



Para superar el alcance de los gasoductos convencionales: el gasoducto es virtual

Por **Julio Rodríguez** (Gerente de Marketing de Galileo)

Ante el crecimiento de la demanda, la infraestructura de distribución de gas natural tiene la posibilidad de expandirse con soluciones alternativas.

La empresa Galileo diseñó el concepto de “gasoducto virtual”, es decir, un transporte de Gas Natural Comprimido (GNC) por ruta, desde la fuente al consumo (que registró con la marca Gasoducto Virtual, así como el resto de marcas registradas que se nombran en esta nota). Este gasoducto conecta a los consumidores con múltiples fuentes de gas, como una estrategia para superar el alcance de los gasoductos convencionales y proveer energía a las regiones aisladas.

Esta tecnología permite comprimir gas, transportarlo por carretera y entregarlo a la presión y niveles de demanda requeridos, con el beneficio de alcanzar comunidades y emprendimientos remotos de la Argentina, o monetizar fuentes de gas cuyos niveles de producción o dispersión geográfica no justificarían el tendido de gasoductos.

En ese caso, los tráileres del gasoducto virtual conectan los consumidores sin acceso a la infraestructura, con



la última milla de la red de gas, los propios yacimientos o biodigestores. De esta forma, es posible establecer redes de distribución que potencian el alcance de las fuentes de gas en radios de hasta 500 km (310 millas), aprovechando las ventajas de la red vial existente.

La eficiencia que puede alcanzar supera otras alternativas de transporte de gas por carretera, ya que a diferencia de los tradicionales *tube-trailers*, sus tráileres fraccionan la carga de GNC en contenedores de 1000-1500 Nm³ (280-420 GGE), que pueden ser distribuidos unitariamente.

Esta configuración permite que cada centro de consumo reciba acorde a su demanda diaria de gas y elimina los costos de transportar excedentes innecesarios.

Como beneficios se registran los siguientes:

- **Aporta eficiencia energética** con un suministro a medida.
- **Crea redes de gas abastecidas** cuyos usuarios pue-

den cubrir un amplio rango de necesidades y además de ahorrar en sus facturas por consumo de combustibles y energía.

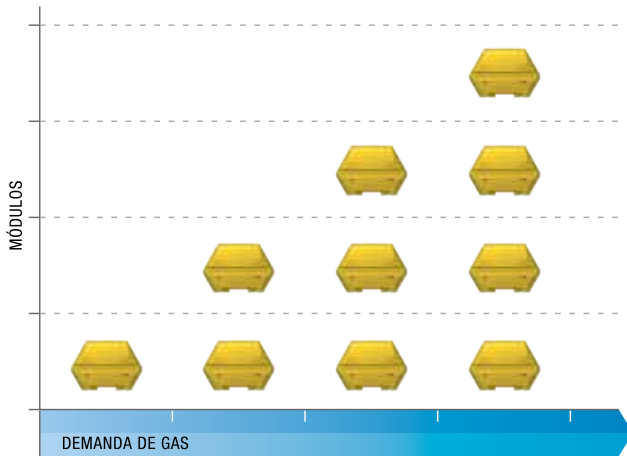


En la estación madre, los MAT cargados con GNC son traspasados desde las plataformas PAC hacia los trailers VST para su transporte.



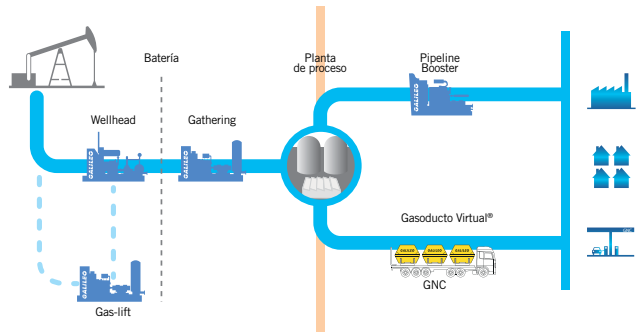
El gasoducto virtual permite un monitoreo continuo del suministro de gas.

- **Brinda un suministro continuo y monitoreado** que replica las mismas condiciones de suministro que una conexión directa a la red pública de gas. Cada vez que el medidor de los contenedores de GNC indica una baja de los niveles de carga, el sistema recibe una orden automática de reabastecimiento.
- **Resulta escalable**, porque la modularidad de cada etapa le permite al sistema incrementar su capacidad al ritmo en que lo hace la demanda, sin aumentar la incidencia de la inversión ni de los costos operativos.



Logística de módulos en función de la demanda.

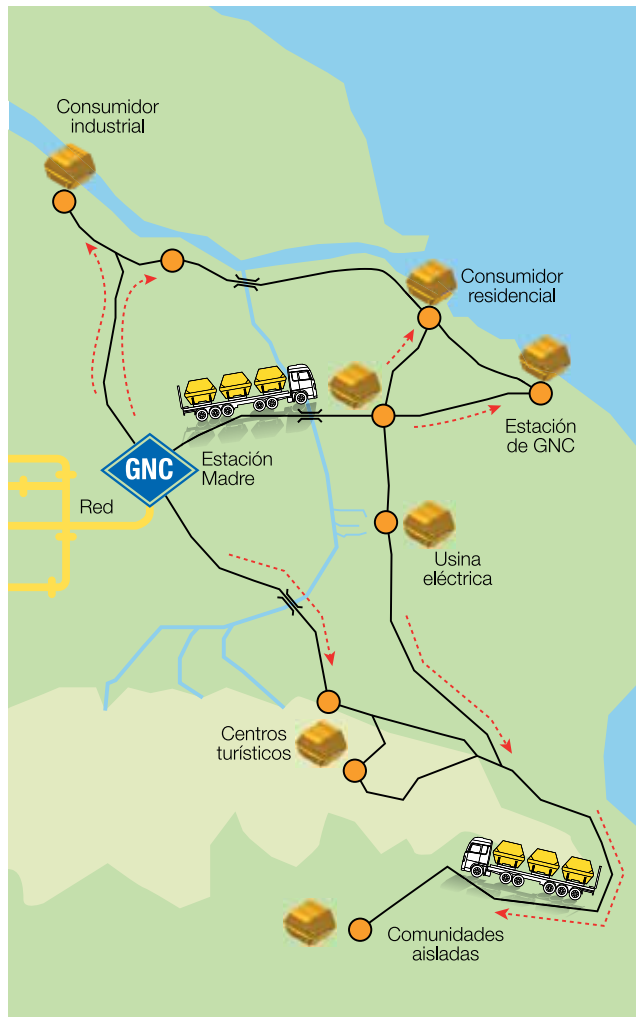
- **Integra nuevas fuentes de gas al sistema.** En la industria hidrocarburífera existe un número considerable de pozos de gas que no son explotados debido a su localización dispersa en territorios extensos o a su estado de madurez. Esta situación hace económicamente inviable el tendido de gasoductos convencionales y convierte a esos pozos en activos no rentables. El gasoducto virtual permite a los productores de gas natural llegar directamente a los consumidores al comprimir el gas natural directamente en los pozos y transportarlo por carretera. Así, hace rentable la explotación de pozos que se encuentran fuera del sistema.



El gasoducto virtual facilita la explotación de pozos dispersos o maduros.

También, reduce la inversión necesaria en operaciones de *gathering* realizadas bajo esas condiciones. En el caso de los productores agrícola-ganaderos, el Gasoducto Virtual puede ser utilizado para monetizar la producción de gas de biodigestores.

- **Aporta ahorro y combustible limpio** al reemplazar el consumo de combustibles tradicionales, como gasolina, diésel, fueloil y GLP, entre otros. Se reduce la contaminación y se generan ahorros en el costo de combustible.



Esquema del transporte por carretera mediante el gasoducto virtual.



MATs montados sobre plataformas PAC en la estación madre.



Contenedor MAT utilizado para construir el gasoducto virtual.

3226 mm (10,58 pies)
2560 mm (8,40 pies)
2280 mm (7,48 pies)

		MAT	CRYO-MAT	MAT-B
Cantidad máxima de cilindros por MAT		39	39	28
Tapón fusible por alta temperatura		✓	✓	✓
Corte por exceso de flujo en cada cilindro		✓	✓	✓
Aislamiento superficial de Espuma PU		✗	✗	✓
Presión nominal de carga máxima	bar	250	250	250
	psi	3625	3625	3625
Capacidad hidráulica por cilindro	litros	150	150	150
	galones	40	40	40
Capacidad hidráulica máxima	litros	11700	17550	4200
	galones	3091	4637	1100
Capacidad máxima de almacenamiento de GNC*	Nm ³	1500	2100	1050
	GGE	420	588	294
Conformidad de normas internacionales según necesidad		✓	✓	✓
Conformidad de normas de los cilindros	ISO9809-1			
	ISO9809-2	✓	✓	✓
	ASME			
	DOT			
Booster. Recomprime el gas automáticamente mientras el VST está circulando o detenido, garantizando un banco de alta presión permanente.		✗	✗	✓
Surtidor. Sistema de expendio con medición másica para medir la cantidad de gas entregado.				
Memoria electrónica para el registro de todas las operaciones en el sistema de facturación de la compañía distribuidora.		✗	✗	✓

* La capacidad de almacenamiento depende de la composición específica del gas almacenado.



400 mm (2 pies)
770 mm (3 pies)
1890 mm (7 pies)

Mini-MAT: ficha técnica

Presión de entrada	250 bar [3625 psi]
Presión de salida (regulada)	20 mbar a 5 bar (fija) [0,3 psi a 72,5 psi]
Máximo caudal regulado	25 Nm ³ /h [15,6 scfm]
Capacidad máxima de almacenamiento de GNC*	65 Nm ³ [18 GGE]
Válvula de seguridad por sobrepresión	2 bar [29 psi]
Electroválvula solenoide	110 Volt CA
Sistema de calentamiento eléctrico	70 watt
Conector de gas de entrada	NGV1
Conector de gas de salida	1" NPT

* La capacidad de almacenamiento depende de la composición específica del gas almacenado.

Flexibilidad en almacenamiento y transporte de gas

Los contenedores MAT

Los contenedores que se utilizan, denominados MAT, Cryo-MAT y MAT-B, son el corazón del sistema y permiten configurar rangos flexibles de servicio para distintos tipos de destinatarios, ya sea que su demanda esté caracterizada por el volumen de gas, la logística o el lugar de consumo. Sus dispositivos de seguridad cumplen con los más altos estándares mundiales para dispositivos de transporte y almacenamiento de gas natural:

- Sistema de canalización de venteo.
- Cubierta protectora de material incombustible.
- Adecuación a la normativa local vigente.



En la estación madre, los compresores cargan los contenedores MAT para su posterior distribución.

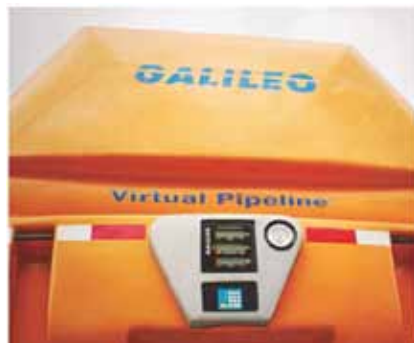
MAT: contenedores que están diseñados para consumos bajos o moderados. Su capacidad permite almacenar 1500 Nm³ (420 GGE) de GNC a una presión de 250 bar (3625 psi) a temperatura ambiente.

Cryo-MAT: contenedores para consumos moderados a altos. Su capacidad de almacenamiento supera a la versión MAT en un 40% gracias a su revestimiento de aislación térmica, pueden almacenar 2100 m³ (588 GGE) de GNC a -20 °C (-4 °F) y a una presión de 250 bar. Esta característica se traduce en un plus de eficiencia: menor número de fletes y menores costos derivados de la logística. Su uso complementa las prestaciones del sistema de enfriamiento criogénico ColdBox, desarrollado para incrementar la relación de compresión y el volumen de gas despachado en la carga de GNC.

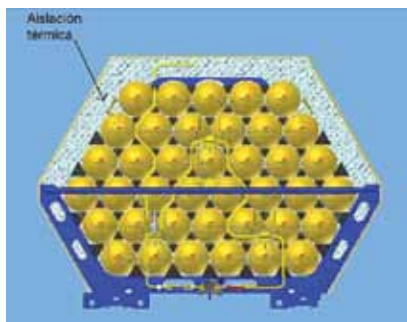
MAT-B: especial para pequeños consumidores. Ofrecen el mayor espectro de flexibilidad de la tecnología MAT, están equipados con *booster* de recompresión y surtidor, permiten distribuir GNC a granel y abastecer flotas en sus dársenas de carga, para que cada día comience con el tanque lleno. Estas prestaciones se combinan con capacidades de transporte crecientes cuando una unidad MAT-B es acompañada de uno, dos o tres MATs.



En la estación madre los contenedores MAT son cargados con GNC desde el compresor para su posterior distribución.



Contenedor MAT-B.



Aislación térmica.

¿Cómo funciona el Gasoducto Virtual?

El método de funcionamiento es conectar los consumidores con múltiples fuentes de gas, superando así el alcance de los gasoductos convencionales y proveyendo energía en regiones aisladas.

Fuentes

- Biogás
- Yacimientos de gas
 - *Wellhead*
 - *Gas-lift*
 - *Gathering*
 - Reducción del *flaring*
- Gasoductos (*Pipeline Booster*)
- Secador

De la compresión a la distribución

1. En la estación madre, paquetes de compresión de GNC, conectados a la fuente de gas natural, comprimen el fluido a una presión de 250 bar (3625 psi). En caso de ser necesario, un secador elimina el vapor de agua contenido en el gas natural que ingresa al sistema.

Cuando se trata de fuentes de biogás, los paquetes de compresión permiten depurar hasta 500 m³/h de todos los elementos corrosivos (H₂O, H₂S, y CO₂, entre otros) y proveer Bio-GNC de alta calidad.



Funcionamiento de la estación madre.

2. El GNC es enviado desde los paquetes de compresión a las plataformas que sirven de soporte fijo y fuente de carga de los contenedores modulares MAT.

3. Los MAT son transportados por carretera sobre tráileres VST y distribuidos en las estaciones hijas localizadas en los distintos centros de consumo. Los VST presentan configuraciones de transporte para 2, 3 o 4 MATs. Sus mecanismos de anclaje garantizan que el recorrido se realice en forma segura y a la velocidad promedio de cualquier flete.

Un tráiler equipado con un MAT-B puede funcionar como una estación móvil de GNC, y abastecer flotas en sus propios centros logísticos.

4. Una vez en el centro de consumo, los mecanismos hidráulicos de anclaje del tráiler depositan los MAT llenos sobre una plataforma de descarga, y simultáneamente, retiran los vacíos.

La operación de intercambio y conexión toma menos de 7 minutos por MAT y es realizada con la sola asistencia del conductor del camión, quien inmediatamente continúa su ruta hacia la próxima estación hija.

5. Los contenedores se depositan sobre la plataforma, y luego son conectados a ella para que el GNC sea transferido a una planta reguladora de presión, cuya función es proveer gas natural en los rangos de presión de salida y caudal requeridos por los usuarios finales.

6. Finalmente, el gas es distribuido a través de una red de tuberías y así en los hogares se pueden reemplazar las garrafas de gas por una simple llave de paso. También para que las operaciones en el *upstream*, las industrias, las usinas eléctricas y los centros turísticos reemplacen el consumo de combustibles contaminantes y costosos por gas natural.

Cada vez que el medidor de los MATs indica una baja de los niveles de carga, el sistema recibe una orden automática de reabastecimiento.

Además, el gasoducto virtual permite la instalación de estaciones de GNC aún sin conexión a la red pública



Tráiler transportador de los MAT.

de gas. En ese caso, la estación hija suma un sistema de recompresión que, en conexión con los surtidores EMB, acelera los tiempos de carga de los vehículos.

7. El tráiler regresa a la estación madre a reemplazar los MATs vacíos por otros cargados.

8. Cuando llegan a la estación madre, los tráileres intercambian los MAT traídos desde los centros de consumo por los que acaban de cargarse y están depositados sobre las plataformas. Los contenedores se deslizan suavemente de una plataforma a otra gracias a los mecanismos de anclaje controlados por el conductor del camión de remolque.



Atiende la demanda de pequeños contenedores.

Mini-MAT: son módulos ultracompactos de almacenamiento fijo que se instalan en el punto de consumo para complementar las prestaciones de distribución de gas a granel de los MAT-B en ciclos de reabastecimiento semanal. Cuentan con capacidad para ser acoplados directamente al MAT-B, almacenar hasta 65 Nm³ (18 GGE) de GNC a una presión de 250 bar (3625 psi) y suministrar gas en las condiciones adecuadas para su consumo. Así, el Mini-MAT concentra en una única unidad todas las prestaciones de los equipos que conforman una estación hija, minimizando la inversión y brindando una respuesta adaptada a las demandas de pequeños consumidores.

Tráileres (VST)

El transporte de los contenedores MAT se realiza sobre tráileres especiales, denominados VST. En sus múltiples versiones, los VST cuentan con un sistema hidráulico que facilita el intercambio unitario de los MATs, para así responder adecuadamente a diferentes niveles de consumo.

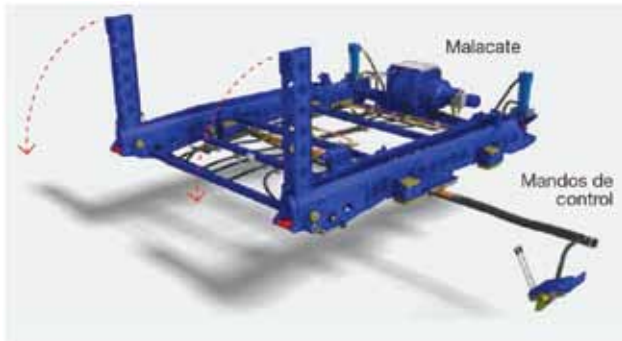
En el caso de consumos muy elevados, las versiones "VST-F" están dotadas de columnas de carga y descarga para una conexión directa en cada estación. Esta característica permite reemplazar el tráiler completo en lugar de hacerlo por MAT.

Siguiendo el principio de mantener al mínimo la fuerza de trabajo del sistema, todas las operaciones de conexión y/o intercambio de MATs o tráileres sólo requieren la asistencia del conductor del camión de remolque.

Para la distribución a granel de GNC, un MAT-B, equipado con *booster* y surtidor, ocupa la primera posición del tráiler, convirtiéndolo en una estación de GNC móvil.

El caso búlgaro

El uso del gasoducto virtual se puede ejemplificar con un caso de la provincia de Plovdiv, Bulgaria. Allí, donde residen más de 100.000 habitantes, la tecnología de ga-



Malacate.



Intercambio de tráileres.

soducto virtual, permite la gasificación en 13 municipios.

Entre los centros de actividad económica favorecidos, se destacan el principal resort de esquí del país y una de las mayores fábricas mundiales de artículos para deportes de invierno. Se trata del mayor proyecto europeo de distribución de gas por fuera de las redes convencionales de gasoductos.

En el área conformada por las comunidades beneficiadas, el tendido de gasoductos convencionales resultaba inviable, debido a la falta de grandes centros de consumo que permitiesen recuperar la inversión. En este tipo de escenarios, el gasoducto virtual resuelve el problema, prolongando el alcance de la fuente de gas a través de la red vial existente.

La estación madre de Gasoducto Virtual en Graf Ignatievo tiene tres compresores de GNC Microbox conectados a la red que abastece a esta ciudad, reducen el volumen del gas natural mediante una presión de 250 bares [3.625 libras por pulgada cuadrada (psi)] y aportan 150.000 metros cúbicos normales diarios (Nm³/d) [48.100 galones de gasolina equivalentes diarios (GGE/d)] de Gas Natural Comprimido (GNC).

Una vez convertido en GNC, el fluido es enviado desde los compresores a los contenedores modulares MAT™, donde es almacenado para su distribución.

Al llegar a cada estación hija, los *trailers* deslizan los MATs llenos sobre las plataformas de descarga y retiran los MATs vacíos y el camión continúa su ruta hacia la próxima estación hija.

El sistema tiene la capacidad de adaptarse a la demanda de cada estación hija mediante la conexión de los MAT a Estaciones Reguladoras de Presión PRP que proveen gas natural en los rangos de presión de salida y flujo requeridos por los usuarios finales.

En el caso de los centros urbanos, significa que las estaciones hijas regasifican el fluido y lo transfieren a las



Tráileres VST: tabla comparativa.

		VST-2	VST-2-F	VST-3	VST-3-F	CRYO VST-3-F	VST-4	VST-4-F	CRYO VST-4-F	VST-6-F (Bitren)
Número de MATs transportados										
Dimensiones										
Largo	mm	8500	8500	10250	10250	10250	13800	13800	13800	23000
	pies	28	28	34	34	34	46	46	46	76
Alto	mm	4000	3900	4000	3900	3900	4000	3900	3900	4000
	pies	14	13	14	13	13	14	13	13	14
Ancho	mm	2560	2560	2560	2560	2560	2560	2560	2560	2560
	pies	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Conformidad de normas internacionales según necesidad		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Estructura de acero al carbono		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema hidráulico de accionamiento para carga y descarga		✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Patas estabilizadoras y niveladoras		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistema de acople a tractor tipo Kingpin (5ta rueda)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Accionamiento de bomba hidráulica con toma de fuerza a tractor		✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗

Los tráileres VST son la plataforma móvil del Gasoducto Virtual. Construidos para soportar duros trayectos y la velocidad estándar del transporte pesado, los VST presentan configuraciones específicas para el transporte de dos, tres, cuatro y hasta seis MATs en el caso de la versión bitren. Estas múltiples versiones en capacidad de transporte se complementan con equipamientos adicionales que aseguran la solución justa para cada sistema de distribución de gas.



ATS montados sobre plataformas PAD y conectados a la PRP en la estación fija.

redes de tubería soterrada que distribuyen el gas en cada comunidad en rangos de presión de entre 25 a 0,5 micro-pascales (mPA). De esta forma, los consumidores residenciales han reemplazado el costoso gas envasado en garrafas por una experiencia de consumo doméstico idéntica a la de los hogares de los grandes centros urbanos.

En los centros industriales y turísticos, también en Bulgaria, la disponibilidad de gas natural en la forma de GNC permite reemplazar el consumo de combustibles tradicionales, como gasolina, diésel, fuel-oil y GLP, entre otros.



Tráiler VST preparado para la carga de MATs.

Con el cambio se reducen los índices de emisiones contaminantes y se generan ahorros en el costo de combustible.

Esto es lo que ocurre en Chepelare, sede de Atomic, empresa fabricante de productos deportivos, como tablas de esquí, esquís, botas, bastones y tablas de *snowboard* con marca propia y por cuenta de marcas especializadas en deportes de invierno (emplea 800 personas). Y también en el centro de esquí alpino de Pomporovo, que cuenta con una red de distribución de tubería de 22.000 m lineales para cubrir las necesidades de calefacción de sus hoteles y tiendas. O en Pirdov, sede de Aurubis, cuya planta de procesamiento de concentrados de cobre emplea a 820 personas en la producción de ánodos y cátodos de cobre, así como en la de subproductos, como ácido sulfúrico y fayalita.

La conectividad entre ciudades también se ha visto favorecida con el proceso de gasificación derivado de la aplicación del Gasoducto Virtual: en Smolyan, la compañía de transporte de media distancia Rozhen Express ha reemplazado el diésel por el GNC, reduciendo el impacto ambiental de su flota de autobuses.

A través del gasoducto virtual, el suministro de gas es permanente y continuo: cuando el medidor de GNC de los MAT está bajo, las estaciones hijas solicitan automáticamente su recambio. A su vez, cada etapa del circuito es monitoreada durante las 24 horas a través del Sistema



Rutas de distribución de los MATs.



Etapas de la operación.

SCADA para asegurar la disponibilidad de gas.

Actualmente, el gasoducto virtual administrado en Bulgaria cuenta con seis tráileres VST con capacidad para distribuir diariamente 80 MATs, conteniendo 120.000 Nm³ (38.500 GGE) de gas natural, y atender la demanda de 8 estaciones hijas.

GNC a granel para los consumidores pequeños

La respuesta de CNG Maritza también cubre las necesidades de aquellos centros de consumo con una demanda inferior a los 1000 Nm³ (321 GGE) diarios de gas natural. Para servir a estos consumidores, el Gasoducto Virtual opera con una modalidad de distribución de gas a granel, basada en los contenedores MAT-B.

Equipados con *booster* de recompresión y surtidor, los MAT-B funcionan como una estación de GNC móvil que abastece módulos de almacenamiento fijo, denominados Mini-MAT, que cuentan con capacidad para ser acoplados directamente al MAT-B, almacenar hasta 1000 Nm³ (321 GGE) GNC a una presión de 200 bares (2.900 psi) y suministrar gas a una presión de entre 25 mPA a 0,5 mPA a una red doméstica.

De esta manera, los Mini-MAT reúnen en un mismo equipo de mínimas dimensiones las prestaciones de la co-



Distribución de gas a granel.



Compresión en campo.

lumna de descarga PAC y la PRP de las estaciones hijas diseñadas para consumos elevados. Bajo esta modalidad se cubren las demandas de gas para calefacción de escuelas públicas en Graf Ignatievo, Stroevo, Manole y Banya.

Financiamiento y distinciones

CNG Maritza introdujo el Gasoducto Virtual en Bulgaria, en 2006, para la gasificación de la ciudad de Karlovo. El proyecto fue apoyado por el Gobierno Búlgaro y rápidamente se extendió a otras ciudades con el financiamiento del Fondo de Asistencia para el Desmantelamiento de los Reactores Nucleares de Kozloduy (KIDSF, por sus siglas en inglés), destinado a modernizar la matriz energética de la región y bajo la administración del Banco de Reconstrucción y Desarrollo Europeo (EBRD, por sus siglas en inglés).

En 2011, la introducción del Gasoducto Virtual y los niveles de satisfacción alcanzados por los usuarios determinaron que CNG Maritza fuera distinguida con la medalla dorada de Feria Internacional de Otoño celebrada en Plovdiv.

Con una perspectiva de largo plazo, CNG Maritza acompañó la construcción de su estación madre de Graf Ignatievo con la de una planta para la fabricación de MATs destinados a incrementar las posibilidades de transporte de gas. Actualmente, esta planta tiene capacidad para fabricar 120 MATs al año. Hacia el futuro, la meta es contar con la capacidad de transporte necesaria para atender a otras regiones de Bulgaria o países europeos interesados en reproducir el éxito de esta experiencia.

En la Argentina, hay experiencias de gasoducto virtual en la provincia de Córdoba, donde en 2003 se gasificaron siete pueblos, beneficiando a más de 5700 hogares que reemplazaron la costosa garrafa por redes de gas locales.

Existen proyectos en el nivel nacional, en los que se aprovecha el gas natural de pozos no conectados en la provincia de Neuquén. ■



Gasoducto virtual en un centro turístico.