

MICROGRIDS: NEW PARADIGM IN ELECTRICITY GRIDS**MICRORREDES: NUEVO PARADIGMA EN LAS REDES ELÉCTRICAS****MSc. Adriana Arango Manrique, MSc. Ramón Antonio Álvarez López****Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.**

Campus la Nubia, Tel.: +(57) (6) 887 9498.

E-mail: aarangoma@unal.edu.co, raaalvarezlop@unal.edu.co

Abstract: Implementation of Micro grid (MG) in power system is a current research topic. First because the multiple advantages presented against centralized networks, with regard to increased efficiency and control of faults. Second, the issues associated with their operation, management and technology implementation. Under correct operation, the MG must support and maintain all system variables within operational limits. In this article describe acting elements and how each of them contributes and supports the proper functioning of the MG, and some international experiences of real implementation of it.

Keywords: Demand response, electric vehicles, electricity market, micro grids.

Resumen: La implementación de las microrredes (MG) en el sistema de potencia, es un tema actual de investigación. Principalmente, por las múltiples ventajas presentadas frente a las redes centralizadas, en lo que respecta al aumento de eficiencia y control de fallos. En segundo lugar, por los problemas asociados a su operación, administración y a las necesidades tecnológicas particulares para su implementación. Dado que bajo operación correcta de funcionamiento, la MG debe soportar y mantener todas las variables del sistema dentro de los límites de operación. En este artículo se realiza una investigación y descripción sobre los elementos que actúan y como cada uno de ellos aporta y soporta el correcto funcionamiento de las MG y algunas experiencias internacionales de implementación real.

Palabras clave: Gestión de la demanda, mercados de energía, microrredes, vehículos eléctricos.

1. INTRODUCCIÓN

La manera de abordar los estudios sobre los sistemas de potencia han sufrido cambios debido a las políticas dictadas para el cambio climático y reducción de emisiones (Protocolo de Kyoto, 1998), la desregulación de los mercados de energía (Ley Colombiana 143, 1994) y la cuantificación y cualificación por la confiabilidad y seguridad en el suministro a corto, mediano y largo plazo (IEA, 2002).

Estos cambios dan como resultado la introducción de nuevas fuentes de generación (Protocolo de Kyoto, 1998) y la importancia de que éstas se encuentren cerca a los centros de consumo, lo que impulsa la necesidad de desarrollar las Smart Grids (SG), las Microgrids (MG), la Generación Distribuida (GD) (IEA, 2011) y los vehículos eléctricos (Marano, V., and Rizzoni G., 2008; Hadley, S. W., and Tsvetkova, A., 2008).

Los desarrollos tecnológicos en todos los ámbitos de la ciencia, especialmente en el ámbito eléctrico y electrónico, han traído consigo la evolución de

los sistemas eléctricos, resultando en sistemas más eficientes, confiables y con miras al uso eficiente de la energía (Lidula, N. W. A. and Rajapakse, A. D., 2011).

El aumento en la seguridad y confiabilidad en el suministro; la posibilidad de integrar tecnologías de energía renovable y el uso efectivo en la capacidad de almacenamiento, son variables que motivan a la consideración de una MG. El concepto de MG ha sido ampliamente estudiado y puede ser definido como la vinculación de cargas y microgeneración operando dentro de un simple sistema (Lasseter, R. H., and Paigi P., 2004).

Este artículo describe los diferentes agentes que interactúan en las MG y como cada uno de estos elementos aportan al funcionamiento confiable y continuo de la MG. Así como algunas experiencias internacionales en las que se han realizado implementación de las MG.

2. MARCO CONCEPTUAL DE LAS MICRORREDES

Una Microgrid (MG) se define como una parte del Sistema Eléctrico de Potencia que está compuesta por fuentes de Generación Distribuida y cargas controlables (con selectividad de control para cargas críticas y no críticas); operan como una sola red autónoma, ya sea en paralelo o aislado de la red de suministro de energía existente, y finalmente una MG debe ser intencionalmente planeada (IEEE Std 1547.4-2011, 2011).

En los últimos años se ha estudiado la operación de las MGs, encontrando beneficios como: el aumento en la calidad y confiabilidad del sistema (Zeineldin, H. et al. 2005; Mathur, H. D., 2010); la descentralización de la generación; reducción del precio de la electricidad, tanto en la transmisión como distribución; la óptima utilización de Tecnologías de Energía Renovable en la integración a las MGs (Barker P. P. and Mello R. W., 2001), y la utilización de las MGs como mecanismo de respaldo para prevenir un Blackout (Aghamohammadi M. R. and Shahmohammadi A., 2012).

Todos estos beneficios están estimulando el incremento de la demanda de las MGs alrededor del mundo. Según el reporte de (PikeResearch Cleantech Market Intelligence. 2012), la capacidad de las MGs en el mundo experimentará un crecimiento de más de 22% en los próximos cinco

años, alcanzando 4.7 GW en el 2017, tomando como referencia 140 proyectos modernos que suman más de 1.1 GW al rededor del mundo. Las MGs han sido estudiadas para la operación en media y baja tensión, pero el mismo concepto se puede extender a niveles de alta tensión.

En (IEEE Std 1547.4-2011, 2011), establecen una serie de recomendaciones, que ayudarán a los operadores de red y los pequeños generadores a diseñar y operar por islas y MGs.

A continuación, se presentará una síntesis de los puntos más relevantes en la planeación y operación de una MG (Marín Jiménez, 2012):

1) Operación y administración de la MG: Una buena estrategia para el planeamiento de una MG, permite una operación sin problemas. Dentro de esta estrategia se debe incluir: técnicas de detección de islas; operación de la MG conectada a la red y operación aislada, y el modo de reconexión con la red. Varias estrategias se han propuesto para la operación de una MG.

2) Gobernador del generador: Este es el criterio más importante en la operación de una MG. El gobernador debe ser diseñado y modelado en dos modos de operación: conectado a la red y aislado. El modo aislado, el gobernador debería tener la habilidad para mantener la calidad de la potencia al interior de la MG, dentro de los límites permitidos por el operador del sistema. Para evitar la pérdida de sincronismo durante la reconexión con la red, el control de la GD debe estar equipado con una unidad diseñada para regular la frecuencia, la tensión y la sincronización de la MG para estar cerca con los parámetros de la red.

3) Comunicación - Smart Grids: Un enlace de comunicación rápido y confiable es requerido para transferir los datos y la información de control.

3. MICRORREDES

Al pertenecer al sistema de distribución, las MG presentan nuevos retos debido a la inclusión de nuevos elementos, componentes y agentes en la operación.

3.1 Generación Distribuida

Estas unidades generadoras pueden utilizar como energía primaria los recursos convencionales, además de emplear diversas fuentes de energía renovables como la eólica, solar, térmica, entre otras y además puede funcionar con diferentes

tipos de combustibles no renovables tales como biomasa, gas natural, biodiesel, etc.

Al estar conectada cerca a los centros de consumo presenta grandes ventajas en particular ayuda a descongestionar las redes de transmisión, disminuyendo a su vez las pérdidas y las fluctuaciones de tensión (Jóos et al., 2000) (Viawan y Karlsson, 2008).

Es importante mencionar, que así como la GD puede traer ventajas como las mencionadas anteriormente, también puede generar problemas adicionales dependiendo de la ubicación, dimensionamiento y parámetros como desbalance en las redes, tanto de baja como de media tensión (Viawan y Karlsson, 2008). Así como desventajas económicas como es el caso del alto costo de la inversión inicial y los vacíos en la regulación que impiden el crecimiento de esta generación (Karger C. R. y Hennings W., 2009).

La GD permite el cambio en los flujos de potencia activa y reactiva que se dan en la red, lo que conlleva a que todos los parámetros de la MG se cumplan y mantengan (Buitrago, 2007).

3.2 Mercado de energía

Con la implementación de las MG, se debe considerar una dinámica diferente de mercado de energía a la que comúnmente se presenta. Entre las características especiales que cambian la dinámica del mercado en las MG, se tiene que la proximidad entre la demanda y la generación puede contribuir a la reducción de pérdida, traducándose en una mejora en la confiabilidad y la seguridad en el suministro cuando opera conectada a la red o cuando se presenta una isla física (Gyamfi S. y Krumdieck S., 2011).

Los servicios complementarios se pueden prestar con precisión, agilidad y remuneración puesto que la operación en MG cambia la dinámica del mercado y permite a nuevos agentes prestar estos servicios de soporte a la red. Adicionalmente, se aumentan los agentes participantes tanto en el mercado de energía y es posible disminuir el poder de mercado de los grandes agentes generadores (Madureira A.G. y Pecas Lopes J.A., 2012)

En cuanto a la inversión en expansión de la red, se debe tener en cuenta que el sistema de potencia operando en MG aplazaría las grandes inversiones en generación y transmisión.

En (Vasiljevska J., et al., 2012) se definen que en cada MG debe existir un control central que le permita a la MG operar tanto técnica como económicamente.

Cuando se habla de MG, la GD puede ser considerada como una fuente de generación más, alejándose de los esquemas de subsidios que en muchos países hacen parte de la tarifa de los usuarios finales.

3.3 Gestión de la demanda

El desarrollo económico viene acompañado de un fuerte crecimiento de la demanda de energía, pero es importante considerar que este aumento conlleva a un agotamiento de los recursos naturales y al impacto medio ambiental, por lo que la gestión de la demanda, pretende, entre otros, desacoplar esta premisa a través de acciones de ahorro y eficiencia energética (Zayegh A. et al, 2011).

La gestión de la demanda es la planificación e implementación de distintas medidas que influyen en el comportamiento de la demanda.

Estas medidas tienen como objetivo la reducción del consumo mediante mejoras en la eficiencia y ahorro de energía mediante la reducción del consumo en las horas pico, discriminación horaria y respuesta a los precios del mercado y las tecnologías de almacenamiento que entran a participar en un mercado donde la demanda es activa (Bartusch, C., et al., 2011).

Los programas de gestión de la demanda están diseñados para alentar a los consumidores a modificar su demanda de electricidad y su patrón de consumo, con el fin de responder a señales económicas y de confiabilidad (Bartusch, C., et al., 2011).

Esta gestión no está relacionada con los cambios en la demanda derivados de las operaciones normales que se presentan en las redes. Para ayudar a solucionar las fluctuaciones de demanda y para que la oferta de generación tenga mayor competencia (Torriti, J., 2012).

A futuro la demanda puede desempeñar un papel más dinámico en los mercados de electricidad a partir de políticas y nuevas tecnologías que les permitan interactuar con el operador de la red.

La reducción de la demanda mediante la aplicación de programas de gestión de la demanda puede originar una reducción apreciable en los costos

marginales de la generación de energía (Torriti, J., 2012).

Entre las ventajas que presentan la gestión activa de la demanda se encuentra (Valenzuela J., *et al.*, 2012):

- Reducción en la volatilidad en los precios.
- Reducción del poder de mercado.
- Aumento en la confiabilidad en las redes.
- Aumento en la disponibilidad y capacidad de transferencia en las redes de transmisión lo que se traduce en una optimización de la infraestructura existente.

Para que exista una buena gestión de la demanda, es necesario contar con dispositivos de medición avanzado junto con automatización y control para que la gestión energética pueda convertirse en una gestión eficiente.

3.4 Vehículos eléctricos

La implementación de las MG permite integrar fácilmente a los vehículos eléctricos, puesto que esta nueva tecnología requiere baterías con la capacidad de almacenar energía. El comportamiento de esta tecnología puede ser (Green II, R.C., *et al.*, 2011):

- Cargas controlables que absorben energía o demanda cambiante – *Grid to Vehicle* (G2V).
- Dispositivos de almacenamiento que pueden proveer energía a la red o generador distribuido – *Vehicle to Grid* (V2G).

Los problemas que puede ocasionar la instalación de esta nueva tecnología puede conducir a situaciones en la operación que las redes actuales como (Guille, C. y Gross, G., 2009):

- Pueden aumentar el pico de la demanda.
- Congestionamientos en las redes.
- Desbalance en las redes de baja tensión.
- Esquemas de tarifación dual.
- Controles adicionales en las interfaces electrónicas, que respondan a los cambios de V y f en el punto de conexión.

Por su parte, también se presentan ventajas entre las que se puede considerar (Clement-Nyns, K., 2011):

- Reducción en los picos de demanda en las redes de distribución.
- Participación en un mercado de servicios complementarios.
- Mayor posibilidad de operar el sistema en isla o MG, al modificar la barra donde se conecta y prestar un control V/Q

4. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Las MG son un tema de constante estudio y pruebas alrededor del mundo bajo el estándar que determina la operación e integración de recursos distribuidos aislados (IEEE 1547-4, 2011). A continuación se enumeran algunos ejemplos encontrados en la literatura (Lidula, N. W. A. y Rajapakse, A. D, 2011).

4.1 Canadá

En *BC Hydro Canadá – Boston Bar*, una MG está interconectada a un alimentador de 69 kV a través de una subestación 69/25 kV compuesta por tres alimentadores radiales. Fue construida como solución frente a los continuos apagones. Esta MG tiene conectados dos generadores hidroeléctricos de 8,75 MVA cada uno y la carga pico conectada es de 3 MW. Esta MG depende de la demanda y del nivel del agua de los embalses. Este sistema no cuenta con dispositivos de almacenamiento. *Hydro Quebec – Boralex planned islanding*, es otra MG construida para alimentar 3000 consumidores, la subestación está conectada a 120 kV con una línea de transmisión de 40 km. El generador de ésta MG es un generador de vapor. La demanda pico es de 7 MW y esta MG no cuenta con sistema de telecomunicaciones ni de almacenamiento.

4.2 Estados Unidos

Cerca de Columbus, Ohio, se construyó una MG llamada *CERTS testbed*. Consta de generadores o fuentes basadas en convertidores estáticos (inversores) de 60 kW, impulsados por gas natural. Tiene un sistema de telecomunicaciones con operador de red, que permite el despacho de las unidades generadoras en la MG, cuando el sistema está desconectado de la red de distribución. En la Universidad de Wisconsin – Madison se encuentra la MG denominada *UW microgrid*, implementada para investigar el modelado y control de generadores distribuidos a base de diesel en la MG, incluye además una fuente basada en convertidores estáticos (inversores), teniendo la posibilidad de utilizarlos como sistema de almacenamiento.

4.3 Holanda

Bronsbergen Holiday Park microgrid, es uno de los proyectos más grandes de la Unión Europea. La MG alimenta 208 hogares, y la energía proviene de 108 paneles solares con una generación pico de 315 kW. Esta MG está conectada a la red de media tensión (10kV) por medio de un transformador de 400 kVA. El sistema cuenta con una central de almacenamiento compuesta por dos bancos de

baterías. El sistema incluye control central para manejar los datos que se envían al centro de despacho, medida y monitoreo de todas las variables del sistema y un sistema de automatización para operación de la MG independiente de la red o conectada a la misma.

4.4 Alemania

Esta MG llamada *The Residential Microgrid of Am Steinweg in Strutensee* está conectada a baja tensión (400 V). El sistema de generación consiste en una planta térmica (CHP) de 28 kW, una central fotovoltaica con generación pico de 35 W y un banco de baterías conectado mediante un inversor bidireccional del 100 kW y la demanda de esta MG son 101 apartamentos. La MG cuenta con dispositivos de medida y control que permiten enviar datos al operador del sistema de distribución quien reporta la posibilidad del sistema a trabajar aislada.

DeMoTec test microgrid system consiste en una unidad con dos bancos de baterías, dos generadores diesel, un generador fotovoltaico y un generador eólico, que tienen una capacidad en total de 200 kW. La demanda de ésta MG consiste en cargas con diferentes niveles de prioridad (cargas controlables). El sistema de control utilizado es el SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System) que permite monitorear los estados operativos del sistema.

4.5 Reino Unido

Ubicada en la Universidad de Manchester, la MG denominada *University of Manchester microgrid/flywheel energy storage laboratory prototype* tiene conectado un generador sincrónico

y un motor de inducción acoplados, mientras que el flywheel se conecta mediante un inversor y es utilizado como sistema de almacenamiento. Adicionalmente, con el flywheel se mantienen la tensión y la frecuencia de referencia mientras la MG está operando en modo aislado.

4.6 Japón

Aichi microgrid Project – Central Japan airport city es un proyecto de demostración. Tiene instalado un sistema de generación compuesto por celdas de combustible con una capacidad aproximada de 800 kW, un sistema fotovoltaico de 330 kW y un sistema de almacenamiento de baterías y todo el equipo de convertidores necesario para conectarlo con la MG. El convertidor de la batería es el encargado del control de tensión y de suplir la demanda total. Mediante un algoritmo de optimización se realiza la planeación diaria y el despacho de la energía. *Kyoto eco-energy Project (Kyotango project)* es una MG virtual debido a que las fuentes de generación y las cargas están conectadas a una subestación del sistema de distribución y están integrados únicamente mediante un control del sistema. El monitoreo remoto y el control es utilizado para conocer la demanda de energía y la disponibilidad de energía, todas las decisiones son realizadas por el control central dependiendo de las conexiones disponibles. Existen un sinnúmero de MG que permiten probar diferentes tecnologías, así como estrategias de comunicación y control de las MG para mantener la operación confiable. En la siguiente tabla se realiza un resumen de las experiencias mostradas. En la tabla se muestra el uso de GD, los diferentes tipos de almacenamiento y los tipos de cargas conectadas.

Tabla 1: Experiencias Internacionales MG

| País | MG | GD | Almacenamiento | Cargas |
|----------------|---|--|----------------|-----------------------------|
| Canadá | BC Hydro Canadá – Boston Bar | Hidráulica | - | Residenciales |
| | Hydro Quebec – Boralex planned islanding | Diesel | - | Residenciales |
| Estados Unidos | CERTS testbed | Gas | Baterías | Estáticas |
| | UW microgrid | Gas - PV | - | Estáticas |
| Holanda | Bronsbergen Holiday Park microgrid | PV | Baterías | Residenciales |
| Alemania | The Residential Microgrid of Am Steinweg in Strutensee | CHP - PV | Baterías | Residenciales |
| | DeMoTec test microgrid system | PV - Eólica - Diesel | Baterías | Residenciales y Comerciales |
| Reino Unido | University of Manchester microgrid/flywheel energy storage laboratory prototype | Generador y Motor | Flywheel | Estáticas |
| Japón | Aichi microgrid Project – Central Japan airport city | PV - Celdas de combustible | Baterías | Industriales y Comerciales |
| | Kyoto eco-energy Project (Kyotango project) | PV - Eólica - Celdas de combustible - Diesel | Baterías | Residenciales |

Se observa en la tabla que los países Norteamericanos no tienen foco en las energías renovables, pero el objetivo de conservar la confiabilidad en el suministro se mantiene. Mientras que en Europa y Asia se la juegan tanto por la confiabilidad y seguridad en el suministro como en la implementación de nuevas tecnologías de almacenamiento y generación con energías renovables.

5. CONCLUSIONES

En el presente artículo se pretende realizar una visión general sobre las MG, adicionalmente se muestran algunas de los proyectos de MG existentes.

Es importante considerar que las MG juegan un papel importante en el desarrollo de las redes inteligentes y pueden convertirse en la futura operación de los sistemas de distribución

Esta nueva operación de los sistemas de potencia puede facilitar la participación de la demanda y la inclusión de las nuevas tecnologías como es el caso del vehículo eléctrico, los sistemas de almacenamiento y la generación distribuida. Sin embargo, es importante considerar integralmente los factores técnicos y de telecomunicaciones que están asociados a la MG y que permite definir con mayor claridad la responsabilidad de cada uno de los nuevos agentes participantes.

La dinámica de mercado que induce la operación del sistema de potencia con MG contribuye a la participación de nuevos agentes en el mercado como es el caso de la demanda. Al mismo tiempo, la GD adquiere nuevas características para la participación en el mercado, incrementando la competencia y reduciendo el poder de mercado.

Aunque existan variaciones entre las diferentes aplicaciones de la MG, es importante considerar que el principal objetivo de la implementación y operación es mantener un suministro de electricidad a largo plazo, con altos índices de calidad y confiabilidad. Este objetivo además incluye la utilización de recursos renovables que contribuyan a reducir la huella de carbono producida por el sector eléctrico.

REFERENCIAS

- Protocolo de Kyoto, (1998). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Naciones Unidas. Disponible: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Ley Colombiana 143, (1994). Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética, Diario Oficial No. 41.434, de 12 de julio de 1994.
- IEAa, (2002). "Security of Supply in Electricity Markets", International Energy Agency Online Book, OECD/IEA, www.iea.org.
- IEAb, (2011). "Technology Roadmap - Smart Grids", International Energy Agency Online Book, OECD/IEA, www.iea.org.
- Marano, V., y Rizzoni G., (2008). "Energy and economic evaluation of PHEVs and their interaction with renewable energy sources and the power grid," IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, pp. 84-89.
- Hadley, S. W. y Tsvetkova, A., (2008). "Potential impacts of plug-in hybrid electric vehicles on regional power generation," Oak Ridge National Laboratory, ORNL/TM-2007/150,
- Lasseter, R. H., y Paigi P., (2004), "Microgrid: A conceptual solution," IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference, vol. 6, pp. 4285-4290.
- IEEE Std 1547.4-2011, (2011), Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resource Island System with Electric Power System.
- Lidula, N. W. A. y Rajapakse, A. D, (2011). Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems Volume (Year): 15 (2011), Issue 1, January, pp: 186-202.
- Zeineldin, H., El-Saadany, E. F., M. M. A. Salama, (2005). "Intentional islanding of distributed generation," IEEE Power Engineering Society General Meeting, vol. 2, pp. 1496-1502.
- Mathur, H. D., (2010). "Enhancement of power system quality using distributed generation," Power and Energy (PECon), 2010 IEEE International Conference on, pp. 567-572.
- Barker P. P. y Mello R. W., (2001). "Determining the impact of distributed generation on power systems: part 1 - radial distributed systems". IEEE Power Engineering Society Summer Meeting vol. 3, pp.1645-1656.

- Aghamohammadi M. R. y Shahmohammadi A., (2012). "Intentional islanding using a new algorithm based on ant search mechanism," *International Journal of Electrical Power Energy Systems*, Vol. 35, Issue 1, pp. 138-147.
- Marín Jiménez J. D., Carvajal Quintero S. X., Arango Aramburo S., (2012). "Feasibility of Intentional Islanding operation with Small Hydroelectric Power", *IEEE PES T&D LA Montevideo 2012 (Uruguay)*.
- Jóos G., Ooi B.T., McGillis D., Galiana F. D., Marceau, R. (2000). "The Potential of Distributed Generation to Provide Ancillary Services", *Power Engineering Society Summer Meeting, IEEE*, Volume: 3, On page(s): 1762 – 1767.
- Viawan F. A., Karlsson, D. (2008). "Coordinated Voltage and Reactive Power Control in the Presence of Distributed Generation", *Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE*, On page(s): 1-6.
- Buitrago Beltran, L.D. (2007). "Requerimientos Técnicos para la Interconexión de Generación Distribuida a los Sistemas de Distribución Local Colombianos", *Tesis de grado para optar al título de Magister, Universidad Nacional de Colombia*.
- Gyamfi S., Krumdieck S., (2011). "Price, environment and security: Exploring multi-modal motivation in voluntary residential peak demand response", *Energy Policy*, Volume 39, Issue 5, Pages 2993-3004.
- Madureira A.G., Peças Lopes J.A., (2012). "Ancillary services market framework for voltage control in distribution networks with microgrids", *Electric Power Systems Research*, Volume 86, Pages 1-7.
- Zayegh, A., Ustun, T.S., Ozansoy, C., (2011). "Recent developments in microgrids and example cases around the world—A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*", Volume 15, Issue 8, Pages 4030-4041.
- Vasiljevska J., Peças Lopes J.A., Matos, M.A., (2012). "Evaluating the impacts of the multi-microgrid concept using multicriteria decision aid, *Electric Power Systems Research*", Volume 91, Pages 44-51.
- Bartusch, C., Wallin, F., Odlare, M., Vassileva, I., Wester, L., (2011). "Introducing a demand-based electricity distribution tariff in the residential sector: Demand response and customer perception", *Energy Policy*, Volume 39, Issue 9, pp. 5008-5025.
- Torriti, J., (2012). "Demand Side Management for the European Supergrid: Occupancy variances of European single-person households", *Energy Policy*, Volume 44, Pages 199-206.
- Valenzuela, J., Thimmapuram, P.R., Kim, J., (2012). "Modeling and simulation of consumer response to dynamic pricing with enabled technologies", *Applied Energy*, Volume 96, Pages 122-132.
- Green II, R.C., Wang, L., Alam, M., (2011). "The impact of plug-in hybrid electric vehicles on distribution networks: A review and outlook", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 1, Pages 544-553.
- Guille, C. y Gross, G., (2009). "A conceptual framework for the vehicle-to-grid (V2G) implementation", *Energy Policy*, Volume 37, Issue 11, Pages 4379-4390.
- Clement-Nyns, K., Haesen, E., Driesen, J., (2011). "The impact of vehicle-to-grid on the distribution grid", *Electric Power Systems Research*, Volume 81, Issue 1, Pages 185-192.
- Karger C. R. y Hennings W., (2009). "Sustainability evaluation of decentralized electricity generation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 13, Issue 3, Pages 583-593.

SITIOS WEB

PikeResearch Cleantech Market Intelligence. (2012) "Worldwide Revenue from Microgrids Will Reach \$17.3 Billion by 2017." <http://www.pikeresearch.com/newsroom/worldwide-revenue-from-microgrids-will-reach-7-3-billion-by-2017>.