

## Resumen

El proceso de liberalización de la industria del gas europea ha puesto de manifiesto que el cambio de las reglas de juego puede permitir la existencia de instituciones de mercado. El razonamiento para introducir competencia en las industrias de la UE se basa en dividir los servicios en al menos dos grupos: productos básicos (*commodities*) con costes de transacción relativamente bajos y, por ende, aptos para una coordinación de mercado a corto plazo, y los servicios de red, fuertemente regulados, que concentran la mayoría de las particularidades relacionadas con los flujos físicos. Ahora bien, la forma de coordinar tales servicios de red sigue siendo objeto de debate. La elección de la UE es simplificar la capacidad de red vendida en el mercado para aumentar la liquidez. Para hacerlo, es preciso introducir mecanismos altamente complejos que solventen el desfase entre las redes «comerciales» y las redes físicas. Estos mecanismos han creado graves distorsiones en la industria, cuyo coste debería ser tenido en cuenta.

*Palabras clave:* diseño de mercados de gas, reglas de uso de red, recursos *common-pool*, almacenamiento en línea.

## Abstract

The liberalization process of the European gas industry has showed that changes in the game rules could allow the existence of market institutions. The reasoning to introduce competition in network industries separates the services in at least two groups: commodities with relatively low transaction costs, and hence suitable to short-term market coordination, and network services which concentrate most of the specificities related to the physical flows. However, the way to coordinate such network services is still under debate. The EU is favoring the simplification of the network capacity sold in markets to increase liquidity. This must be done by significantly complex mechanisms to bridge the gap between commercial and physical networks. These mechanisms have caused important distortions in the industry, and such costs should be taken into account.

*Key words:* gas market design, rules of network use, common-pool resources, line-pack storage.

*JEL classification:* D02, L51, L95, Q40.

# ASIGNACIÓN DE CAPACIDAD DE RED EN LOS MERCADOS DE GAS DE CORTO PLAZO EN LA UE: ¿ES SUFICIENTE EL SISTEMA DE ENTRADA/SALIDA?

Miguel VÁZQUEZ

Michelle HALLACK

*Cátedra Loyola de Palacio y Escuela de Regulación de Florencia, RSCAS, Instituto Universitario Europeo*

## I. INTRODUCCIÓN

ES posible definir el gas como un producto básico y negociarlo en el mercado. Sin embargo, incluso sin tener en cuenta sus diferencias de calidad, el gas natural negociado en lugares y momentos diferentes no debe considerarse un único producto. Por lo tanto, la transformación del gas en un producto básico (*commodity*) depende del uso de la red. En este sentido, la definición de las posibilidades de uso de las redes de gas es clave a la hora de diseñar el mercado, y esta definición depende a su vez de las características de los servicios de transporte. En la Unión Europea, todos los Estados miembros deberán seguir ciertos principios comunes para la definición del uso de la red, recogidos en la Tercera Directiva. Estos principios comunes se implantarán mediante códigos de red únicos para toda la UE. Entre ellos figuran las normas de balance, definición de capacidad, asignación de capacidad, etc. La principal idea que subyace a los principios de la UE es la creación de zonas de liquidez: dentro de un plazo de tiempo concreto (a menudo un día) y de una zona geográfica determinada (a menudo un país), el gas es considerado una *commodity* homogénea. Esto supone el desarrollo de centros vir-

tuales de intercambio (*virtual hubs*). Así pues, al ser homogéneos los servicios ofrecidos, se garantiza un cierto nivel de flexibilidad, lo que contribuye a incrementar la liquidez. Ahora bien, esta flexibilidad provoca a su vez un desfase entre la representación implícita en el sistema de contratos y los flujos físicos. Las diferencias entre contratos y flujos de gas provocan distorsiones que se traducen en costes inherentes a cada opción de diseño.

Este artículo comenzará analizando los resultados de varios juegos simples, con la intención de mostrar, de manera general, las características principales de las diferentes maneras de definir las reglas de uso de la red. En concreto, el artículo mostrará que cuando los gestores de la red definen las reglas de antemano, estas impactan significativamente en los resultados del mercado. De hecho, si las necesidades de servicios de red flexibles son heterogéneas, la oferta de capacidad definida por el gestor *ex ante* beneficia a un determinado tipo de usuario. A continuación el artículo describirá de manera detallada la elección de la UE para definir estas reglas, mostrando las dificultades a las que se enfrenta. Estas dificultades se pueden relacionar a su vez con las características generales identificadas a través de los juegos sencillos, de forma que es posible

proponer principios generales para superar dichas dificultades.

## II. USOS DIFERENTES DE LOS RECURSOS DE TRANSPORTE DE GAS: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE VARIOS JUEGOS

Para analizar el impacto de definir la asignación de la capacidad de red, conviene resaltar que las redes de gas pueden prestar varios servicios y que esos servicios afectan de manera diferente a la capacidad de red disponible. Una de las principales diferencias entre los diferentes servicios es la flexibilidad que ofrecen. Los servicios flexibles pueden incluir tanto flexibilidad temporal (el periodo de tiempo durante el cual puede retirarse el gas) como flexibilidad espacial (el tamaño de la región donde puede retirarse el gas). Ahora bien, el uso flexible de los servicios de red reduce la cantidad de servicios no flexibles disponibles. Es decir, los servicios flexibles restan capacidad de red de una manera diferente que los servicios no flexibles. El valor exacto de esta relación depende de la cantidad de flexibilidad utilizada (1).

Por otra parte, la relación entre el coste de servicios de transporte flexibles y no flexibles depende de las características físicas de los componentes de la red: estaciones de compresión (características mecánicas, ubicación y potencia, etcétera) y gaseoductos (tamaño, diámetro, material, espesor, etcétera) (véase Glachant y Hallack, 2010).

Así pues, es necesario definir las normas destinadas a coordinar la cantidad de servicios flexibles y no flexibles que ofrecerá la red. A continuación, pondremos de manifiesto que definir tal

conjunto de normas no es tarea sencilla. Siguiendo la metodología usada en Ostrom, Gardner y Walker (1994), analizaremos una serie de juegos sencillos para demostrar cómo las reglas de asignación de transporte pueden generar incentivos que llevan a resultados diversos. Para ello, consideraremos una representación simple de las decisiones técnicas asociadas a la explotación de los gaseoductos. En concreto, consideraremos solo dos tipos de servicios: uso flexible y uso no flexible.

### 1. Dilemas del prisionero posibles cuando las redes ofrecen productos diferentes

El primer paso de nuestro razonamiento es poner un ejemplo sencillo de la tragedia de los comunes. Considérese un modelo simplificado de red de gas que pueden usar dos jugadores. Los dos jugadores obtienen un valor para el uso no flexible de la red  $v_{\text{flat}} = 6$  y otro valor para el uso flexible de la red  $v_{\text{flex}} = 10$ . Los jugadores deciden entre dos opciones posibles: el uso no flexible de los 2 MW de la capacidad de red, o bien el uso no flexible de 1 MW de capacidad más el uso flexible de 1 MW de capacidad.

#### Juego 1

Supongamos primero que la capacidad de la red es de 4 MW

independientemente de la combinación de usos de la red. Para el mismo sistema de transporte, la cantidad de capacidad flexible disponible es igual a la cantidad de capacidad no flexible (ver cuadro n.º 1).

En este caso, no se produce la tragedia de los comunes. Pero el resultado se basa en considerar que la capacidad flexible resta la misma cantidad de la capacidad disponible que la capacidad no flexible. En realidad, bajo las suposiciones del juego, es irrelevante un uso flexible o no flexible de la capacidad, ya que ambos afectan a los demás jugadores de la misma manera.

#### Juego 2

En la práctica, el uso flexible de la capacidad resta más cantidad de capacidad disponible que el uso no flexible. Un ejemplo típico es la disyuntiva entre aumentar la capacidad de transporte de un gaseoducto incrementando los diferenciales de presión, o aumentar la capacidad de almacenamiento del gaseoducto reduciendo dichos diferenciales. Para ilustrar esto, considérese la siguiente modificación del juego inicial: la capacidad de la red, si ambos jugadores eligen un uso plano de la capacidad, es de 4 MW. Si un jugador opta por un uso flexible, la capacidad plana es de 2 MW y la ca-

CUADRO N.º 1

#### ILUSTRACIÓN DEL PRIMER JUEGO

Demanda de red	Capacidad de red	Forma estratégica del juego	
4 Plana	4	2 Plana	1 Plana – 1 Flexible
3 Plana – 1 Flexible	4	2 Plana	(12,12) (12,16)
2 Plana – 2 Flexible	4	1 Plana – 1 Flexible	(16,12) (16,16)

Nota: La celda sombreada representa el equilibrio del juego.

CUADRO N.º 2

## ILUSTRACIÓN DEL SEGUNDO JUEGO

Demanda de red	Capacidad de red	Forma estratégica del juego	
4 Plana	4 Plana	2 Plana	1 Plana – 1 Flexible
3 Plana – 1 Flexible	2 Plana – 1 Flexible	2 Plano	(12,12) (6,16)
2 Plana – 2 Flexible	2 Flexible	1 Plana – 1 Flexible	(16,6) (10,10)

Nota: El equilibrio se representa en la celda sombreada en la Asignación de capacidad 1.

capacidad flexible de 1 MW. Si ambos jugadores hacen un uso flexible de la red, la capacidad plana es cero y la capacidad flexible es de 2 MW. Esto significa que el uso flexible de capacidad (1 MW) deja menos capacidad de uso plano disponible para una ulterior asignación que un uso plano de la capacidad (1 MW) (2).

### Asignación de capacidad 1

Si la demanda de red es más alta que la capacidad de la red, las normas de asignación de capacidad de red son las siguientes: a) la capacidad se asigna a partes iguales entre los usuarios y b) la capacidad flexible se asigna primero. Se da prioridad a la capacidad flexible (ver cuadro n.º 2).

Vemos que se produce el dilema del prisionero porque los jugadores tienen que elegir entre más capacidad y capacidad más valo-

rada. Si el otro jugador elige capacidad valiosa, la cantidad de su propia capacidad se ve reducida.

### Asignación de capacidad 2

Si la demanda de red es más alta que la capacidad de la red, las normas de asignación de capacidad de red son las siguientes: A) la capacidad se asigna a partes iguales entre los usuarios y B) la capacidad plana se asigna primero. Se da prioridad a la capacidad plana (ver cuadro n.º 3).

Vemos que ahora el dilema anterior se ha resuelto dando prioridad a la asignación de capacidad plana.

Tras examinar estos tres ejemplos, observamos que el resultado del juego depende de: a) las características de los servicios ofrecidos y b) la regla de asignación. Cuando el uso de una uni-

dad de servicio flexible incide de manera diferente en el sistema (como en las redes de gas reales), es preciso abordar la cuestión de cómo se asigna la capacidad en caso de congestión.

En el juego 2, donde se da prioridad a la flexibilidad, la estructura de juego es la correspondiente al dilema del prisionero. En cambio, en el juego 3, al cambiarse la regla y darse prioridad a la capacidad plana, el dilema desaparece. Un requisito esencial para proceder de tal forma es saber que la capacidad plana, aunque tiene menos valor, es la asignación eficiente, ya que la opción de la capacidad flexible entraña una reducción demasiado costosa de la capacidad de transporte. Así pues, las normas del uso de la red desempeñan una función crucial a la hora de definir el resultado eficiente. Con todo, el gestor del gaseoducto de los ejemplos anteriores tendría que ser capaz de saber de antemano que la capacidad plana es más eficiente, para que el proceso de cálculo de capacidad pudiera llevar a cabo la coordinación. A continuación mostramos que esto no sucede en caso de heterogeneidad entre jugadores.

## 2. Incorporación de la heterogeneidad de los jugadores al juego

Los ejemplos simples desarrollados anteriormente demuestran que la definición de las normas de asignación de servicios de red puede ser crucial para evitar la tragedia de los comunes. Un cierto mecanismo predeterminado (prioridad a la capacidad plana, en el ejemplo anterior) podría ser capaz, en algunos casos, de asignar eficientemente recursos comunes entre los jugadores. No obstante, en caso de heterogeneidad entre jugadores, esto no es siempre posible.

CUADRO N.º 3

## ILUSTRACIÓN DEL SEGUNDO JUEGO

Demanda de red	Capacidad de red	Forma estratégica del juego	
4 Plana	4 Plana	2 Plana	1 Plana – 1 Flexible
3 Plana – 1 Flexible	3 Plana – 0,5 Flexible	2 Plana	(12,12) (12,11)
2 Plana – 2 Flexible	2 Plana – 1 Flexible	1 Plana – 1 Flexible	(11,12) (11,11)

Nota: El equilibrio se representa en la celda sombreada de la Asignación de capacidad 2.

### Juego 3

Considérese ahora que los dos jugadores tienen preferencias diferentes (y, por ende, valores diferentes) para la capacidad flexible y plana. El primer jugador obtiene un valor para el uso plano de la red de  $v_{flat} = 6$  y para un uso flexible de la red de  $v_{flex} = 10$ . El segundo jugador obtiene un valor para la capacidad plana de  $v_{flat} = 6$  y para la capacidad flexible de  $v_{flex} = 30$ .

Consideremos las dos opciones de asignación de capacidad del apartado anterior.

#### Asignación de capacidad 1

Si la demanda de red es más alta que la capacidad de la red, las normas de asignación de capacidad de red son las siguientes: a) la capacidad se asigna a partes iguales entre usuarios y b) la capacidad flexible se asigna primero (ver cuadro n.º 4).

#### Asignación de capacidad 2

Si la demanda de red es más alta que la capacidad de la red, las normas de asignación de capacidad de red son las siguientes: a) la capacidad se asigna a partes iguales entre los usuarios y b) la capacidad fija se asigna primero (ver cuadro n.º 5).

CUADRO N.º 5

#### JUGADORES HETEROGÉNEOS: JUEGO 3

Demanda de red	Capacidad de red	Forma estratégica del juego	
4 Plana	4 Plana	2 Plana	1 Plana – 1 Flexible
3 Plana – 1 Flexible	3 Plana – 0,5 Flexible	2 Plana	(12,12)
2 Plana – 2 Flexible	2 Plana – 1 Flexible	1 Plana – 1 Flexible	(11,12)
			(12,21)
			(11,21)

En este caso, a diferencia de los primeros ejemplos, no se produce el dilema del prisionero. Ambos equilibrios maximizan el bienestar del juego correspondiente. Estos ejemplos demuestran que, al calcular la capacidad, la operadora del gaseoducto induce juegos diferentes.

La conclusión que cabe extraer de los juegos con usuarios heterogéneos es que existe una solución de capacidad que hace que el jugador que elige la capacidad plana resulte mejor parado que en la otra solución. Así pues, el proceso de cálculo de la capacidad define el juego que jugarán los usuarios de red, por lo que las normas de uso de la red inciden en el propio uso de la red.

### 3. Inclusión de la negociación para revelar preferencias

Por último, consideramos el caso donde a la hora de calcular

la capacidad final se tienen en cuenta las preferencias (por servicios planos o flexibles) de los jugadores. A dicho efecto, podríamos permitir a los jugadores firmar contratos sin ninguna limitación *a priori* de servicios. El gestor del gaseoducto no sabe cuál será el uso futuro del gaseoducto, por lo que la solución sería crear mecanismos para que los jugadores revelen sus preferencias. Por tanto, los jugadores deberán negociar (y comprometerse) antes de que se lleve a cabo el cálculo de capacidad.

### Juego 4

Así pues, es preciso contar con mecanismos que permitan comunicar en el proceso de contratación. Por ejemplo, podría establecerse un cierto mecanismo de puja para permitir a los jugadores revelar el tipo de servicio que necesitan y cuánto estarían dispuestos a pagar por él. El proceso de negociación se haría mediante contratos bilaterales. A dicho efecto, habría dos posibles opciones de contratación, que conllevan el compromiso implícito del gestor del gaseoducto.

— En el primer contrato se estipula que el jugador 1 se compromete a elegir 2 MW de capacidad plana y la capacidad será la del primer equilibrio. Al saber que el jugador 2 intentará llegar al segundo equilibrio, el jugador 1 se compromete a un pago adicional.

CUADRO N.º 4

#### JUGADORES HETEROGÉNEOS: JUEGO 3

Demanda de red	Capacidad de red	Forma estratégica del juego	
4 Plana	4 Plana	2 Plana	1 Plana – 1 Flexible
3 Plana – 1 Flexible	2 Plana – 1 Flexible	2 Plana	(12,12)
2 Plana – 2 Flexible	2 Flexible	1 Plana – 1 Flexible	(16,6)
			(6,36)
			(10,30)

CUADRO N.º 6

**LA FUNCIÓN DE LA NEGOCIACIÓN**

Forma estratégica del juego

	Contrato 1	Contrato 2
Contrato 1	(11,22)	(6,36)
Contrato 2	(16,6)	(13,27)

Tal pago hace que el jugador 1 siga prefiriendo el primer equilibrio, de modo que si los dos jugadores firman este contrato el jugador 1 paga un euro al jugador 2.

— En el segundo contrato se estipula que el jugador 2 se compromete a elegir 1 MW de capacidad plana y 1 MW de capacidad flexible y la capacidad será la del segundo equilibrio. Al saber que el jugador 1 prefiere el primer equilibrio, el jugador 2 ofrece pagar una cantidad adicional de 3 euros en caso de que los dos jugadores firmen este segundo contrato.

Por último, si los jugadores no se ponen de acuerdo y no firman ningún contrato, el gestor del gasoducto elegirá el segundo equilibrio (ver cuadro n.º 6).

Este último ejemplo muestra que, si los jugadores pueden negociar su capacidad, son capaces de hallar una mejor solución, que les permite maximizar el bienestar a través de la redistribución de las ganancias. La primera hipótesis de nuestro análisis es que el sistema de transporte puede ser usado por diferentes jugadores, aunque ambos han de ajustarse a las mismas normas. Estas normas pueden estar definidas *ex ante*, como en los juegos 2 y 3. Pero hemos expuesto en este apartado que las normas podrían aplicarse mediante un sistema de contratos. Esto supone una defi-

nición de las normas de uso de la red tal que el gestor del gasoducto no participa en la definición del juego.

Hemos mostrado con estos simples juegos que el proceso de toma de decisiones para ofrecer servicios de red define el juego que jugarán los usuarios de la red. En consecuencia, la definición de los servicios de red ofrecidos tiene un papel clave en la asignación de los recursos de red.

En el siguiente apartado analizaremos los mecanismos que definen actualmente las normas de uso de red en la UE. Observamos que las normas para asignar y definir la cantidad de capacidad disponible son definidas de antemano mediante un conjunto de normas (códigos de red). En concreto, mostraremos que el sistema elegido por la UE se basa en la definición de reglas *ex ante*, como en los juegos 2 y 3, y que por tanto el gestor de la red influye en el juego en el que los agentes del mercado participan.

### III. DISEÑO DE MERCADOS BASADOS EN VIRTUAL HUBS: LA ELECCIÓN DE LA UE

El diseño del mercado de gas en la UE se basa en la organización de las actividades de red como «sistemas centralizados nacionalmente» (3) y fuertemente regulados (4). La lógica de esta decisión puede haber sido la hipótesis de que las actividades de las redes de gas de la UE tienen la estructura de un monopolio natural o de un oligopolio excesivamente concentrado, por lo que se consideran como una barrera para la apertura del mercado de *commodities*. En esa situación, se opta por diseñar una operación centralizada a través de un Gestor

Técnico del Sistema (GTS), que se encarga de coordinar las actividades de red del sistema gasista.

Por tanto, los mercados de la UE se basan en una fuerte separación (segregación) del negocio de red de transporte del negocio de distribución en el mercado de *commodities*. Sin embargo, la regulación de los derechos de uso de la red se convierte en una parte central de la definición de la capacidad disponible. En este sentido, el uso real de la infraestructura depende de la asignación de capacidad y de cómo esta es definida (Hallack, 2011). Las consecuencias esenciales de las diferentes maneras de definir la capacidad disponible se han puesto de manifiesto en el apartado anterior. A continuación describiremos cómo la regulación en la UE se basa en reglas definidas *ex ante* (como en los juegos 2 y 3).

La regulación de los derechos de uso en la UE puede verse como una combinación de asignaciones explícitas e implícitas de los servicios de transporte. Tal combinación se basa en asignar explícitamente solo algunos servicios de transporte (en concreto, el derecho de entrar y salir del sistema). Este mecanismo de asignación se denomina asignación de entrada/salida (Hunt, 2008). La idea es simplificar la topología de red reduciéndola a un conjunto más simple de puntos de entrada y salida (una red «comercial» que represente parcialmente la red física). De esta manera, toda asignación explícita se limita a comprar derechos de entrada y de salida por separado. Después, los transportistas no necesitan comprar derechos de transporte adicionales (tales como derechos de flexibilidad), ya que estos son asignados implícitamente por los GTS (con arreglo a un conjunto de normas definidas por el regu-

lador). Tal mecanismo de asignación se denomina *virtual hub* (Heather, 2010), y permite evitar la asignación explícita y la renegociación de complejas características espaciales y temporales de la red.

Sin embargo, este mecanismo de asignación implícita acarrea graves dificultades a la hora de calcular la capacidad de red que ha de ponerse en venta. Con la asignación de entrada/salida se pretende incrementar la liquidez del mercado mediante la simplificación de la red física que representa. Pero se hace a costa de un desfase en la representación de las redes comercial y física, ya que este mecanismo requiere transformar la asignación de la red comercial en flujos de gas a través de la red física. Así que el diseño de mercado precisa una serie de elementos adicionales que solventen el desfase existente entre redes comerciales y físicas. Estos suelen agruparse bajo la denominación de «mecanismo de balance».

En el entorno regulado de la UE es necesario definir, mediante un conjunto de normas centralizadas, cómo podrán usar la red los operadores de la *commodity* gas. Esta necesidad se ve agravada por los usos potencialmente excluyentes de una misma infraestructura que los usuarios pueden hacer al amparo de sus derechos de «Acceso de Terceros». Por consiguiente, las normas por las que se rigen estos usos influyen tanto en los resultados de mercado como en su eficiencia potencial.

La principal consecuencia de usar *virtual hubs* es el hecho de que parte de la flexibilidad de la red de gas se socializa entre los usuarios, de forma que no se tienen en cuenta las redes físicas de gas que en última instancia usa-

rán los flujos resultantes del comercio mayorista. Como los usuarios de la red no tienen en cuenta la red física, los mercados de *commodities* basados en *virtual hubs* han de resolver dos cuestiones necesariamente complejas. En primer lugar, la forma de asignar la capacidad de transporte existente a los usuarios de red. En segundo lugar, la forma en que serán finalmente tenidas en cuenta las características técnicas de la red por los flujos de gas resultantes del comercio «ciego» de la *commodity* gas.

En el apartado siguiente describiremos las soluciones propuestas por la normativa europea para resolver estas cuestiones. Mostraremos que estas propuestas implican la definición de unas reglas de uso que no tienen en cuenta las preferencias de los usuarios de la red y que cuando estos usuarios son heterogéneos, como en el juego 3, las reglas influyen significativamente en los resultados del mercado.

#### IV. LOS PROBLEMAS DERIVADOS DE UNA OFERTA DE SERVICIOS DE RED BASADA EN LA REGULACIÓN DE DERECHOS DE ENTRADA/SALIDA

La combinación de las características físicas de la red con las normas que definen su uso resulta en un modelo ideal de red de transporte de gas con una oferta particular de servicios de red. En este sistema de derechos de entrada/salida, la mayor parte de las transacciones de gas se determinan, en términos generales, usando la red comercial, hasta el momento en que los usuarios de red se ven incentivados a ajustar sus balances (a menudo, mediante sanciones por desajuste). A partir de ese

momento, el proceso de asignación del servicio de red se da bajo la responsabilidad de los GTS.

#### 1. La definición de la capacidad de entrada/salida y la oferta de servicios de transporte

En un sistema de derechos de entrada/salida, a la hora de calcular la capacidad de red comercial disponible, los GTS han de tener en cuenta el hecho de que los agentes del mercado tienen derecho a transportar gas desde un punto de entrada hasta cualquier punto de salida. Por consiguiente, deben reservar no solo la red requerida para transportar gas desde un punto de entrada a un punto de salida concreto, sino también la capacidad de red necesaria para llevar gas a todos los demás puntos de salida del sistema. Por tanto, la congestión en la red desde un punto de entrada a un punto de salida puede ocasionar congestión en la red hasta otros puntos de salida. Esto puede resultar en una situación en la que la red no esté físicamente congestionada, pero en la que el GTS no pueda vender más capacidad firme (5). La consecuencia directa es que la red no se usa eficientemente. Además, los transportistas no pueden expresar sus preferencias con respecto al punto de salida que tienen previsto atender.

Permítasenos poner un ejemplo simple para ilustrar el problema. Considérense tres gaseoductos que conectan un punto de consumo concreto A con dos puntos de suministro diferentes, B y C; cada gaseoducto tiene una capacidad máxima de 100 MW, de modo que la capacidad real disponible para el punto A es de 200 MW. No obstante, en un sis-

tema de derechos de entrada/salida, los consumidores del punto A tienen derecho a comprar gas a B y a C. Esto es, cuando los consumidores en A formalizan un contrato de suministro, tienen derecho a usar ambos gaseoductos al mismo tiempo. Por lo tanto, la capacidad firme de que dispone el punto A es solo de 100 MW. Esta es la idea detrás de las congestiones contractuales.

En los sistemas de derechos de entrada/salida actuales, la asignación de los GTS de la red comercial no proporciona información suficiente sobre el uso de la capacidad de red. Por ello, la capacidad comercial firme, que los GTS han de garantizar a los transportistas, no asigna la totalidad de la infraestructura física. Esto lleva a una infrautilización de los recursos de red, a menos que se añadan otras herramientas.

Tres son las herramientas que suelen emplearse para reducir la ineficiencia de la asignación de red: el *overbooking* de capacidad firme, la venta de capacidad interrumpible y la venta de capacidad implícita intradía (o en 24 horas).

El *overbooking* de capacidad firme (usado por ejemplo en Reino Unido) se basa en la idea de que el GTS calcula la probabilidad de que los transportistas usen diferentes rutas de la red. Para ello, el GTS se sirve de los flujos históricos de los transportistas para definir la capacidad de red firme que realmente usarán y, a partir de esa estimación, ofrece cierta capacidad extra. En este enfoque, de un lado, el GTS habrá de equilibrar la capacidad de red vendida a los transportistas a la capacidad física disponible en el sistema. Para hacerlo, la única herramienta de que dispone el GTS es el mecanismo de balance. Es decir, la oferta de capacidad de red se basa en

las estimaciones del GTS y, por tanto, la necesidad de balance dependerá crucialmente de la exactitud de dichas estimaciones.

La oferta de capacidad interrumpible se basa en la idea de que, si la red no está plenamente usada en el corto plazo, se permite su uso a un cierto usuario. No obstante, la capacidad interrumpible tiene un valor más bajo para los usuarios, de modo que los que son adversos al riesgo tenderán a no contratar este tipo de capacidad, aun cuando sus tarifas sean más bajas. En otras palabras, no es sustituto directo del servicio de transporte firme. Además, el GTS habrá de asumir la tarea adicional de determinar cuándo interrumpir el servicio y cuándo actuar para equilibrar los flujos. El límite no siempre está claro, ya que tampoco está claro si la definición de congestión física es antes o después de la intervención del GTS en la gestión de los flujos de gas.

El tercer mecanismo es la subasta implícita a corto plazo. La justificación de este mecanismo puede considerarse como una consecuencia de que, una vez elegido el sistema de derechos de entrada/salida, el GTS es el único agente que conoce las características de la red. Así pues, el GTS puede ofertar servicios de transporte a corto plazo cuando exista congestión o infrautilización de la capacidad. Para ello, el GTS define una subasta a corto plazo basada en los precios del gas y teniendo en cuenta la capacidad de red con una representación más informada de la misma. Por ejemplo, cuando hay congestión en cierta zona, el GTS interviene en el mercado comprando y vendiendo gas. Este mecanismo es la más eficiente de las tres soluciones propuestas para gestionar congestiones, ya que la capacidad

de este mercado se asignaría a los transportistas según sus precios de gas. No obstante, interactúa con los derechos de entrada/salida (nominación y renominación), ya que el GTS no tiene certeza del flujo físico asignado mediante contratos comerciales. Por consiguiente, ni siquiera intradía se conocería con certeza la capacidad física susceptible de ser asignada mediante subastas implícitas (6).

Aunque todas las medidas anteriores están diseñadas para resolver los problemas de asignación presentes en el sistema de derechos de entrada/salida, estos problemas no hacen sino sumarse a las decisiones que han de tomar los GTS en el mecanismo de balance. De hecho, estas medidas están motivadas por la ineficiencia en la asignación de red debido al desfase entre las redes comercial y física. El GTS modifica la oferta de red a los participantes del mercado, anticipando las necesidades a las que tendrá que hacer frente a la hora de ajustar el sistema. En consecuencia, las medidas propuestas para reducir la ineficiencia de la asignación de red son, de hecho, las previsiones del GTS del uso final de la red, y no una asignación basada en las preferencias de los operadores. Por lo tanto, las herramientas para hacerlo son las herramientas con que cuenta el GTS en el mecanismo de balance.

## 2. El servicio de balance y la oferta de servicios de almacenamiento en línea

El diseño de las normas para posibles servicios de red puede tener consecuencias de gran alcance en las posibilidades de los agentes del mercado de expresar sus preferencias. Un ejemplo paradigmático del problema es la

asignación de almacenamiento en línea (7).

La asignación de red descrita hasta ahora ha consistido en la asignación de capacidad de transporte. En realidad, la asignación de red se hizo asignando la capacidad de entrar en la red y la capacidad de salir del sistema. Los desequilibrios entre ambas capacidades que pueden resultar de la incertidumbre de rutas seguidas por el gas son resueltos por los mecanismos de balance a corto plazo. La primera y frecuentemente la principal herramienta usada por los GTS para ajustar el sistema es el almacenamiento en línea (*line-pack storage*) (Keyaerts, Hallack, Glachant y D'Haeseleer, 2011). Por tanto, el almacenamiento en línea no es visto como un servicio que pueda asignarse entre los partícipes del mercado. De hecho, el almacenamiento en línea es usado, en las normas europeas sobre uso de red, como herramienta de balance de gas.

La capacidad de transporte de un gaseoducto concreto (en el sentido de su capacidad para transportar moléculas de gas de un punto a otro) depende del diferencial de presión entre los puntos de entrada y de salida. Al mismo tiempo, el almacenamiento en línea se incrementa cuando disminuye este diferencial de presión, aumentando la presión en todo el sistema. De ahí que exista un *trade-off* en el uso de la misma infraestructura. De forma aproximada, suponiendo gaseoductos de idénticas características, el *trade-off* puede describirse como sigue: cuanto más alto es el diferencial de presión, más alta será la capacidad para ofrecer servicios de transporte; cuanto más bajo es el diferencial de presión, más alta será la capacidad de almacenamiento de gas dentro del gaseoducto (8).

El potencial de almacenamiento de un gaseoducto es, por ende, un sustituto de su capacidad de transporte, de modo que la combinación de ambos servicios que ofrece un gaseoducto concreto dependerá de las preferencias de los partícipes del mercado. No obstante, como el mercado usa una red comercial sin representación de los gaseoductos físicos, los agentes del mercado no pueden revelar sus preferencias con respecto a la combinación de estos dos servicios. La decisión última en cuanto a dicha combinación es tomada por los GTS, lo cual puede tener un impacto significativo en los resultados de mercado.

De hecho, los mecanismos de balance asociados a los sistemas de derecho de entrada/salida suelen conllevar el problema de tener que elegir entre un mecanismo definido por horas o un mecanismo definido por días. A su vez, esta elección afecta al *trade-off* entre los servicios de almacenamiento y de transporte. Por ejemplo, si la opción de balance elegida es el ajuste por horas, el sistema estará forzando implícitamente a los gaseoductos a transportar la mayor cantidad de gas posible y, por tanto, no ofrecerán ningún servicio de almacenamiento a los partícipes del mercado. Si el diseño de ajuste opta por un mecanismo de balance diario, el almacenamiento en línea se socializará entre todos los usuarios de la red.

En esta última opción, si todos los partícipes del mercado tienen las mismas necesidades de servicios de almacenamiento, la socialización los asignará de manera eficiente. Pero si tienen necesidades dispares, la asignación será ineficiente, tal y como se ha mostrado en los ejemplos de juegos simples del primer apartado de

este artículo. En este sentido, la necesidad de almacenamiento estará estrechamente ligada a las necesidades de flexibilidad de los usuarios de la red, la cual, a su vez, está altamente vinculada a la variabilidad temporal de sus patrones de flujos de gas.

En resumen, la oferta de almacenamiento en línea implícita en las normas de uso de red tiene un impacto en los resultados de mercado. Además, si dicha oferta de almacenamiento no tuviera coste alguno pero los servicios de almacenamiento sí tuvieran valor de mercado, supondría una distorsión de las señales económicas asociadas a la asignación intertemporal de los derechos de red.

Conviene resaltar que la demanda más importante de flexibilidad diaria que satisface el servicio de almacenamiento en línea es el de las centrales termoeléctricas a gas. Primero, porque la variación horaria de la demanda de electricidad es mayor que la variación de demanda de gas doméstica e industrial. Segundo, porque las centrales termoeléctricas a gas también compiten con otros productores de electricidad y, por tanto, su demanda exhibe una mayor elasticidad precio en periodos de menor demanda de electricidad y una menor elasticidad en los periodos punta (9). Así pues, las centrales termoeléctricas a gas crean fuertes variaciones en la demanda de gas, sobre todo en los sistemas con alta penetración de generación eólica (al actuar las centrales termoeléctricas como refuerzo). En consecuencia, el patrón de uso de gas por las centrales eléctricas exhibe una alta variabilidad y una baja predictibilidad. En Europa, donde el principal factor de incremento de la demanda de gas son las centrales termoeléctricas a gas, el impacto de cómo se usa la flexibilidad de red

y, en particular, la flexibilidad temporal, reviste una importancia crucial (Honoré, 2006).

## V. CONCLUSIÓN

Una de las primeras conclusiones que cabe extraer del análisis realizado en este artículo es que la implantación de los sistemas de derechos de entrada/salida no es sencilla, ya que todos los problemas aquí examinados están asociados a la simplificación implícita en la definición de red comercial. En cualquier caso, el sistema de derechos de entrada/salida es la opción elegida para la industria del gas de la UE, por lo que es preciso resolver un conjunto de problemas para evitar una ineficiencia excesiva en la explotación de las redes de gas. A dicho efecto hemos mostrado que el papel desempeñado por el GTS, como sustituto de un mercado secundario para las transacciones de gas a largo plazo, supone un gran reto.

Además, el sistema actual de la UE confía en la intervención de los GTS para corregir las ineficiencias de mercado resultantes. En primer lugar, la asignación ineficiente de capacidad asociada a los sistemas de derechos de entrada/salida, y en particular las derivadas de las congestiones contractuales, que habrán de ser resueltas por las acciones de los GTS. Sin embargo, es posible remontar el problema a la imposibilidad de los participantes del mercado para expresar sus preferencias de capacidad a corto plazo. De ahí que la solución directa sea poner en marcha un mecanismo a corto plazo que permita a los operadores del mercado gestionar sus necesidades a corto plazo, la finalidad habitual de los mercados secundarios.

Por otra parte, la capacidad de transporte no es el único servicio

que pueden prestar los gaseoductos, ya que también pueden servir como instalaciones de almacenamiento. Ahora bien, el almacenamiento en línea depende de la presión del gaseoducto, lo que convierte efectivamente a este servicio de almacenamiento en un sustituto de la capacidad de transporte. En la actualidad, tal *trade-off* viene determinada por los GTS pero, aun cuando se usa cierta capacidad de almacenamiento en línea por motivos de seguridad, el almacenamiento en línea tiene cierto valor económico y los subsidios cruzados implícitos en su asignación podrían distorsionar sustancialmente el comportamiento de los mercados de gas. La importancia relativa de estos efectos depende notablemente de la naturaleza de las transacciones de gas presentes en el mercado mayorista correspondiente. En realidad, las normas que rigen el uso de los servicios de almacenamiento en línea en la normativa europea vigente están en cierta medida diseñadas pensando en pautas de flujos de gas relativamente homogéneas. Por tanto, si aumentara la heterogeneidad del uso de la red, las normas de uso del almacenamiento en gaseoductos darían lugar a un uso ineficiente de la capacidad de red. Esta es la situación existente en los sistemas europeos actuales. De nuevo, la asignación de almacenamiento en línea es tarea típica de los mercados secundarios.

Los dos efectos anteriores (las limitaciones en la asignación de capacidad y en el cálculo de capacidad de almacenamiento en línea) son casos particulares de los problemas generales que se han descrito en el apartado II. Ambos son consecuencias de la necesidad de los GTS de calcular la capacidad de red disponible *ante* sin información acerca de las preferencias de los usuarios.

A este respecto, en este artículo se hace hincapié en que es preciso desarrollar mejor algunas de las soluciones disponibles para tratar estos problemas de información. En particular, la legislación de la UE, basada en la combinación de asignación de entrada/salida y un mecanismo de balance no parece suficiente para lograr una asignación eficiente de la red. Parece necesario implantar un mecanismo de mercado a corto plazo que permita a los usuarios revelar sus preferencias de uso de la red de gas.

El principio general que debería regir el diseño de tal mecanismo serían ofertas heterogéneas de servicios de red, de forma que sea posible expresar preferencias tanto en la dimensión temporal como en la espacial. En primer lugar, puesto que la variabilidad temporal de las pautas de gas de los transportadores no es homogénea, tampoco lo serán sus necesidades de servicios de almacenamiento en línea. Así pues, el mecanismo a corto plazo debería permitir a los usuarios revelar sus preferencias sobre la relación entre los servicios de transporte y almacenamiento en línea. En segundo lugar, dado que las necesidades de flexibilidad espacial tampoco son homogéneas, la oferta de capacidad debe ser capaz de reflejar dicha heterogeneidad.

## NOTAS

(1) Para más información, véase LAPUERTA (2003); LAPUERTA y MOSELLE (2002); KEYAERTS, HALLACK, GLACHANT y D'HAESELEER (2011).

(2) En otras palabras, el coste de oportunidad de usar una unidad de capacidad flexible es más alto que el coste de oportunidad de usar una unidad de capacidad fija.

(3) En algunos casos, como Francia y Alemania, es posible hallar GRT regionales dentro del territorio nacional.

(4) Para una comparación con otros sistemas, véase MAKHOLM (2012) y VÁZQUEZ, HALLACK y GLACHANT (2012).

<p>(5) Al menos, el GRT no puede vender más capacidad firme sin incurrir en el riesgo de incumplir los contratos, es decir, sin el riesgo de sufrir una congestión en la red física.</p> <p>(6) Quizá sería posible establecer una hora de corte, para permitir un funcionamiento más eficiente de asignación implícita intradía o a 24 horas.</p> <p>(7) La posibilidad de almacenar moléculas de gas dentro de los gaseoductos.</p> <p>(8) Para más información técnica sobre transporte y almacenamiento en gaseoducto, véase, por ejemplo, MOKHATAB, POE y SPEIGHT (2006).</p> <p>(9) Para un tratamiento más detallado de esta cuestión, véase HALLACK (2011), capítulo 3.</p> <p><b>BIBLIOGRAFÍA</b></p> <p>ACER (2011a), «Framework guidelines on capacity allocation mechanisms for the European transmission network», Agency for the Cooperation of Energy Regulators, Draft for Consultation, DFGC-2011-G-001.</p> <p>— (2011b), «Framework guidelines on gas balancing in transmission systems»,</p>	<p>Agency for the Cooperation of Energy Regulators, Draft for Consultation, DFGC-2011-G-002.</p> <p>CE (2009), Reglamento (CE) n.º 715/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009, sobre las condiciones de acceso a las redes de transporte de gas natural y por el que se deroga el Reglamento (CE) n.º 1775/2005.</p> <p>COASE, R. (1960), «The problem of social cost», <i>Journal of Law and Economics</i>, 3: 1-44.</p> <p>GLACHANT, J.M., y HALLACK, M. (2010), «The gas transportation network as a 'lego' game: how to play with it?», Working Paper N42, European University Institute.</p> <p>HALLACK, M. (2011), «Economic regulation of offer and demand of flexibility in gas networks», tesis doctoral, Université Paris-Sud 11.</p> <p>HONORÉ, A. (2006), «Future Natural Gas demand in Europe: The importance of the Power Sector», Working Paper NG10, Oxford Institute for Energy Studies, UK.</p> <p>KEYAERTS, N.; HALLACK, M.; GLACHANT, J.M., y D'HAESELEER, W. (2011), «Gas market effects of imbalanced gas balancing rules:</p>	<p>Inefficient regulation of pipeline flexibility», <i>Energy Policy</i>, 39: 865-876.</p> <p>LAPUERTA, C. (2003), «Brattle's assessment of the operation of the NTS», en: <i>The gas trading arrangement: Reform of the Gas balancing Regimes</i>, OFGEM, UK.</p> <p>LAPUERTA, C., y MOSELLE, B. (2002), «Convergence of non-discriminatory tariff and congestion management systems in the European gas sector», Brattle Group, Report to European Commission.</p> <p>MAKHOLM, J.D. (2012), <i>The Political Economy of Pipelines</i>, University of Chicago Press.</p> <p>MOKHATAB, S.; POE, W.A., y SPEIGHT, J.G. (2006), <i>Handbook of Natural Gas Transmission and Processing</i>, Gulf Professional Publishing.</p> <p>OSTROM, E.; GARDNER, R., y WALKER, J. (1994), <i>Rules, games and information</i>, University of Michigan Press.</p> <p>VÁZQUEZ, M.; HALLACK, M., y GLACHANT, J.M. (2012), «Building Gas Markets: US versus EU market model», <i>European Energy Journal</i>.</p>
--	---	--