reservorio por parte de Repsol YPF.

Cabe consignar que a los efectos de materializar las operaciones de almacenaje subterráneo, Repsol-YPF ha suscripto un Contrato con la Empresa CAPSA, titular del yacimiento Diadema, para la utilización del horizonte denominado Banco Verde.

Con el soporte técnico de la consultora Geostock, a partir del año 2000 se desarrollaron estudios de reservorio y otros vinculados a instalaciones de superficie, incluyendo lo siguiente:

- Simulación numérica de reservorio
- Análisis de presiones de fondo de pozo
- Acondicionamiento de pozos de monitoreo
- Reacondicionamiento de gasoductos y sistemas de medición
- Montaje de nuevas instalaciones

GEOLOGÍA Y RESERVORIO

El yacimiento Diadema está ubicado a 40 Km al noroeste de la ciudad de Comodoro Rivadavia, sobre el flanco norte de la cuenca Golfo San Jorge (Fig. 1).

Entre los diferentes niveles productivos de hidrocarburos, se encuentra el denominado “Banco Verde”, que pertenece a la Formación Salamanca de edad Cretácico-Terciaria, a una profundidad promedio de 650 metros bajo boca de pozo (Fig. 4)

El horizonte Banco Verde está compuesto por areniscas de elevada porosidad (25-30%) y permeabilidad (0,1 – 1,5 Darcy) , depositadas en un ambiente estuárico de transgresión marina. Este horizonte está cubierto por arcillas depositadas en un ambiente de lagunas costeras.

El horizonte Banco Verde es un reservorio de gas con unos 15 metros de espesor promedio y presión original de aproximadamente 26 a 28 Bar.

Estructuralmente el yacimiento está dividido en varios bloques generados por fallas directas con rumbo este-oeste y noreste-sudoeste.

Los bloques geológicos utilizados por Repsol YPF para las operaciones de almacenamiento de gas están intersectados por fallas denominadas Cañadon Brooks “A, B, C, etc.”. La mayoría de estas fallas tienen rumbo este-oeste y poseen un rechazo de hasta 40 metros (Fig. 3).

INSTALACIONES EXISTENTES

El almacenamiento Diadema está vinculado al sistema de distribución de gas de la Empresa Camuzzi Gas del Sur S.A. mediante un gasoducto de 10-12 “ de diámetro y 7,1

kms de longitud, que opera a una presión de hasta 6 Bar. Asimismo, dicho gasoducto se interconecta con el conducto troncal General San Martín (Fig. 2).

El sistema de medición de gas utilizado para la transferencia de gas entre Repsol YPF y Camuzzi Gas del Sur es bidireccional (ultrasónico), que permite el control on-line (SCADA) de todos los parámetros de calidad y cantidad de gas (Cromatografía, humedad, volúmenes).

Para la inyección de gas a reservorio se dispone de 7 pozos y con sus respectivos sistemas de medición independiente para un caudal de aproximadamente 300.000 m³/día, a una presión de 26 Bar (Fig. 5).

En cuanto al sistema de extracción de gas, en la actualidad está limitado a 600.000 m³/día durante el período de Invierno, dado que se dispone de un solo equipo compresor (2000 HP), el cual opera a una presión de succión de 10 – 15 Bar y una presión de descarga de 60 Bar.

El acondicionamiento del gas extraído de reservorio se realiza mediante un sistema de deshidratación (TEG), permitiendo cumplir con las especificaciones de comercialización de gas reguladas por ENARGAS.

CICLOS DE INYECCIÓN Y EXTRACCIÓN DE GAS

En base a la información disponible sobre las características del yacimiento y a los resultados de simulación de reservorio, varios escenarios de inyección y extracción de gas fueron considerados durante la primera etapa de desarrollo del proyecto, a los efectos de predecir la relación entre volumen útil y gas colchón necesario para la operación.

A causa de la baja presión residual del reservorio al momento del abandono del yacimiento, la operación de almacenamiento ha requerido la inyección de grandes volúmenes de gas para conseguir una presión de reservorio compatible con las condiciones de operación previstas.

La inyección de gas en el reservorio comenzó en 2001 utilizando 2 pozos existentes, los cuales fueron anteriormente utilizados durante una prueba piloto en 1992, siendo oportunamente acondicionados para este propósito. Más tarde otros tres pozos existentes fueron acondicionados para la inyección de gas y además fueron perforados dos pozos para este mismo fin a comienzos de 2002, a los efectos de incrementar la capacidad de inyección y de proveer un adecuado volumen de extracción en período de invierno.

Aproximadamente 50 Mm³ de gas fueron inyectados a reservorio antes de la primera operación de extracción de gas realizada en agosto de 2001. La cantidad de gas producido durante la primera campaña fue muy limitada (2 Mm³).

Al finalizar la segunda campaña de inyección, en mayo de 2002, se acumularon 220 Mm³, extrayéndose a continuación 67 Mm³ durante cinco meses.

En la tercera campaña de inyección finalizada en mayo de 2003, se alcanzó un volumen de gas acumulado de 290 Mm³, extrayéndose 76 Mm³ durante el invierno de ese año.

Con el volumen actual de gas en reservorio, se ha conseguido un colchón acorde con los requerimientos operativos del almacenamiento.

Los ciclos operativos del Almacenamiento Diadema consisten en un período de inyección de aproximadamente 7 meses, desde octubre a marzo y un período de producción de aproximadamente de 4 a 5 meses, entre mayo y septiembre (Fig. 6).

En base a los datos obtenidos del reservorio durante los ciclos operativos mencionados, a la sísmica 3D área del almacenamiento y al modelo geológico del yacimiento, se ha desarrollado un modelo de simulación numérica (Eclipse), que permite predecir el comportamiento del reservorio para distintos regímenes de operación y optimizar la ubicación de nuevos pozos inyectores – extractores de gas (Fig. 7).

MONITOREO DEL RESERVORIO

Para controlar la burbuja de gas en el reservorio, se han acondicionado pozos existentes ubicados en el área de operación, dentro de la zona de almacenamiento y en bloques vecinos, que permiten medir diariamente la presión estática y además se han perforado 3 pozos dirigidos a los horizontes acuíferos superiores (Fig. 8).

Antes de comenzar las operaciones de inyección de gas se realizaron campañas de medición de presión de fondo (Gradientes Estáticos) con sonda electrónica, para conocer la presión existente e identificar los contactos de gas – agua en el reservorio.

Asimismo, al comenzar la inyección de gas a reservorio en cada pozo inyector se registró la presión de fondo con sonda electrónica durante un mínimo de 4 días, proveyendo registros con información importante para obtener parámetros del reservorio necesarios para el ajuste del modelo de simulación numérica.

Desde el comienzo de la inyección de gas se han realizado campañas de medición de presión estática del reservorio, que al principio de la operación fueron mensuales, espaciándose posteriormente hasta hacer un total de 3 campañas anuales.

Actualmente el sistema de monitoreo posee 12 pozos, de los cuales 9 son utilizados para el seguimiento de la burbuja de gas y los restantes controlan las condiciones de los acuíferos superiores (Fig. 9).

Por otra parte al existir niveles productores de petróleo localizados por debajo del reservorio de gas, se han instalado válvulas en las cañerías guías de los mismos, para la detección de presencia de gas metano y toma de muestras, con el objeto de monitorear la estanqueidad del sistema.

Cabe señalar que hasta el presente no se han detectado anomalías en los parámetros controlados, que pudieran indicar fugas de gas del reservorio.

FUTURAS EXPANSIONES DE CAPACIDAD

Actualmente Repsol YPF se encuentra completando las evaluaciones técnico-económicas para la ampliación de las capacidades del almacenamiento, tanto en lo relacionado con el volumen útil de gas (72 Mm³), como en lo inherente al deliverability (0,6 Mm³/día), a los efectos de cubrir la demanda incremental de gas en invierno de 2004.

Dicho aumento de capacidad podría llevarse a cabo utilizando compartimientos adicionales del reservorio ubicados en bloques adyacentes al actualmente utilizado y asimismo, con el incremento de la presión de trabajo del almacenamiento.

La expansión referida podrá ser realizada en 2 etapas, la primera para alcanzar una capacidad de hasta 140 Mm³, con un deliverability de 1,2 Mm³/día (Año 2004) y la segunda para un volumen de 200 a 230 Mm³, para un deliverability de 2,0 Mm³/día (Año 2005/06).

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN

En noviembre de 2002, Repsol-YPF completó satisfactoriamente el proceso de certificación (BVQI) de un Sistema Integrado de Gestión (SIG), que incluye las siguientes normas:

- Calidad (ISO 9001: 2000)
- Medio Ambiente (ISO 14001: 1996)
- Seguridad y Salud Ocupacional (OHSAS 18001:1996)

El SIG incluye el gasoducto de interconexión del Almacenamiento con el Sistema de Distribución de gas, la Planta de Compresión y Acondicionamiento, el Reservorio, Sistema de Gathering y Pozos de Inyección / Extracción y Monitoreo de gas.

Los aspectos principales identificados sobre los cuales se han determinado objetivos, son los siguientes:

- Acuíferos: Control de calidad del agua mediante muestreo semestral, de los horizontes denominados Río Chico y Patagonia, en 3 pozos perforados para tal fin.
- Pozos existentes: Verificación de la aislación detrás del casing, en pozos productivos de petróleo que atraviesan la burbuja de gas.
- Reservorio: Control de la burbuja de gas en “spill points” y en bloques conectados mediante fallas no aislantes.
- Planta Compresora: Verificación de la composición de los gases de combustión del motocompresor, Balance de gas (entrada, salida, consumos, etc.)
- Residuos: Disposición adecuada de los residuos generados en la operación.
- Vegetación: Revegetación con especies nativas de los espacios afectados por el montaje de las instalaciones de Planta y líneas de conducción y forestación del área perimetral de la misma.
- Control de Gas: Monitoreo “on line” del sistema de inyección y extracción de gas (Scada)
- Estadísticas: Seguimiento mensual de accidentología y de parámetros técnico- operativos del almacenamiento
- Control de medio ambiente: Ruidos, iluminación, etc
- Encuestas de Satisfacción: Para clientes internos y externos del almacenamiento.
- Relación con la Comunidad: Presentaciones de divulgación técnica de los proyectos de almacenamiento subterráneo de gas en Universidades e Instituciones Públicas y Privadas y otorgamiento de Pasantías en las Instalaciones de Campo a estudiantes avanzados de geología e ingeniería.

Se debe señalar que el diseño, construcción y operación del almacenamiento Diadema, se ha realizado bajo las Normas aplicadas en la Industria del gas en la Argentina (ENARGAS) y asimismo, utilizando las Normas Españolas para Almacenamiento Subterráneo de Gas en yacimientos depletados (EN-1918-2).

CONCLUSIONES

1. Diadema permite almacenar volúmenes de gas excedentes de la producción (verano), proveniente de yacimientos localizados en la zona central y austral de Patagonia, mediante la utilización de capacidad ociosa de transporte en el gasoducto troncal General San Martín.

2. Teniendo en consideración la necesidad de gas en la región y los resultados satisfactorios de las primeras campañas de inyección / extracción de gas, Repsol YPF ha planificado expansiones moduladas del almacenamiento, durante el período 2004 / 2006.

3. El Sistema Integrado de Gestión desarrollado en Diadema, provee a Repsol-YPF una herramienta adecuada para su control, a efectos de brindar un servicio confiable y acorde a las expectativas de los clientes, garantizar la realización de las actividades operativas del almacenamiento en un medio seguro para el personal e instalaciones, prestando asimismo especial atención a la protección y cuidado del medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Repsol YPF y CAPSA por permitir la presente publicación.

REFERENCIAS

1. Diadema, The First Underground Storage Facility For Natural Gas in Argentina. Considerations Regarding Environmental Protection, Safety And Quality. WGC Tokio 2003. Rodríguez J.J. and Morisseau J.M.
2. Diadema Project – Underground Gas Storage in a Depleted Field in Patagonia, Argentina, SPE 69522. 2001. Rodríguez J.J and Santistevan P.
3. Underground Gas Storage in the World. Situation in the Argentine Republic. SPE 382243. Bariloche – Argentina. Year 1997. Correa Nacul, Evandro and Rodríguez, J.J
4. Use of a depleted field as a natural underground storage facility.- Second Natural Gas Lat. Congress – November 15 through 20, 1992, Salta – Argentina. Weiner, Adolfo G. And Arguello, Jorge

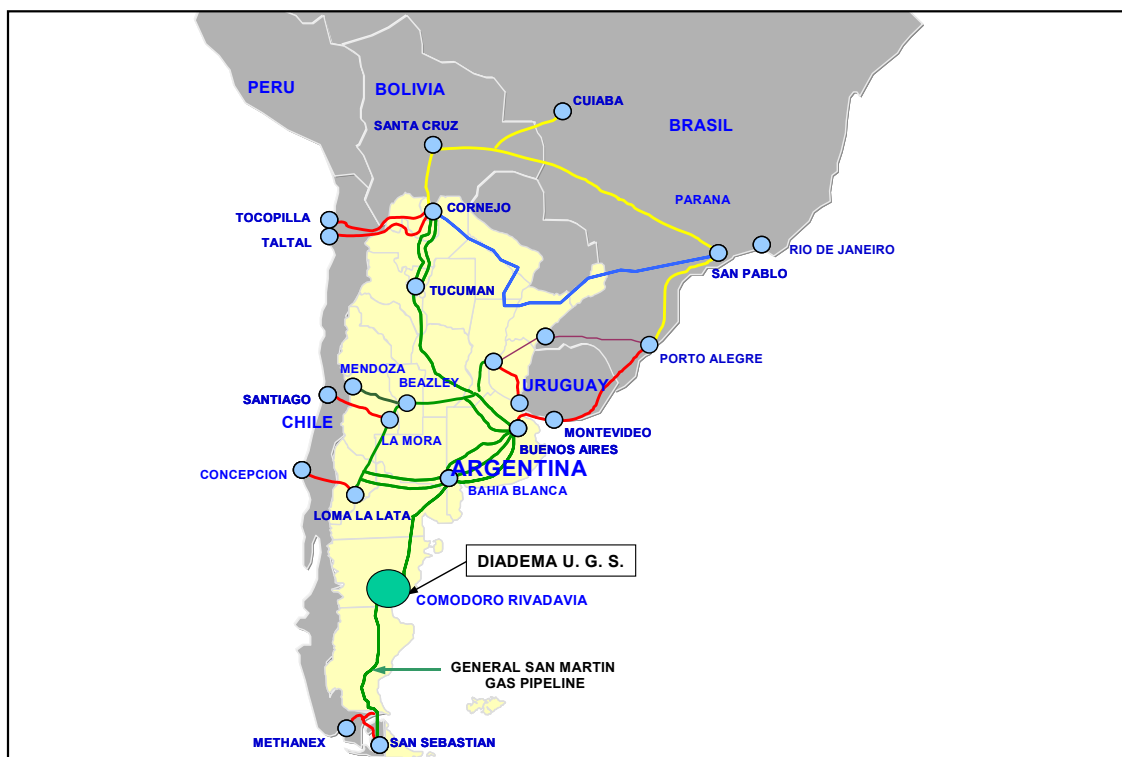


Figura 1 – Ubicación del Almacenamiento Diadema

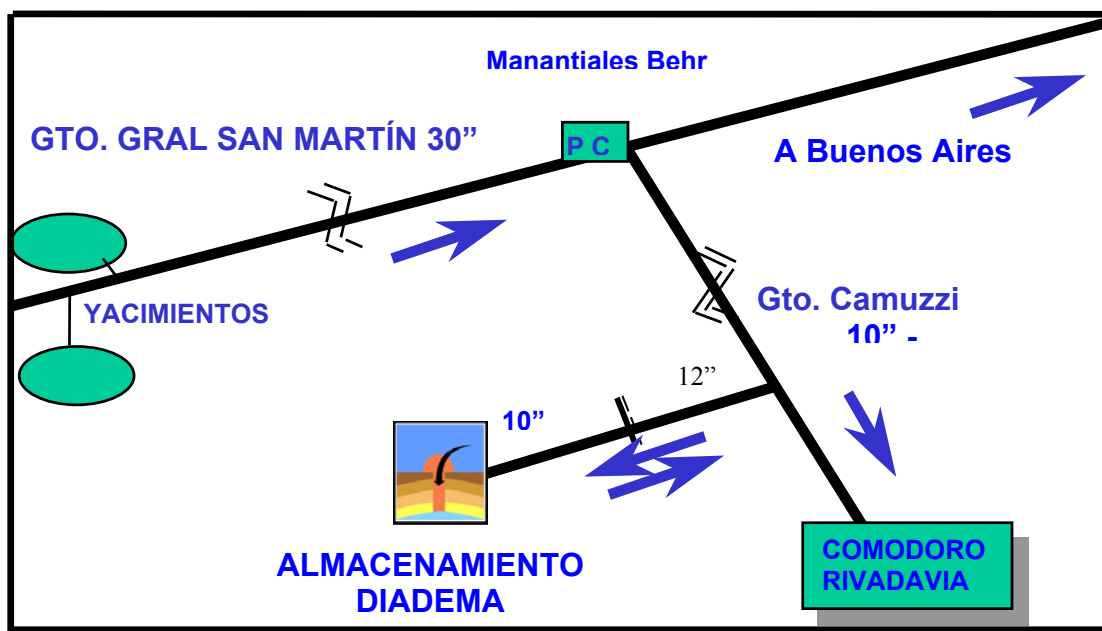


Figura 2 - Interconexión con gasoductos de transporte y distribución

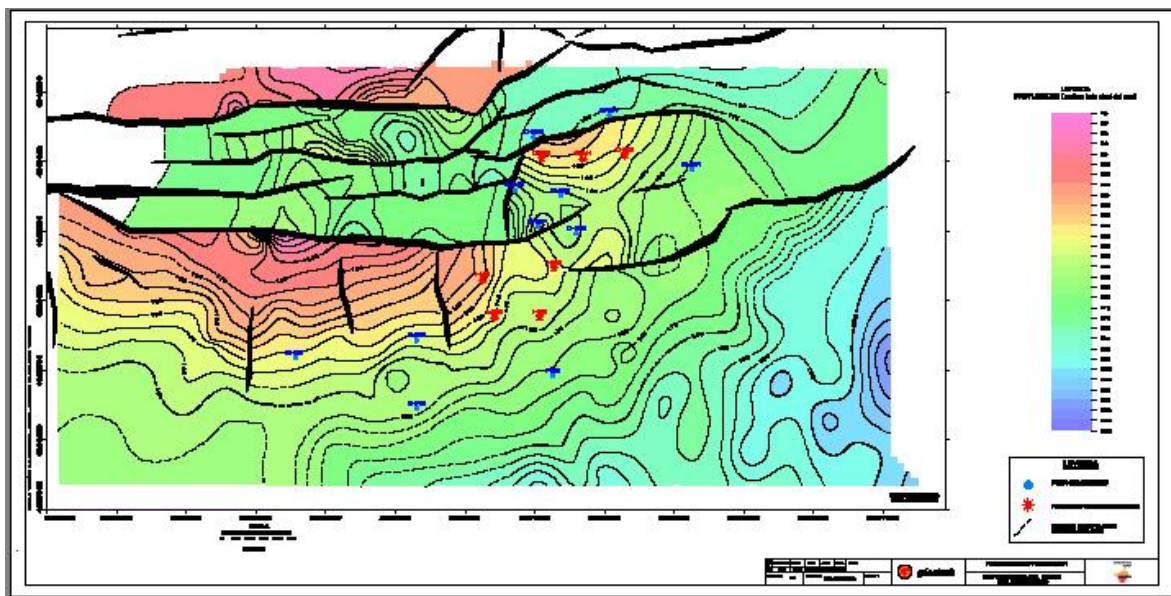


Figura 3 – Mapa de yacimiento

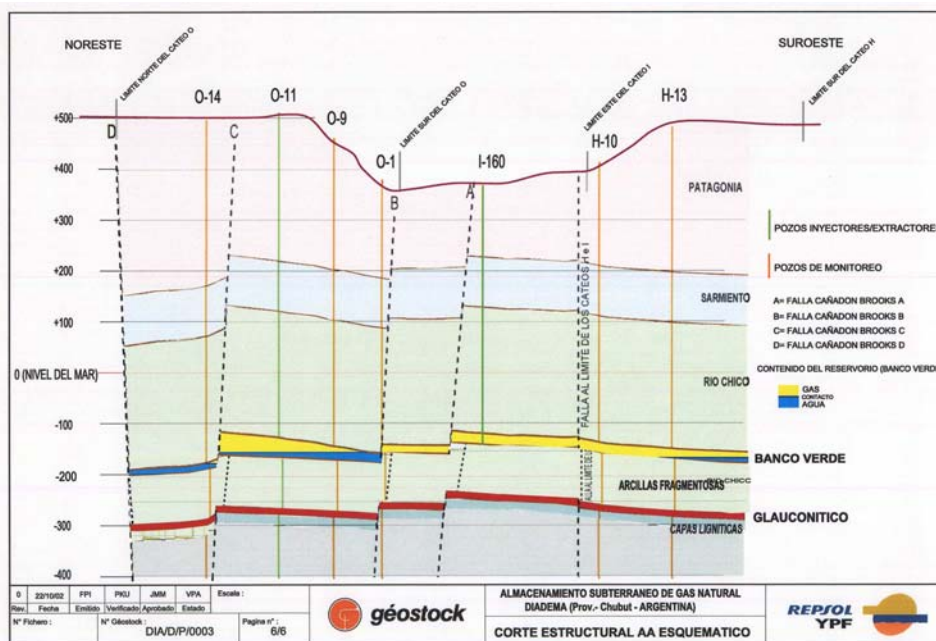


Figura 4 – Corte Estructural NO - SE

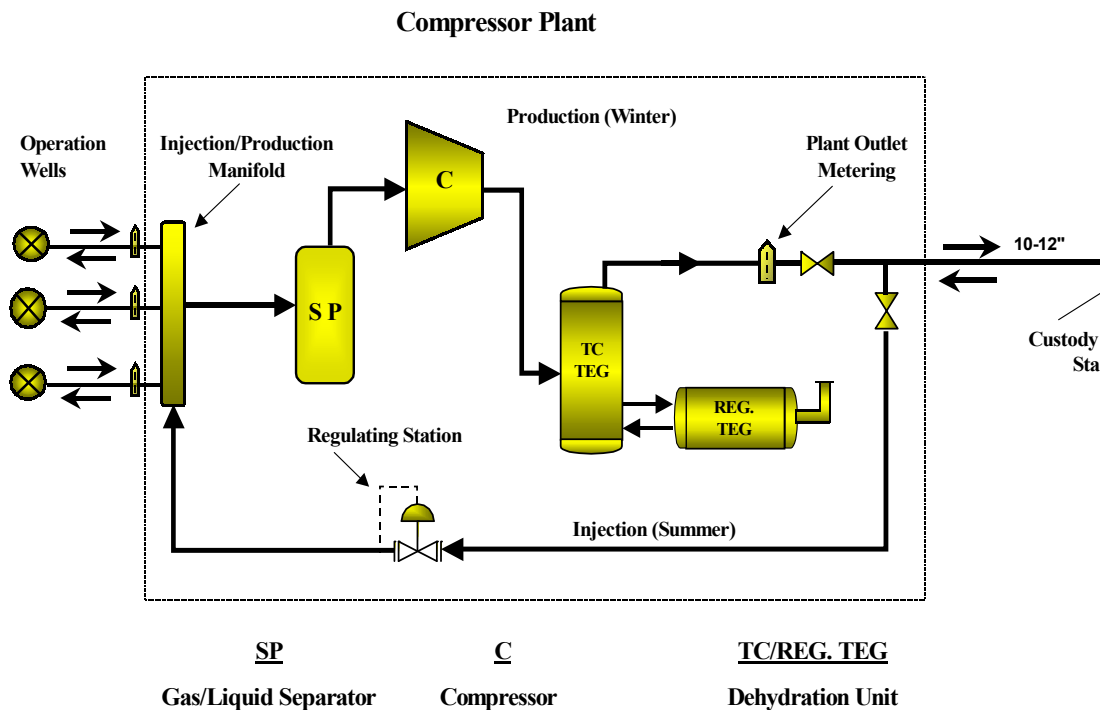


Figura 5 – Flow Sheet de instalaciones

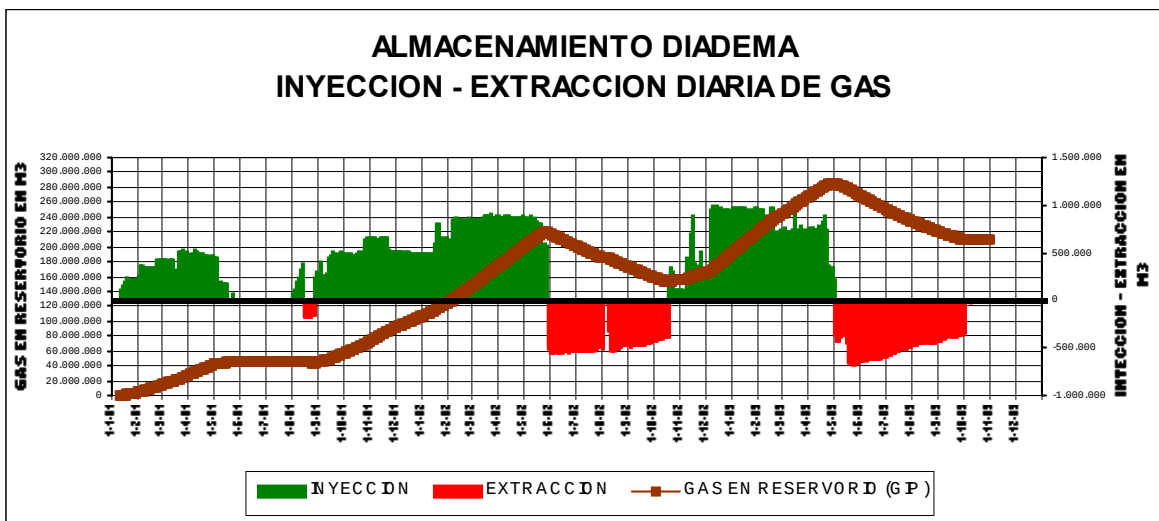


Figura 6 – Inyección- Extracción de gas Años 2001 - 2003

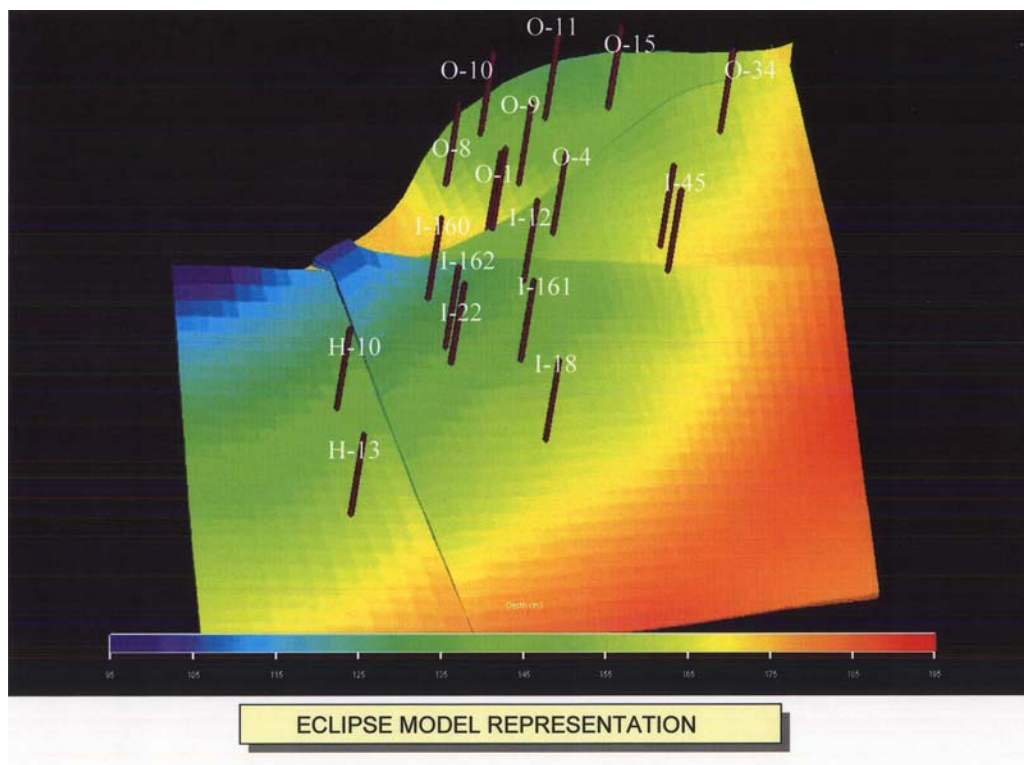


Figura 7 – Modelo de simulación numérica

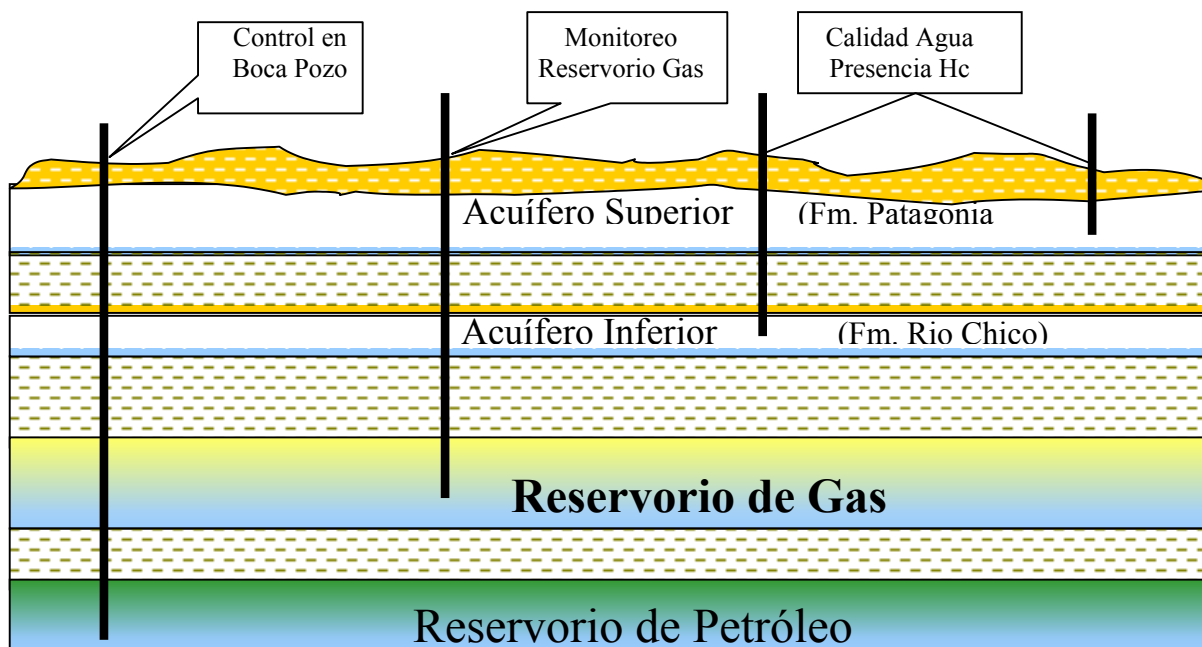


Figura 8- Sistema de Monitoreo

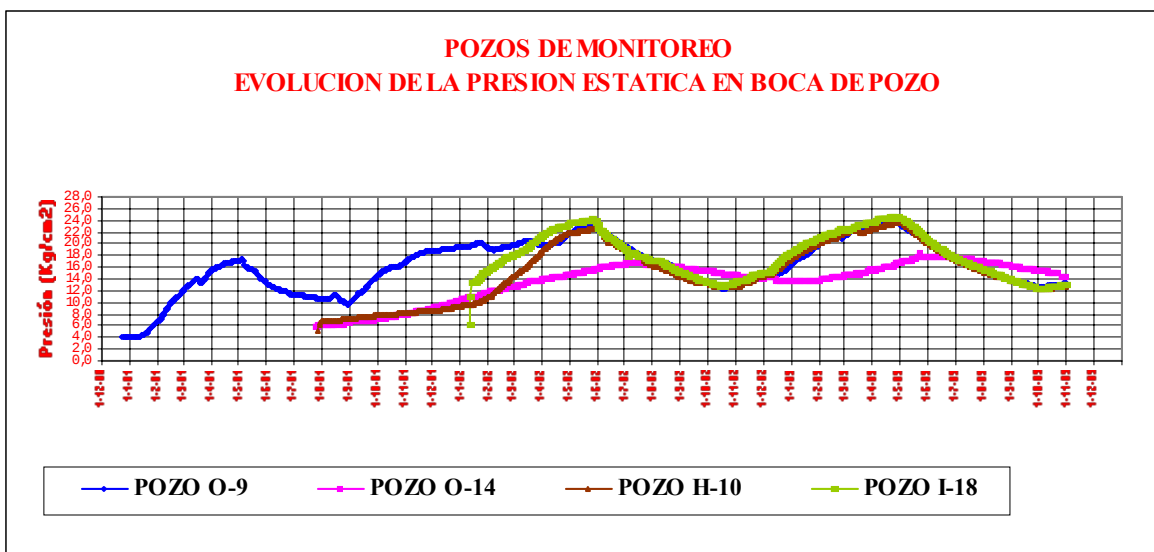


Figura 9 – Monitoreo de la Burbuja de Gas