

Interdependencia de los Mercados Eléctrico y Gasífero: Temas Pendientes

Interdependence of Electricity Markets and Gas: Pending Issues

Richard Navarro^{1*}, Jaime Luyo²

¹ Pontificia Universidad Católica del Perú. Av. Universitaria 1801, San Miguel, Perú

² Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Tupac Amaru 210, Rimac, Lima, Perú.

Recibido : 21/09/2016 Aceptado: 30/01/2017

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la problemática de la interdependencia de los mercados de gas y electricidad, a través de un análisis descriptivo-exploratorio de documentos académicos de los últimos 5 años, donde se destaca la dependencia del gas en la generación de electricidad, aspectos que se han venido analizando por separado. Este análisis, logra identificar las diferentes líneas de investigación en la interrelación de ambos mercados, que van desde la planificación de la expansión de los mercados de gas y electricidad, la planificación de la operación de los mercados basados en modelos de optimización de costos y el análisis de sus interacciones, todas ellas en modelos donde los mercados interactúan por separado, colocando un fuerte énfasis en la identificación de temas pendientes que faltan desarrollar. En la revisión de las restricciones en la interacción de los mercados, se observa en todos los casos, que estos son analizados por separado, probablemente por las complicaciones computacionales de estos modelos. En ese sentido, se abre una valiosa oportunidad, de desarrollar investigaciones en cualquiera de las líneas de investigación identificadas, y para el caso específico de un mercado de corto plazo, el reto estará en modelar la intertemporalidad derivada del efecto de la combinación de un modelo hidrotérmico.

Palabras clave: Interdependencia de mercados gas-electricidad, Mercado eléctrico, Mercado de gas, Poder de Mercado, Congestión en la transmisión

ABSTRACT

In this paper, analyzes the problems of interdependence of markets for gas and electricity, through a descriptive and exploratory analysis of academic papers in the last 5 years, where gas dependency highlighted in electricity generation, aspects which they have been discussing separately. This analysis can identify the different lines of research on the interrelationship of both markets, ranging from planning the expansion of the markets for gas and electricity, operation planning of model-based cost optimization markets and analysis of their interactions, all in models where markets interact separately, placing a strong emphasis on identifying missing develop outstanding issues. In the review of restrictions on the interaction of markets, it is observed in all cases, these are analyzed separately, probably by the computational complications of these models. In that sense, it opens a valuable opportunity to develop research in any of the research identified, and for the specific case of a short-term market, the challenge will be to model the inter-temporal derivative of the effect of the combination of a hydro-thermal model.

Keywords: Gas-electricity Interdependence markets, Electricity market, Gas market, Market power, Transmission congestion.

1 INTRODUCTION

Ha sido común el estudio del mercado de gas y de electricidad como dos mercados distintos, sin considerar que en la práctica existen numerosas vinculaciones entre ellos, destacándose la dependencia del gas en la generación eléctrica. Este documento pretende identificar los temas pendientes dejados por las diferentes publicaciones sobre la interdependencia entre ambos mercados,

identificando así las diferentes líneas de investigación futuras.

En este aspecto, se ha logrado identificar tres marcadas líneas de investigación, en lo que a la interdependencia de los mercados de gas y electricidad, se han venido desarrollando, que van, desde la planificación de la expansión de los mercados de gas y electricidad, la planificación de la operación de los mercados basados en modelos de

La Revista Científica TECNIA protege los derechos de autor bajo la Licencia 4.0 de Creative Commons: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

* Correspondencia:

E-mail: rnavarro@pucp.edu.pe

optimización de costos y el análisis de sus interacciones, todas ellas en modelos donde los mercados interactúan por separado. Por lo que no se ha identificado, investigaciones que muestren la interacción de ambos mercados en conjunto, o modelos de optimización que muestren sus interacciones. Consideramos que estas interacciones con sus respectivas restricciones para cada mercado, son analizadas por separado, posiblemente por las complicaciones computacionales de estos modelos.

En ese sentido, se abre una valiosa oportunidad, de desarrollar investigaciones en cualquiera de las líneas de investigación identificadas, y para el caso específico de un mercado de corto plazo, el reto estará en modelar la inter-temporalidad derivada del efecto de la combinación de un modelo hidro-térmico

El presente documento es el inicio de la investigación de la interdependencia de los mercados eléctrico y gasífero, para la obtención de un modelo de co-optimización en un mercado de corto plazo. La determinación de las restricciones en ambos mercados, afectan directamente el despacho, por consecuencia estas mismas restricciones de forma independiente o de forma conjunta, promueven variaciones en los precios de corto plazo, que pueden afectar la competencia.

2 DEPENDENCIA DEL GAS NATURAL EN EL SECTOR ELÉCTRICO

Los Mercados de gas natural y de electricidad, si bien en diversos países se han manejado como dos mercados distintos, es en la práctica lo que nos muestra que sus vinculaciones se han visto casi obligadas por la dependencia del gas en la electricidad. Es por ello de las dificultades operativas por los altos costos de almacenamiento y las limitaciones en su disponibilidad; el gas natural se utiliza generalmente como un recurso just-in-time, tal como lo indica Sandra Jenkins. El almacenamiento de grandes cantidades de gas natural, aun cuando es posible en cavernas o pozos de almacenamiento, este detalle en si es costoso, y la necesidad de un recurso energético en el corto plazo, depende en gran medida de su disponibilidad.

La dependencia entre estos dos sectores ha llevado a la preocupación por el desarrollo de modelos que permitan la planificación integrada, la programación del transporte y la comunicación. Burcin Cakir y Ricardo Bolado.

La creciente dependencia del gas natural en el sector de la electricidad, la evolución de la demanda tanto en el sector electricidad como esta que depende también del sector gasífero, tiene efectos profundos en el funcionamiento en el transporte de gas como en la transmisión de la energía.

En el caso peruano, desde la liberalización del mercado de electricidad y con el ingreso del gas de Camisea, que generó un cambio en la matriz energética del país, el gas natural ha generado que el sector eléctrico peruano mantenga una fuerte dependencia con respecto al gas, tal como lo formula Luyo [1], en el estiaje del 2008, con una baja disponibilidad hídrica y con un crecimiento de la demanda eléctrica en el orden del 8.5%, la operación del SEIN presentó una restricción técnica adicional; la congestión del ducto del gas de Camisea, el mismo que suministraba el gas para el complejo térmicos de Chilca y Lima con una capacidad de 1220 MW y que representaba poco más del 30% de la producción de electricidad del País.

Estos cambios como lo indica Sandra Jenkins, afectan los mecanismos en que se financian los proyectos de nuevos ductos de transporte, situación que en el Perú ha visto agregado a estos costos de inversión a la tarifa de energía, aun cuando existen mecanismos donde no se trasladan estos costos de largo plazo, a un producto que no es exclusivo.

3 CARACTERÍSTICAS DE LA INTERDEPENDENCIA DE LOS MERCADOS DE GAS NATURAL Y DE ELECTRICIDAD

Debido a los altos costos de almacenamiento y la disponibilidad limitada del gas natural, es que se utiliza generalmente a este como un recurso, "just-in-time", siendo utilizado por otro recurso just-in-time (electricidad).

La dependencia o la interdependencia, de acuerdo a como lo queramos interpretar, entre estos dos sectores, ha llevado a la preocupación de los diferentes mercados a nivel global, por la programación de la demanda, el transporte y su comunicación, y en nuestro caso los efectos de sus restricciones en el mercado de corto plazo.

La creciente dependencia de un único combustible en el sector de la electricidad (El gas cubre el 48% de la demanda energética del Perú), las variaciones de la demanda en el corto plazo, genera efectos profundos en el funcionamiento de los dos sistemas. Estas variaciones afectan la disponibilidad, las proyecciones de nuevas inversiones en redes y tuberías, y sobre todo los precios de corto plazo, en un escenario actual que busca dar el impulso hacia la integración de las energías renovables.

3.1. EL SECTOR ELECTRICIDAD DEPENDIENTE DEL GAS NATURAL

En Los últimos 10 años, el sector electricidad se ha basado en el gas natural como combustible en torno al 48% de la generación eléctrica mientras que otras fuentes de energía distintas a la hidráulica no llega al 1% de la generación de electricidad en el Perú.

En EE.UU. por ejemplo, a inicios del 2000 el sector energético se había basado en el gas natural, alrededor del 20% de la generación eléctrica provenía de dicha fuente, mientras que el carbón había cubierto cerca de 50% de la demanda.

Sin embargo, el porcentaje de generación a gas natural en el sistema eléctrico americano, ha aumentado de forma sustancial. Para abril de 2012, la generación de gas natural se disparó alcanzando la paridad con la generación de carbón, cada uno con una proporción del 32% de la electricidad total generada en los EE.UU.

Entre 2010 y 2035, el uso de gas natural para la generación de energía se prevé duplicar [20]. Se espera que las regulaciones de emisiones nueva Agencia de Protección Ambiental (EPA) para reducir más o menos 10% de las plantas de generación de carbón en los Estados Unidos, con retiros esperados en los próximos diez a quince años [21]. La mayor parte de esta capacidad está siendo reemplazada con la generación a gas natural como la evolución reciente de la extracción de gas no convencional (Shale), han reducido drásticamente los precios del gas.

3.2. CAMBIOS EN LA DEMANDA DE GAS NATURAL

Debido a que el sector eléctrico está utilizando más gas natural para la generación de energía, esto provoca un impacto en el transporte de gas y en las operaciones de mercado.

Los consumidores de gas natural demandan un volumen específico de gas a lo largo del día, a esta solicitud se le denomina “nominación”. Los comercializadores de gas natural, que coordinan el suministro de combustible para los diferentes generadores de gas natural, tienen como información las horas de trabajo típico para la mayoría de sus clientes. Las ventas en un mercado de gas natural, se cierran generalmente los fines de semana o durante la noche, por lo que muchos generadores a gas tienden a comprar paquetes de fin de semana, casi muy similar a un mercado de corto plazo, con la diferencia que al gas no se le considera un “comodity”. Esto puede generar incertidumbre en el suministro de gas, en escenarios donde los consumidores de electricidad demandan mayor cantidad de energía de forma instantánea.

En países como EEUU o Europa, el aumento de la demanda de gas en las generadoras se ve afectada en el transcurso del día por los consumidores residenciales y comerciales que lo utilizan para la calefacción. Escenarios que generan un mayor nivel de incertidumbre en los modelos de interdependencia de ambos sectores.

Es a través de los contratos de transporte de gas natural los que definen las tarifas de transporte en los ductos, por lo tanto, su diseño es importante para las inversiones futuras en la infraestructura de los mismos. En el caso de las plantas de energía eléctrica a gas, en muchas partes del mundo, estos se basan en contratos interrumpibles del suministro de gas, con el fin de adaptarse a las cambiantes condiciones del mercado y a su incapacidad de recuperar el costo más alto de contratos en firme a largo plazo a través de sus ofertas del mercado de la electricidad.

Estos contratos interrumpibles a corto plazo están subordinadas a la firma de contratos de prioridad de suministro y no contribuyen a la financiación de ductos tradicionales y el proceso de aprobación regulatoria.

En concreto, los ductos de gas, actualmente no se construyen sin una porción significativa de su capacidad, con contratos en firme antes de tiempo de operación, a fin de asegurarse de que hay suficiente demanda para justificar la inversión.

Desde hace varios años, este sistema funcionó bien: la demanda de gas aumenta desde la firma de contratos de largo plazo que alentaron las inversiones en ductos y la aprobación reglamentaria [22]. El exceso de capacidad no contratada de los gaseoductos, o la capacidad no utilizada en el corto plazo, fue utilizada por nuevos generadores de energía de gas natural que ingresaban al mercado con contratos interrumpibles.

Este modelo o forma, es el que más ha funcionado en las dos últimas décadas.

Ahora bien, el crecimiento de la demanda de gas natural, se debe en gran medida a las centrales eléctricas de gas natural, que son reacias a comprar contratos en firme de largo plazo.

En los últimos 10 años, son los generadores de energía un segmento de clientes grande y creciente para las empresas de gasoductos de gas natural, siendo el servicio, que los operadores de ductos proporcionan, inmensamente importante para el funcionamiento del sistema eléctrico. En ese aspecto los contratos en los que muchos generadores se basan, simplemente no estimulan la inversión en la infraestructura de ductos. En tal sentido, los contratos de capacidad interrumpible en el que los generadores de energía son tan dependientes pueden poner también en riesgo la confiabilidad del sistema eléctrico.

3.3. DEPENDENCIAS FINANCIERAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE DUCTOS

Para el largo plazo se requiere la construcción de nuevo ductos a fin de transportar el gas desde los centros de abastecimiento (En EE.UU. esto se ha visto recientemente desarrollado como resultado de la

revolución del gas de esquisto a los centros de demanda tradicionales.

La expansión de la infraestructura de ductos de gas aumenta en gran medida la confiabilidad del suministro de combustible para los generadores. El gas natural que es abundante en una cierta región (para el caso de Perú, Cuzco y Puno son las áreas de explotación del recurso), generalmente carece de la infraestructura necesaria para movilizar el combustible hasta donde está la demanda, lo que puede conducir a anomalías en los precios, que disminuyen el valor económico del recurso. Un ejemplo de ello [23] se produjo durante varios años en el Hub Opal en las Montañas Rocosas antes de la construcción de nuevos gasoductos: los productores de gas estaban vendiendo su gas natural por debajo del valor de mercado en el Henry Hub, debido a la falta de infraestructura de gasoductos de gas natural.

Una base de precios, es la diferencia entre el precio del gas en un lugar determinado y el precio del gas en el Henry Hub (el precio de referencia del gas en los Estados Unidos).

Los contratos de capacidad en firme se utilizan para financiar la expansión de gasoductos de gas natural y como demanda de gas natural en el sector eléctrico normalmente utiliza contratos interrumpibles, la construcción de nuevos gasoductos debe ser abordado.

4 TEMAS PENDIENTES EN LA INTERDEPENDENCIA DE LOS MERCADOS ELÉCTRICO Y GASIFERO

Diversos autores han desarrollado el análisis de los mercados eléctrico y gasífero de forma independiente, concentrándose en las eficiencias individuales en cada modelo de operación y modelo de mercado. Sin embargo, como hemos venido desarrollando la presencia del gas en el mercado se ha visto se ha visto fuertemente influenciada a tal punto que la relación entre ambos sectores ha generado diversos grados de interdependencia y donde la restricción de cada mercado por separado genera influencia en el desempeño del otro.

En este aspecto, se han desarrollado diversas líneas de investigación, desde: a) la planificación de la expansión de los mercados de gas y de electricidad, desde el punto de vista de su interdependencia; pasando por b) la planificación de su operación, en la búsqueda de modelos de optimización de costos, hasta c) el análisis de sus interacciones económicas. Líneas de investigación:

a) la planificación de la expansión de los mercados de gas y de electricidad:

Rubio, Ojeda y Vargas (8), analizan las características más relevantes de los sistemas de gas natural y electricidad, comparando las

estructuras de cada mercado y la formación de sus precios. Analiza a las centrales de generación a gas natural en la perspectiva de los mercados liberalizados de gas y electricidad, igualmente efectúa un análisis de los temas regulatorios más relevantes en los mercados de América Latina, centrándose en las barreras existentes para la integración de los mercados de gas y electricidad.

En ese sentido, coinciden con otros autores, indicando que a pesar de que los resultados económicos y físicos de los subsistemas individuales, se encuentran bien estudiados y comprendidos, no existen mayores esfuerzos al análisis de las características de un sistema integrado gas-electricidad, especialmente en el medio y corto plazo debido a la complejidad de los modelos requeridos.

El modelo del sistema de gas natural incluido por Rubio, Ojeda y Vargas, es de suma importancia para la planificación de los sistemas de energía eléctrica. Se requieren nuevas metodologías para la expansión integrada y planificación de la operación de ambos sistemas. Además, la infraestructura de gas natural debe ser considerada en la evaluación de la fiabilidad del sistema de potencia, por ello recomiendan que las compañías de energía y las agencias de gobierno, deben tener en cuenta, un enfoque integrado para la operación y planificación de infraestructuras de gas natural y de electricidad para asegurar que las políticas económicas, sean seguras y se utilicen en un futuro previsible.

b) La planificación de la operación, en la búsqueda de modelos de optimización de costos:

Sandra Jenkins (1), contribuye a través de un análisis cualitativo del mercado del gas natural y su interdependencia con el mercado de electricidad en los Estados Unidos efectuando recomendaciones para abordar los problemas, así como aprovechar las oportunidades que esta interacción muestra. La segunda contribución principal es un análisis cuantitativo de estas interacciones.

Este análisis cualitativo muestra que, en los Estados Unidos, un porcentaje cada vez mayor de la producción de energía está siendo producido por las plantas de gas natural, siendo esto una tendencia que se vislumbra que continúe en las próximas décadas. La revolución del gas de esquisto cambió la disponibilidad de gas natural y sus precios de modo tal que se ha convertido en un combustible atractivo para la inversión nuevas centrales de generación, con energía más limpia comparada con las centrales a carbón.

Desde el punto de vista comercial y contractual las generadoras a gas optan por utilizar, contratos interrumpibles que ofrecen una mayor flexibilidad, algo necesario para los participantes en el mercado de electricidad, pero que a su vez no contribuyen a la expansión del gasoducto. Cambiar las reglas de la FERC en los incentivos de la expansión de los ductos para incluir los contratos interrumpibles, es una manera de resolver este problema.

Ello podría también aumentar la acumulación de capacidad, quedando en cuestión, de si el exceso de capacidad es realmente necesario, especialmente en el largo plazo.

Los operadores de ductos tienen una variedad de clientes, diferentes a los productores de energía, y que deben tener en cuenta sus necesidades al mismo tiempo que el de las generadoras a gas.

Otra modificación podría estar en el cambio de los contratos de capacidad, lo que complicaría los métodos actuales de operación, no dejando claro, si todos los clientes se beneficiarían.

Otro aspecto está en una mejor coordinación entre los dos sectores, lo que podría también mejorar la confiabilidad del suministro de gas natural a los productores de energía. Las diferencias temporales del mercado, hacen que muchos generadores de energía, entren en una incertidumbre en sus precios de electricidad y los volúmenes de gas. Estas incertidumbres pueden conducir a la ineficiencia de los mercados y la falta de disponibilidad de los generadores, que a su vez puede dar lugar a riesgos de fiabilidad y aumentos de precios para el sector eléctrico.

En este escenario, los sectores de la electricidad y del gas natural, son cada vez más interdependientes, sobre todo en un momento en que la industria de la electricidad está experimentando cambios importantes debido a los avances tecnológicos.

En este sentido, Jenkins, define que ha habido un enorme entusiasmo por el desarrollo del gas natural, también indica que hay una serie de preocupaciones sobre los efectos en la seguridad y la salud en la extracción de gas natural, específicamente por sus efectos ambientales, abriendo la pregunta de si la regulación actual es suficiente.

Un aspecto que deja al análisis es; ¿Cómo el gas natural puede promover la integración de las energías renovables como la eólica y solar al mismo tiempo que compiten con ellas en el mercado de la energía?

Especialmente, si las incertidumbres asociadas con la generación de energía de gas natural, impiden que el combustible sea utilizado para equilibrar la confiabilidad de la oferta energética. Dejando entonces abierta una línea de investigación sobre los beneficios de tener una demanda más flexible, con una respuesta de la penetración de la demanda.

c) El análisis de sus interacciones económicas.

Gil, Dueñas y Reneses (7), presentan y comparan dos diferentes metodologías que se comunican dos modelos de optimización independientes (un modelo para el mercado del gas y otro para el de electricidad) en la búsqueda de decisiones óptimas de operación. Para ello, utilizan variables técnicas y económicas concebidas en mercados diferentes e independientes.

La primera metodología está destinada para el mercado de la electricidad: los contratos de gas equivalentes calculados con el modelo del mercado de gas se incluyen en el modelo de mercado de la electricidad, lo que maximiza la ganancia de mercado de la electricidad.

Por el contrario, la segunda metodología está destinada al mercado del gas: la relación entre el ingreso marginal y el consumo de gas en el modelo de mercado de la electricidad se introduce en una función objetivo del modelo de mercado del gas, lo que minimiza el costo de operación.

En ese sentido, ambas metodologías, teóricamente conducen a la misma solución óptima en tiempos de ejecución similares; sin embargo, la obtención de la misma solución en la práctica depende de la precisión de la información intercambiada, es decir, los contratos equivalentes o la relación consumo-gas / ingreso marginal, entre ambos modelos. En cualquier caso, la diferencia puede ser insignificante si las hipótesis iniciales son lo suficientemente precisas.

Gil, Dueñas y Reneses, dejan en evidencias la oportunidad de investigar nuevas líneas de investigación derivadas de este paper, que consiste principalmente en: el análisis de las interacciones económicas entre ambos sistemas, considerando una demanda elástica del gas con la posibilidad de desviar gas a otros mercados en su sistema; El análisis y modelización del comportamiento estratégico de los agentes que operan en ambos mercados; y la congestión de transmisión de gas y restricciones de flujo de potencia en el análisis de la fiabilidad de ambos sistemas.

5 RESTRICCIONES EN LA TRANSMISIÓN Y EN LA DISPONIBILIDAD DEL GAS QUE AFECTAN AL DESPACHO

Rubio, D. Ojeda, indican que es esencial modelar la operación de los sistemas, eléctrico y de gas natural. Por ello, el objetivo de este trabajo es el de presentar un modelo de co-optimización integrada de los

sistemas de electricidad y de gas natural, y que iremos determinando si este tipo de modelo lo trabajamos como para un instante de tiempo (monoperiodo), o para todo un día de operación. En ese sentido determinar las restricciones impuestas por los sistemas de transmisión (pérdidas, caídas de tensión, congestión, restricciones de poder de mercado, etc.), así como las restricciones en el despacho de gas (disponibilidad de gas, capacidad de almacenamiento, o congestión en el ducto) definen el comportamiento del mercado).

Desde el punto de vista técnico, el despacho de las Unidades de Generación Térmica a Gas Natural (UGTGN) en el sistema eléctrico afecta de manera significativa el consumo total de gas natural al ser el sector eléctrico fuertemente dependiente del gas natural y del flujo de gas por los gasoductos.

Por otro lado, existen restricciones técnicas del sistema de gas natural (capacidades limitadas de inyección de gas, capacidades limitadas de transmisión en la red de gasoductos, prioridades de abastecimiento de demandas residenciales y comerciales) que imponen restricciones a las UGTGN, afectando así el despacho de todo el sistema eléctrico.

En un contexto cuyos riesgos habría que considerar, tenemos las contingencias en el sistema total de gas natural, que podrían afectar al despacho o incluso ocasionar las salidas de servicio de forma simultánea de un conjunto de unidades de generación, poniendo en riesgo la seguridad de todo el sistema eléctrico.

6 CONCLUSIONES

En los últimos cinco años se han desarrollado algunas pocas investigaciones respecto a la interacción de los mercados eléctrico y gasífero, la mayor parte de ellas analizando los mercados por separado.

Podemos concluir que se ha identificado tres marcadas líneas de investigación, que son: i) La planificación de la expansión de los mercados de gas y electricidad, ii) la planificación de la operación de los mercados basados en modelos de optimización de costos, y iii) el análisis de sus interacciones.

Igualmente, no se ha identificado investigaciones que muestren la interacción de los mercados gasífero y electricidad en conjunto, o modelos de optimización que muestren sus interacciones.

Se ha observado igualmente, que las restricciones de cada mercado son analizadas por separado, posiblemente por las complicaciones computacionales de estos modelos.

En ese sentido, se abre una oportunidad valiosa de desarrollar cualquiera de estas tres líneas de investigación, y para el caso específico de un mercado

de corto plazo, el reto estará en modelar la intertemporalidad, derivada del efecto de la combinación de un modelo hidro-térmico, como es el caso peruano.

REFERENCIAS

- [1] Jenkins S. Interdependency of Electricity and Natural Gas Markets in the United States: A Dynamic Computational Model [dissertation]. MIT 2014
- [2] S.Jenkins "A Dynamic Model of the Combined Electricity and Natural Gas Markets". MIT 2015
- [3] B. Cakir, Bolado "An Integrated simulation model for analysing electricity and gas systems" IEEE 2014
- [4] J Gil, A Caballero, and A Conejo. "CCGTs: The Critical Link Between the Electricity and Natural Gas Markets". IEEE. 2014
- [5] J Qiu, Z Yang Dong, J Hua Zhao, Ke Meng, Yu Zheng, and David J. Hill. "Low Carbon Oriented Expansion Planning of Integrated Gas and Power Systems". IEEE. 2015.
- [6] J.Luyo "Modelado de la interconexión de los mercados de gas y electricidad en el Perú". ECIPERU. 2011.
- [7] M Gil, P Dueñas, and J Reneses. "Electricity and Natural Gas Interdependency: Comparison of Two Methodologies for Coupling Large Market Models Within the European Regulatory Framework". IEEE. 2015
- [8] R Rubio, D Ojeda, O. Afia and A Vargas. "Integrated Natural Gas and Electricity Market: A Survey of the State of the Art in Operation Planning and Market Issues". IEEE. 2008
- [9] J.Luyo. "Actual Insuficiencia de Oferta Eléctrica y de Gas en el Perú: Causas y Accountability" XIX CONIMERA. 2011
- [10] Alejandro Castañeda Sabido Y Luis f. López Calva. "Reforma del sector eléctrico con visión de largo plazo". Centro de Estudios Económicos de México. 2003.
- [11] Víctor Eduardo Díaz. "Condiciones de acceso y uso de las instalaciones gasistas en España y Portugal por terceros". ICAI, Universidad Pontificia Comillas. 2010
- [12] J.Luyo, "Efectos de la congestión de las redes de transmisión en la competencia en mercados eléctricos de producción hidrotérmica". UNMSM 2008
- [13] R.Rubio-Barros, D.Ojeda, Osvaldo Añó and Alberto Vargas. "Combined operational planning of natural gas and electric power systems: state of the art". Instituto de Energía Eléctrica, Universidad Nacional de San Juan Argentina. 2010
- [14] C. Unsuhay, J. W. Marangon-Lima, and A. C. Zambroni de Souza, "Modeling the integrated natural gas and electricity optimal power flow," in Proc. IEEE Power Eng. Soc. General Meeting, Tampa, FL, USA, Jun. 2007.
- [15] G.Federio y X.Vives. "Competencia y Regulación en los mercados Españoles de gas y electricidad". Energy Report.IESE Universidad de Navarra. 2008
- [16] S Hecq, Y Boufflioux, P Doulliez, and P Saintes. "The Integrated Planning of the Natural Gas and Electricity systems under market conditions". IEEE. 2001
- [17] J Villada. "Tesis: Análisis de la Competencia y Congestión en el Mercado Colombiano de Gas Natural por Medio de Simulación" Universidad Nacional de Colombia. 2011
- [18] Remy Hatert. "Liberalisation of the natural gas and electricity distribution Market: Options chosen and lessons learned". CIREN, 18th International Conference on Electricity Distribution. 2005
- [19] Mohammad Reza Hesamzadeh. "Tesis: Transmission Planning in Liberalised Electricity Markets in the Context of Market Power". KTH Royal Institute of Technology. August 2010
- [20] The INGAA Foundation Inc., "North American Natural Gas Midstream Infrastructure Through 2035: A Secure Energy Future Updated" 2011.
- [21] B. M. Celebi, F. Graves, and C. Russell, "Potential Coal Plant Retirements: 2012 Update," October, 2012.

[22]K. Joseph, "Gas & Electric Coordination: The need for information sharing," 2013.

[23]C. Davies and A. Goller, "Ensuring Future Natural Gas Availability," Present. to MIT El Symp. Interdepend Nat. Gas Electr. Syst., pp. 1-40, 2013.