

**ruta**<sup>n</sup>

**MEDELLÍN**

CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**



[WWW.RUTANMEDELLIN.ORG](http://WWW.RUTANMEDELLIN.ORG)

une epm®

Medellín  
todos por la vida

**ruta**<sup>n</sup>

MEDELLÍN  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**



WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

# OBSERVATORIO CT+i



une epm<sup>®</sup>

  
Medellín  
todos por la vida

# LICENCIA



Informe mercado de Energía, Área de oportunidad Microredes Inteligentes por [Corporación Ruta N](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](#).

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Sugerimos se referencie el documento de la siguiente forma:

Corporación Ruta N (2015). *Observatorio CT+i : Informe No. 1 Área de oportunidad en Microredes Inteligentes*. Recuperado desde [www.brainbookn.com](http://www.brainbookn.com)

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



EJECUTA

tecnnova

conectamos universidad • empresa • estado



TECNOVA,  
LÍDER DE LA  
RED DE  
INTELIGENCIA  
COMPETITIVA

APOYA

RED DE  
INTELIGENCIA  
COMPETITIVA



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803



*Ser. Saber y Servir*



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD  
**EAFIT**<sup>®</sup>



UNIVERSIDAD DE MEDELLIN



Institución Universitaria



Universidad  
Pontificia  
Bolivariana

# OBSERVATORIO CT+i



**ruta**<sup>n</sup>  
MEDELLÍN  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN.....

//////  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

INFORME N° 1  
FECHA: Febrero 2015

**AVANCE  
MERCADO DE:**

**ENERGÍA**

**ÁREA  
DE OPORTUNIDAD**



Micro-redes  
inteligentes



**DESARROLLA  
EL ESTUDIO**



**Universidad  
Pontificia  
Bolivariana**

**ASESORA**



**Institución Universitaria**

Lidera



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta



Apoya: Red de Inteligencia Competitiva



# PARTICIPANTES

El estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva del área de oportunidad de Microredes Inteligentes fue desarrollado por la **Universidad Pontificia Bolivariana** en el cual los participantes asumieron los siguientes roles:

**Metodólogo:** Asesora con la metodología de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva diseñada para el proyecto Observatorio CT+i y definida por la Red de Vigilancia Tecnológica de la ciudad. Adicionalmente coordina dentro de cada institución los ejercicios realizados.

**Vigía:** Encargado de recopilar de fuentes primarias y secundarias los datos e información relacionada con el área de oportunidad estudiada. Adicionalmente, realiza con expertos temáticos y asesores el análisis de la información recopilada y la consolidación de los informes del estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.

**Expertos Temáticos:** Participa en las etapas de análisis y validación de la información recopilada por el vigía. Adicionalmente, orienta y da lineamientos del estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva realizado.

El estudio contó con la participación del **Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM** desempeñando el rol de institución asesora con las siguientes actividades:

**Asesor:** Participa en el estudio de vigilancia tecnológica con asesorías puntuales, propone conclusiones de los hallazgos, recomendaciones y modificaciones.

# PARTICIPANTES



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
.....  
//////  
[WWW.RUTANMEDELLIN.ORG](http://WWW.RUTANMEDELLIN.ORG)



## Director del proyecto:

Elkin Echeverri

## Coordinadores del proyecto:

Samuel Urquijo

Jorge Suárez

## Expertos en Energía:

Beatriz Castaño

Andrea Mancera

## Directores del proyecto:

Andrés Felipe López

Oscar Quintero

## Coordinadora del proyecto:

Ana Catalina Duque

## PARTICIPANTES



**Universidad  
Pontificia  
Bolivariana**



**Institución Universitaria**

### Expertos temáticos:

Idi Amin Isaac Millán

Gabriel Jaime López Jiménez

Programa Vigilancia Tecnológica e  
Inteligencia Competitiva:

Andrés Felipe Ávalos - Metodólogo

Sandra María Bedoya - Metodóloga

Ana María Velásquez - Metodóloga

Camilo Andrés Villarreal - Vigía

### Asesor:

Álvaro Jaramillo Duque

# ALCANCE DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD

A continuación se presenta el alcance y foco del análisis. Este diagrama representa los temas priorizados en donde se hizo énfasis en el estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva del área de oportunidad definida por expertos y asesores.

## MICRO-REDES INTELIGENTES

### GENERALIDADES

- Generalidades del área de oportunidad
  - Micro-redes inteligentes
  - Beneficios micro-redes
  - Componentes de una micro-red
- Mapa mental
- Línea de tiempo

- Principales tendencias tecnológicas emergentes
- Nivel de madurez de la tecnología de micro-redes
- Tendencias en publicaciones y patentes
- Principales jugadores a nivel mundial

### MERCADO DE TECNOLOGÍA

### MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

- Aspectos clave / crecimiento del mercado
- Principales mercados
- Análisis de productos, servicios y tecnologías
- Tendencias de mercado
- Tendencias de productos y servicios
- Principales jugadores del mercad.
- Otros jugadores
- Casos reales

- Capacidades requeridas
- Barreras potenciales
- Jugadores actuales
- ¿Cómo esta Medellín?
- Tiempo al mercado
- Costo estimado

### OPORTUNIDADES Y RETOS

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# TABLA DE CONTENIDOS

## Nº de diapositiva

Generalidades del área de oportunidad.....	13
Mapa mental.....	14
Línea de tiempo.....	17
Mercado de productos y servicios.....	18
Aspectos clave / crecimiento del mercado.....	19
Principales mercados.....	20
Análisis de productos, servicios y tecnologías.....	21
Tendencias de mercado.....	22
Tendencias de productos y servicios.....	23
Principales jugadores del mercado.....	24
Otros jugadores.....	27
Casos reales.....	28
Conclusiones.....	32
Referencias.....	33
Mercado de tecnología.....	38
Tendencias tecnológicas emergentes.....	39
Nivel de madurez.....	41
Tendencias en investigación (publicaciones científicas).....	43
Tendencias en desarrollo tecnológico (patentes).....	44

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# TABLA DE CONTENIDOS

Nº de diapositiva

Líderes en desarrollo tecnológico .....	45
Líderes en publicaciones científicas.....	50
Conclusiones.....	54
Referencias .....	55
Anexos .....	57
Oportunidades y retos generales para el área de oportunidad.....	59
Oportunidades .....	60
1.Micro-redes para Zonas No Interconectadas (ZNI).....	62
2.Micro-redes para usuarios residenciales .....	64
3.Micro-redes orientadas a las utilities.....	66
4.Micro-redes para grandes consumidores urbanos.....	68
5.Micro-redes móviles.....	70
6.Micro-redes para edificaciones....	72
7.Micro-redes para grandes consumidores rurales.....	74
Componentes estimados.....	76
Matriz de oportunidad .....	77
Recomendaciones.....	78
Expertos consultados.....	80
Referencias.....	81

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:





ENERGÍA

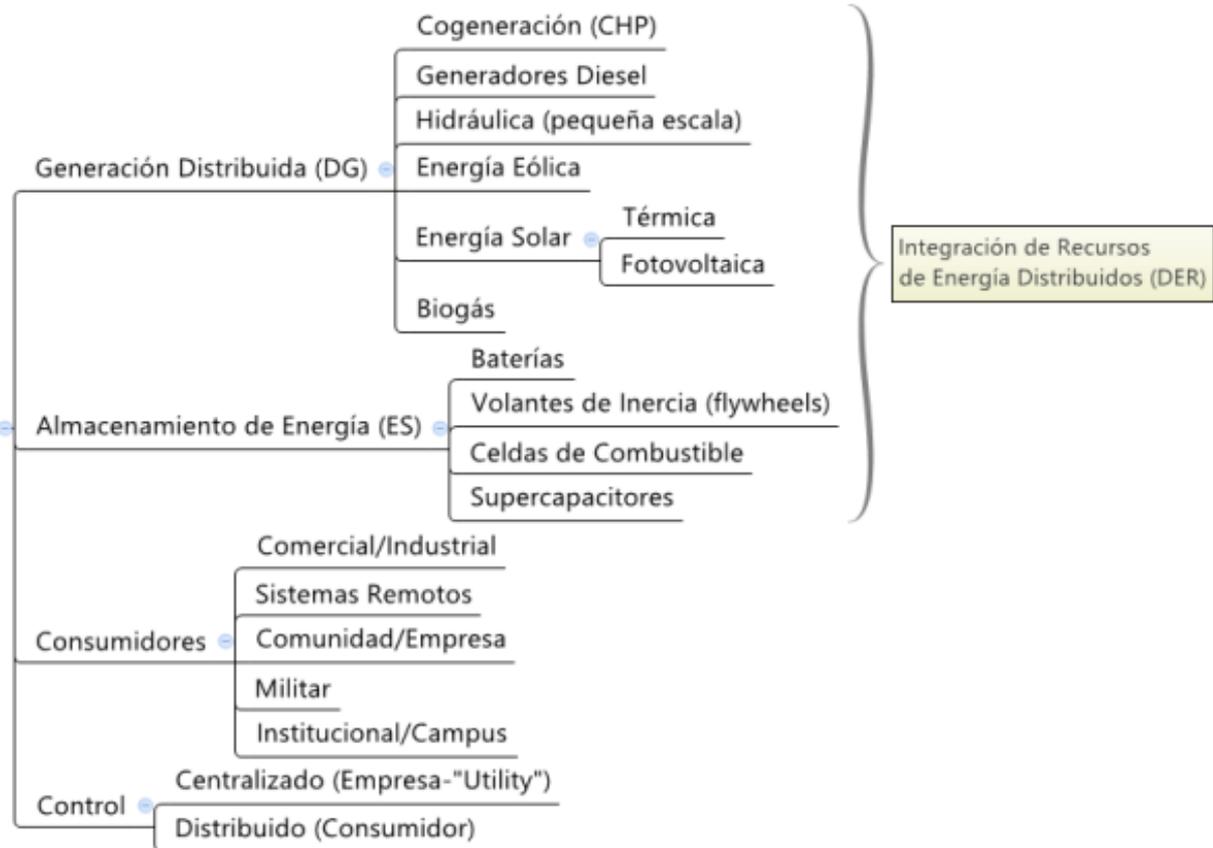
# 1. GENERALIDADES DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD

A continuación se presenta una descripción del área de oportunidad con los aspectos más importantes de la temática y su evolución, especialmente en los últimos diez años y los puntos clave que vendrán a futuro, evidenciando los momentos o hitos más relevantes.



# MICRO-REDES INTELIGENTES

## Micro-redes Inteligentes



Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

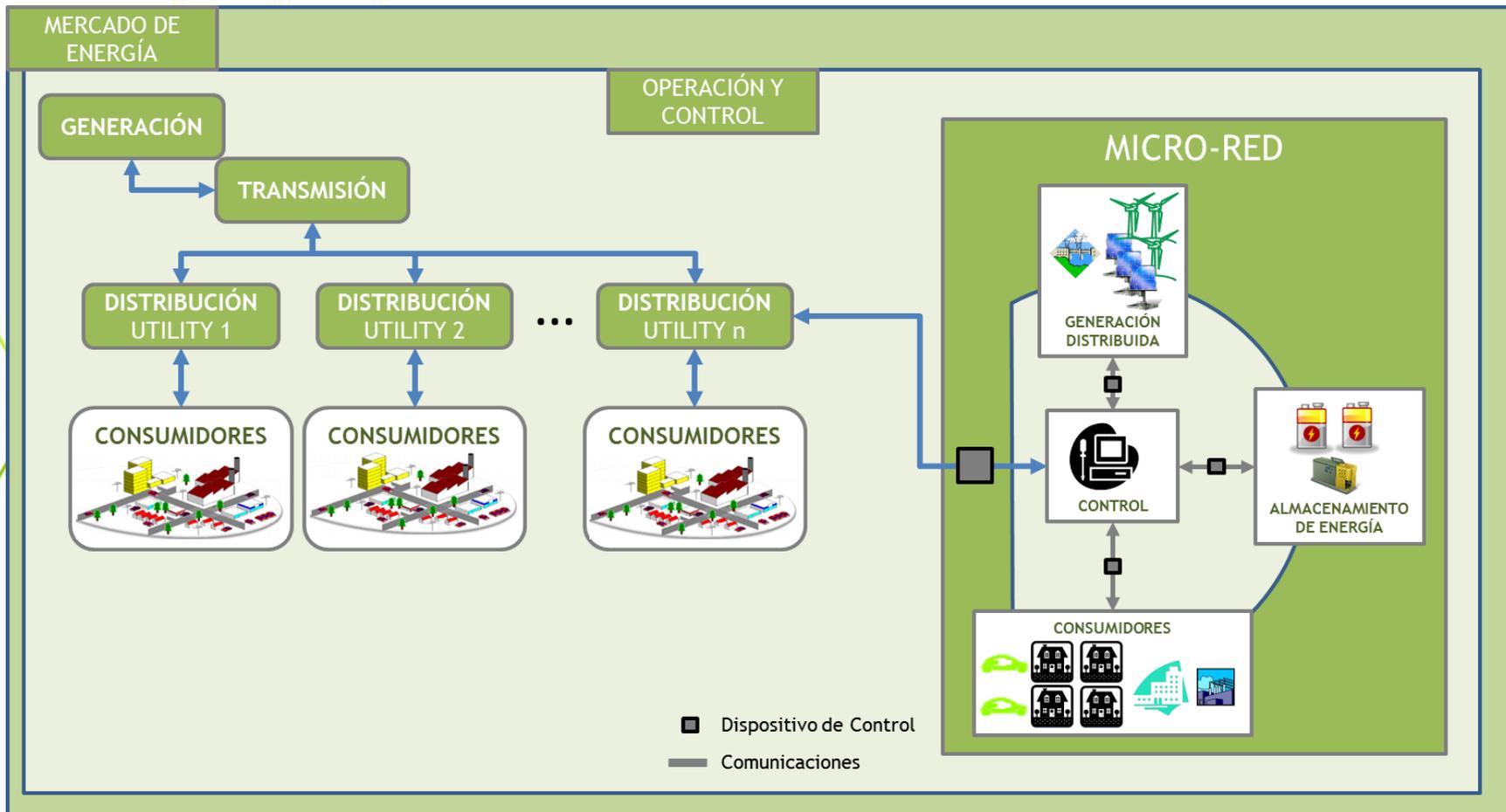
Ejecuta:



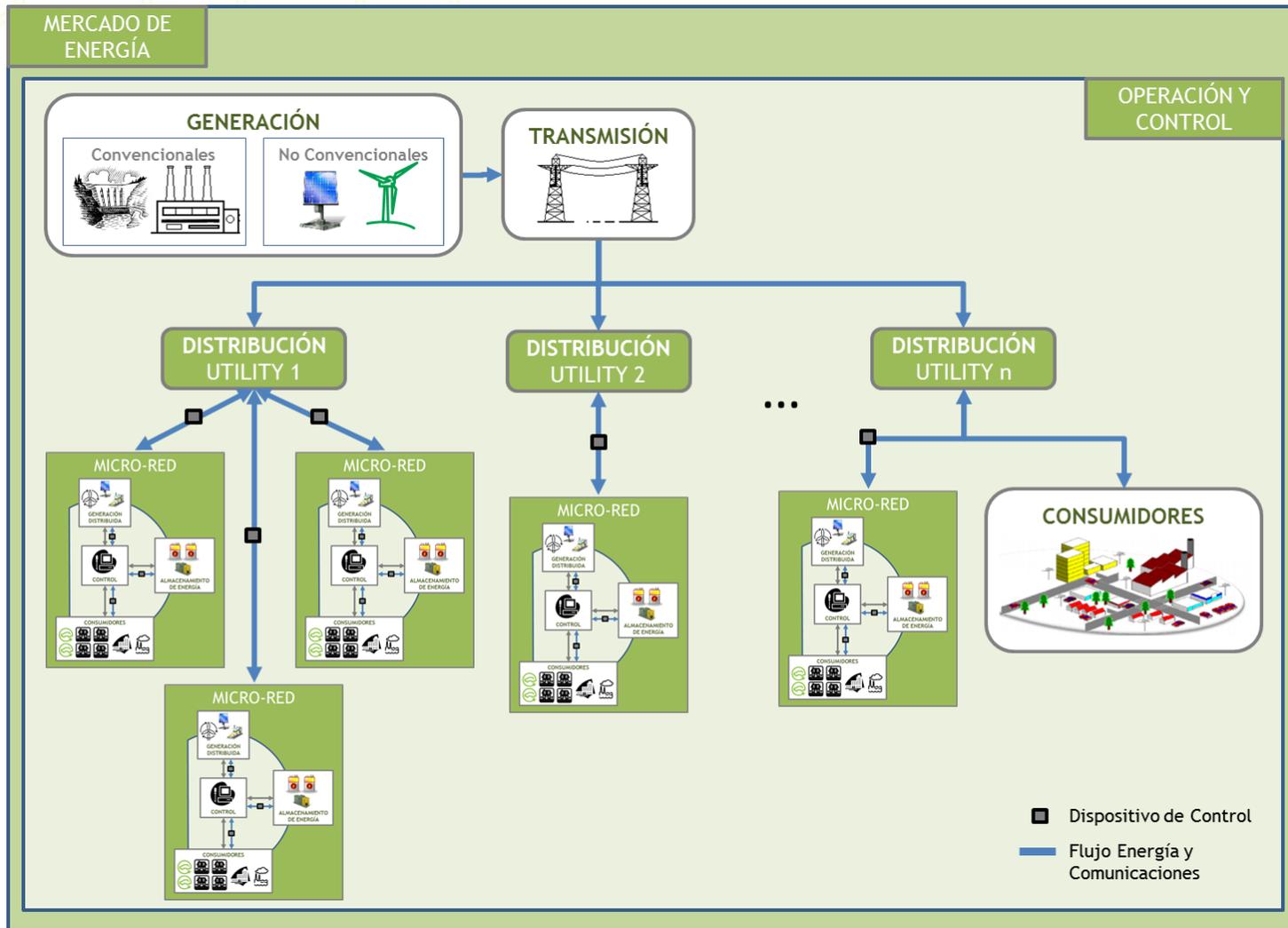
GENERALIDADES DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD



# MICRO-REDES DENTRO DEL SISTEMA ELÉCTRICO



# SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA FUTURO CON MICRO-REDES



# LÍNEA DE TIEMPO

- 2000-Crisis energética de California DG posible solución
- 2001-Ataques terroristas afectan la seguridad del sistema
- Micro-red del CERTS
- UE Programas FP5 y FP6 micro-generación
- 2003-Japón Programa NEDO

2000

&lt;-CONCEPCIÓN

- En la UE, Programa FP7 investiga proyectos de Smart Grids entre 2007-2011
- Nace en Estados Unidos el programa RDSI (2008-2013)
- Se dan las primeras aplicaciones de trabajo reales
- Proyecto Silice en Colombia

2005

FASES PILOTO

- En 2011 IEEE adopta el estándar P1547.5
- Estados Unidos, Proyecto militar SPIDERS (2011-2015)
- En 2012 se concibe la micro-red inteligente Universidad Pontificia Bolivariana
- Discusión Ley 278 de 2013
- Colombia: proyectos aislados financiados por USAID y USTDA. Sólo acceso a la energía
- Iniciativa Colombia Inteligente. Primer ejercicio mapa ruta Colombia

2010

APLICACIONES REALES

- Sanción de la Ley 1715 de 2014
- Proyecto BID incluye pilotos y desarrollo de mapa ruta Colombia
- Implementación micro-red inteligente Universidad Pontificia Bolivariana

2014

MASIFICACIÓN-&gt;

Investigación en:

- Reducción de costos
- Control de la interconexión
- Regulación
- Comunicaciones
- Integración con Redes Inteligentes
- Control de la demanda

Futuro

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



GENERALIDADES DEL ÁREA DE OPORTUNIDAD





ENERGÍA

# 2.

## MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

En este capítulo se evidencian aspectos claves del mercado global y nacional, haciendo énfasis en el comportamiento comercial a nivel de productos, servicios y tecnologías disponibles en el mercado y las tendencias de los mismos a nivel de oferta y demanda. Adicionalmente, los principales jugadores del mercado mundial, evidenciando sus productos, aplicaciones y casos reales que comprueban los resultados de este tipo de desarrollos.



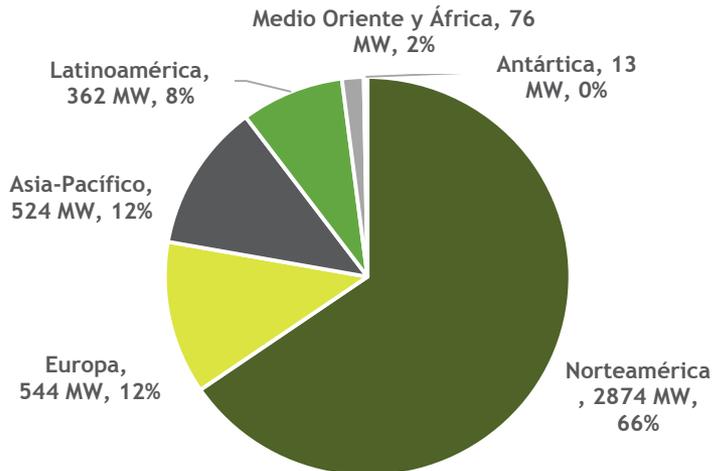
# ASPECTOS CLAVE

- Retos de ingeniería
- Clima extremo
- Economía global

# CRECIMIENTO DEL MERCADO

## GLOBAL

Capacidad de energía instalada en micro-redes en el mundo



(Navigant Research, 2014)

**Conclusión:** Norteamérica es el mercado mas grande para las micro-redes debido al reciente deterioro en la confiabilidad de su red de distribución. Latinoamérica tiene el 8% de la capacidad total implementada en micro-redes (Navigant Research, 2014).

- Precios de la electricidad
- Regulación e incentivos gubernamentales
- Satisfacción de la demanda

## LOCAL



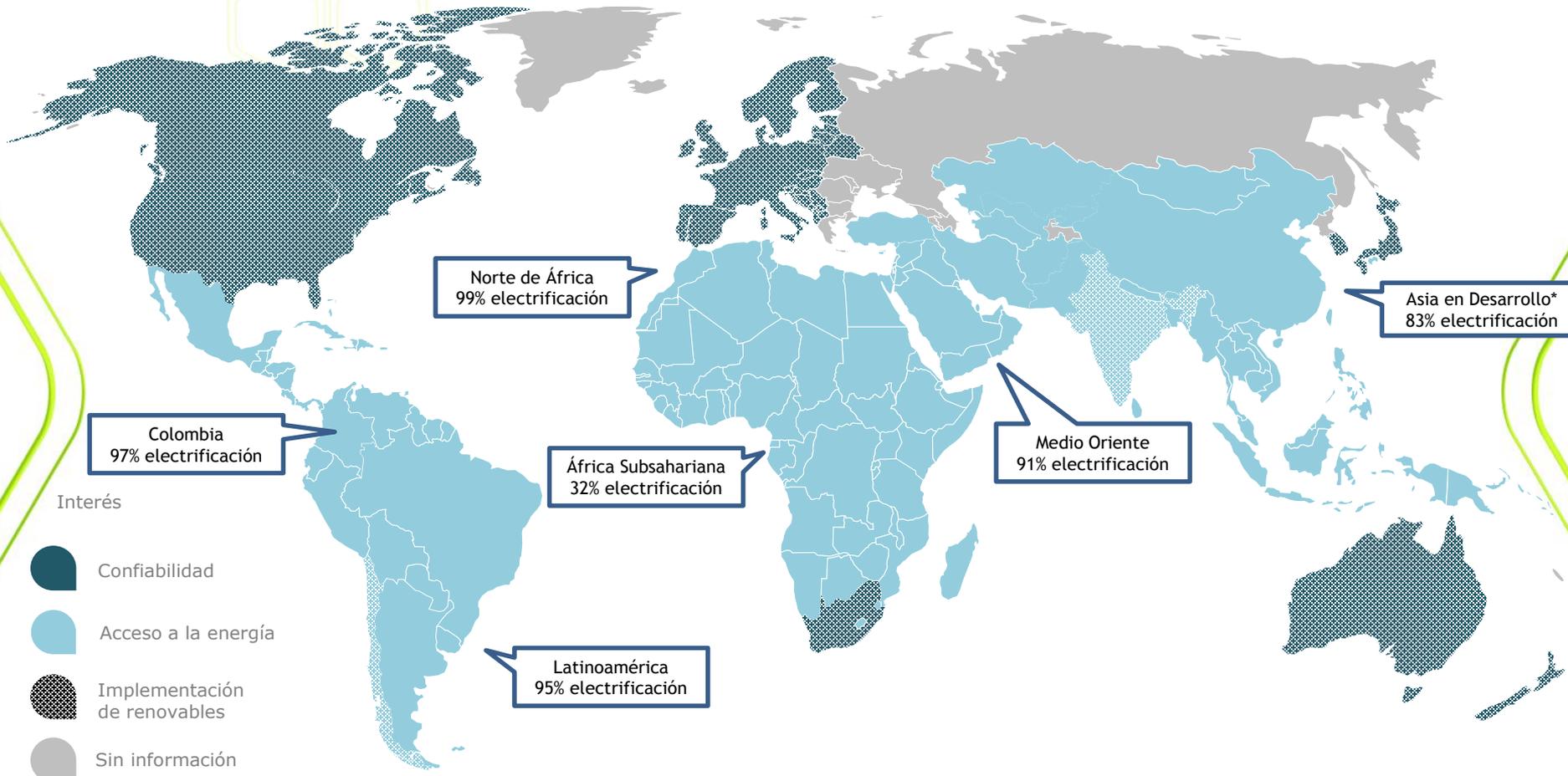
**ZONA ZNI**  
**ZONA SIN**

Experiencias del IPSE en energías renovables para las ZNI de Colombia, 2014

**Conclusión:** un 52% del territorio nacional es de ZNI,\* las cuales en su mayoría no tienen suministro de energía las veinticuatro horas del día.

\*Quibdó, Buenaventura, Popayán y Pasto, en la Región Pacífica, no son Zonas No Interconectadas

# PRINCIPALES MERCADOS (MOTIVANTE)



- Interés
- Confiabilidad
  - Acceso a la energía
  - Implementación de renovables
  - Sin información

\*Asia en Desarrollo hace referencia a los países de Asia excluyendo Rusia, Japón, Corea del Sur y todo el Medio Oriente

Lidera:

EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:

conectamos universidad+empresa+estado

# ANÁLISIS DE PRODUCTOS, SERVICIOS Y TECNOLOGÍAS

## TIPOLOGÍA //

## DESCRIPCIÓN //

## TECNOLOGÍA //

### Control Centralizado (Empresa - "Utility")

El control es efectuado centralmente por la empresa operadora de la Micro-red. La Micro-red puede llegar a ser tratada como una carga controlada o como un generador virtual.

- EMS - Sistema de Gestión de la Energía.
- AVR - Regulador Automático de Voltaje.
- DMS - Gestión de la Demanda.
- Control de la Potencia.
- Control de Frecuencia.
- PCM - Módulo de Coordinación de Protecciones.



### Control Distribuido (Consumidor)

No existe un controlador central. El control es autónomo para cada recurso en la Micro-red.

- Control del Flujo del Alimentador.
- Control de la Potencia.
- Control de Frecuencia.
- DMS - Gestión de la Demanda.
- PCM - Módulo de Coordinación de Protecciones.



Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:

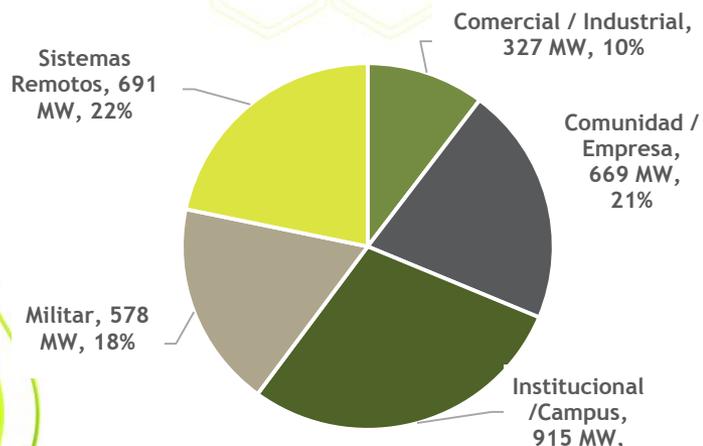


MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# TENDENCIAS DE MERCADO

Capacidad de energía instalada en micro-redes por sectores



(Pike Research, 2012)

1.

## INCENTIVOS GUBERNAMENTALES

Se prevé un aumento de acuerdo a metas de adopción de energías renovables y electrificación en países no desarrollados.

2.

## REDUCCIÓN DE COSTOS DE LA TECNOLOGÍA DE CONTROL

El desarrollo de nuevos tipos de control más económicos es un tema de enfoque en las etapas tempranas de los proyectos.

3.

## ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA ECONÓMICO

Se espera que el uso de diferentes tipos de baterías aumente y por lo tanto disminuya el costo de estas.

4.

## CIBERSEGURIDAD

Se carece de estándares de ciberseguridad que abarquen las partes constitutivas de las micro-redes.

5.

## ESCALABILIDAD

Las micro-redes en el panorama mundial son observadas con un primer paso de prueba de la integración de tecnologías en una Red Inteligente.

6.

## DEMANDA CRECIENTE

La demanda de energía en el mundo crece constantemente.

7.

## ENERGÍAS RENOVABLES

Multitud de países, alrededor del mundo, tienen metas de adopción de energías renovables que ayudan a disminuir la dependencia en combustibles fósiles.

### 1. Institucional/Campus

Madurez tecnológica e investigativa. Este segmento tiende a disminuir su participación en el mercado. Pilotos y laboratorios migran a masificarse en los segmentos 3 y 5.

### 2. Sistemas remotos

En los países con limitaciones en el acceso a la energía este segmento tiende a aumentar.

En Colombia y Latinoamérica, en general, existe un marcado interés por el gran número de ZNI.

### 3. Comunidad/Empresa

Proyectos de segmento 1 evolucionarán hacia este segmento. Segmento de mayor crecimiento en el último año (154 MW). Crecimiento buscando mayor confiabilidad y seguridad del suministro de electricidad.

### 4. Militar

Segmento con gran crecimiento en la región de Norteamérica. Bases militares están buscando mantener sus operaciones a pesar de interrupciones en la red eléctrica. Existen modelos móviles y estacionarios.

### 5. Comercial/Industrial

Segmento de menor crecimiento. Promovido por la industria minera y de hidrocarburos.

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# TENDENCIAS DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

TENDENCIA //	PRODUCTO  SERVICIO //	ATRIBUTOS //	BENEFICIOS //
CONFIABILIDAD	Disponibilidad de energía eléctrica de buena calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilidad cercana al 100% para cargas críticas.</li> <li>Fuentes de energía locales (generación y almacenamiento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riesgo reducido de pérdidas de cargas</li> <li>Segmento beneficiado: militar, comunidad/empresa y comercial/industrial</li> </ul>
EFICIENCIA	Gestionar consumo para abaratar costos de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de pérdidas eléctricas en distribución</li> <li>Medidores inteligentes para monitorear ahorros</li> <li>Equipos eficientes (por ejemplo la Iluminación ahorradora)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor consumo de energía</li> <li>Menores pérdidas eléctricas</li> <li>Segmento beneficiado: institucional/campus, comunidad/empresa</li> </ul>
SEGURIDAD DEL SUMINISTRO	Ciberseguridad y seguridad física	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vulnerabilidad ante actos de terrorismo, desastres naturales, etc.</li> <li>Capacidad de fuentes de energía locales (generación y almacenamiento) semejante a la cantidad de carga</li> <li>Estándares internacionales de ciberseguridad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitigación del riesgo de ataques</li> <li>Suministro de energía continuo</li> <li>Segmento beneficiado: militar, sistemas remotos y comercial/industrial</li> </ul>
ENERGÍA SOSTENIBLE	Expandir generación en energías renovables y fuentes de energía más limpias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energías renovables tales como eólica, solar, hidroeléctrica de pequeña escala, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub></li> <li>Retorno de inversiones en el largo plazo</li> <li>Segmento beneficiado: militar, sistemas remotos y comercial/industrial</li> </ul>

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado

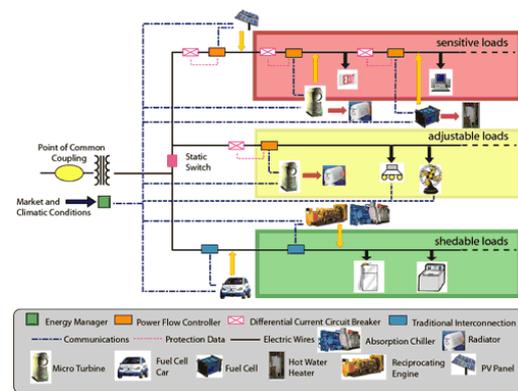


# PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO

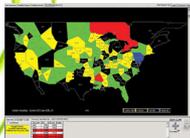
## CERTS - Consortium for Electric Reliability Technology Solutions.

Formado en 1999 para investigar, desarrollar y difundir nuevos métodos, herramientas y tecnologías para proteger y mejorar la confiabilidad del sistema de energía eléctrica de Estados Unidos y la eficiencia de los mercados eléctricos.

Desarrollaron un modelo de micro-red muy difundido a nivel mundial (Certs, 2014).

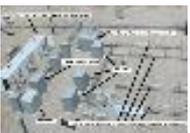


## PRODUCTOS Y SERVICIOS // PROGRAMAS



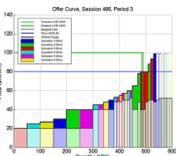
### GESTIÓN EN TIEMPO REAL DE LA CONFIABILIDAD DEL SISTEMA

Software de gestión en tiempo real de Redes Inteligentes.



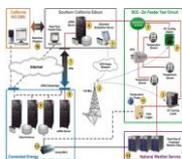
### INTEGRACIÓN DE DER

Herramientas y técnicas para mejorar la confiabilidad a través de altas penetraciones de DER en la red eléctrica.



### CONFIABILIDAD Y MERCADOS

Análisis y demostraciones de las opciones para aumentar la eficacia del mercado para la gestión de la confiabilidad.



### CARGA COMO RECURSO

Análisis y demostraciones para permitir la participación significativa de la carga en los mercados de electricidad.



### CONFIABILIDAD, PROBLEMAS TECNOLÓGICOS Y EVALUACIÓN DE NECESIDADES

Seguimiento e identificación de tendencias y brechas en I+D en confiabilidad del sistema eléctrico.

## ALIADOS //



Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:

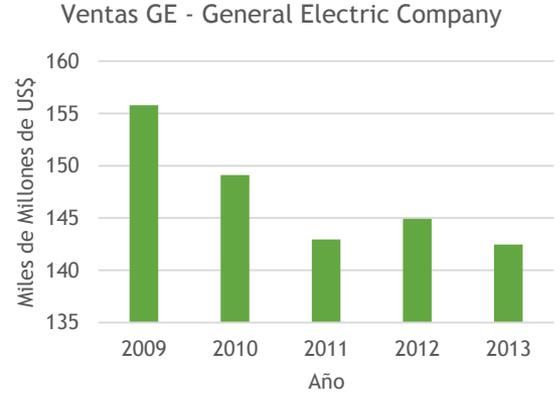


# PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO



## GE - General Electric Company

Constituida en 1892. Es una empresa de tecnología y de servicios financieros diversificados.  
 GE es una compañía de infraestructura financiera y de medios que enfrenta los retos más difíciles del mundo. Desde los focos de todos los días hasta la tecnología de celdas de combustible y turbinas de avión más limpias y eficientes (General Electric, 2014).



## PRODUCTOS Y SERVICIOS // PROGRAMAS



**CONVERSION DE ENERGÍA**  
 La ciencia y los sistemas de conversión de energía para impulsar la transformación de la infraestructura eléctrica de la energía del mundo.



**PLATAFORMAS INTELIGENTES**  
 Proporciona soluciones de alto rendimiento para un mundo conectado.



**GESTIÓN DE LA ENERGÍA**  
 De generación a consumo. GE está al frente para dar cabida a las nuevas necesidades de energía del mundo.



**ENERGÍA CRÍTICA**  
 Soluciones innovadoras que permitan energía confiable y eficiente en las instalaciones y aplicaciones críticas.



**CONFIABILIDAD Y MERCADOS**  
 Tecnologías avanzadas que con seguridad y confiabilidad controlan la distribución de la electricidad.

## CLIENTES

Lidera:  
**ruta<sup>n</sup>**  
 MEDELLÍN  
 CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS  
 EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
 WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

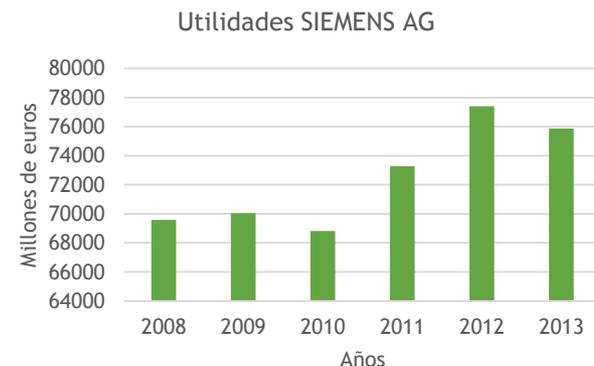
Ejecuta:  
**tecnova**  
 conectamos universidad • empresa • estado

# PRINCIPALES JUGADORES DEL MERCADO

# SIEMENS

## SIEMENS AG

Fundada en 1847. Es una empresa multinacional de origen alemán que opera en los sectores industrial, energético, de salud e infraestructuras y ciudades. La compañía tiene más de 360.000 empleados (Siemens, 2014).



(Siemens, 2014)

## PRODUCTOS Y SERVICIOS // PROGRAMAS



### SECTOR ENERGÍA

Productos, soluciones y componentes clave que abarcan toda la cadena de conversión de energía.



### SECTOR SALUD

Productos innovadores y soluciones completas; así como servicio y consultoría en la industria de la salud.



### SECTOR INDUSTRIA

Principales proveedores del mundo de productos innovadores y ecoamigables y soluciones para clientes industriales.



### SECTOR INFRAESTRUCTURA Y CIUDADES

Consultoría para hacer ciudades de todos los tamaños más verdes y competitivas.



### SISTEMA DE GESTIÓN DE MICROREDES

Siemens tiene varios sistemas de la industria probados y estos son capaces de gestionar una micro-red. El sistema de elección depende del tamaño y la complejidad del sistema.

## CLIENTES



Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# OTROS JUGADORES



## ARISTA POWER

Desarrollador y fabricante líder de soluciones de energía renovable. Desde turbinas eólicas, sistemas de energía solar y sistemas de gestión de energía, diseñados a medida. Arista ofrece soluciones flexibles y escalables (Arista Power, 2014).



## VIRIDITY ENERGY

Fundada en 2008. Viridity Energy es un proveedor de tecnología de Smart Grids. Sus clientes son grandes consumidores de energía con la necesidad de aumentar la eficiencia energética y disminuir los costos (Viridity Energy, 2014).



## PARETO ENERGY

Pareto Energy fue fundada en 2004 por sugerencia de la Conferencia Estadounidense de Alcaldes. Construye, posee y opera micro-redes (Pareto Energy, 2014).



## ENCORP

Encorp desarrolla, comercializa y ofrece soluciones de hardware y software integradas para clientes de energía distribuida. Tiene mas de veinte años de experiencia en micro-redes (Encorp, 2014).



## POWER ANALITYCS

Con una trayectoria de veinticinco años, Power Analytics es una pequeña empresa privada que desarrolla y apoya el diseño del sistema de energía eléctrica, simulación y análisis de software (Power Analytics, 2014).



## ABB

ABB es líder global en tecnologías de energía y automatización que permiten a “utilities” y a industrias aumentar su eficiencia minimizando el impacto ambiental. Opera en cien países y emplea a 150.000 personas (ABB Group, 2014).

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



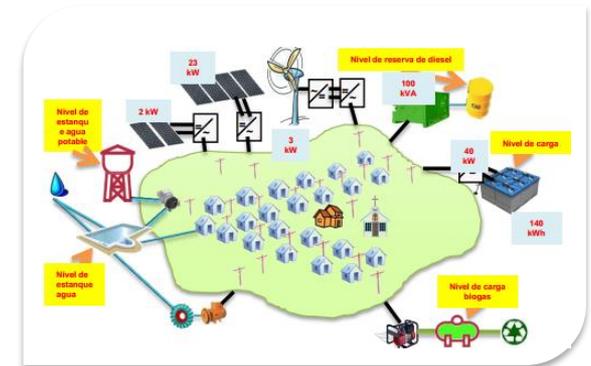
MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# CASOS REALES

## ESUSCON Huatacondo

El proyecto ESUSCON en Huatacondo corresponde a una micro-red inteligente basada en energéticos renovables y que considera la participación de la comunidad en el uso eficiente de la energía y la operación del sistema. Huatacondo es un pueblo aislado con una población entre 80-500 habitantes. Hasta la fecha se ha logrado una penetración cercana al 75% de energía en base a recursos renovables en Huatacondo.



### PROCESO //

1. Planeación y diseño
2. Evaluación recurso
3. Diseño de detalle
4. Implementación y pruebas piloto
5. Intervención social

### FUENTES DE ENERGÍA //

1. Planta fotovoltaica principal 22.68 kW
2. Planta fotovoltaica pequeña 1 kW
3. Turbina eólica 3 kW
4. Grupo diésel 120 kVA
5. Sistema de almacenamiento de energía 30 kVA

### RESULTADOS //

- Reducción del 50% en consumo de diésel
- Implementación del Social SCADA
- Penetración cercana al 75% con energías renovables

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



## CASOS REALES

## Perfect Power @ IIT

El Instituto de Tecnología de Illinois (IIT, por sus siglas en inglés), en colaboración con Exelon y la Iniciativa de Electricidad Galvin (GEI, por sus siglas en inglés), entre otros socios claves, puso en marcha en 2008 un proyecto financiado por el Departamento de Energía de Estados Unidos para desarrollar, demostrar, promover y comercializar un sistema y algunas tecnologías de apoyo que lograran la "Energía perfecta" en el campus principal de IIT. Un sistema de "Energía perfecta", según la definición de GEI, es un sistema que no dejará de satisfacer las necesidades eléctricas del usuario final individual (Microgrid, 2012).

robert w.  
**galvincenter**  
for electricity innovation

ILLINOIS INSTITUTE  
OF TECHNOLOGY



## PROCESO //

1. Planeación y diseño
2. Fase de investigación plurianual
3. Demostración de servicios auxiliares
4. Demostración Sistema de Automatización de la Distribución
5. Demostración de la Reducción del Nivel de Carga Máxima

## FUENTES DE ENERGÍA //

1. 9 MW en turbinas de gas
2. Turbina de viento de 1,5 MW
3. 140 kW en Solar Fotovoltaica.
4. 500 kWh en almacenamiento de energía con baterías de flujo

## RESULTADOS //

- Reducción del costo de la energía
- Confiabilidad y seguridad mejorada
- Se desarrolló un Controlador Inteligente del Sistema Eléctrico (IPPSC, por sus siglas en inglés)
- Se probaron diferentes protocolos de comunicación
- Se disminuyó el nivel de carga máxima del sistema

Lidera:

**ruta**<sup>n</sup>  
MEDELLÍN  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:

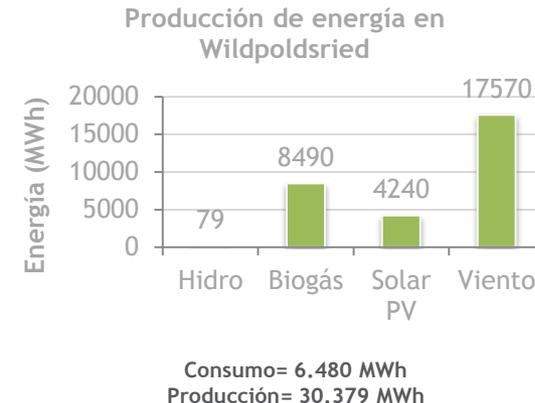
**tecnova**  
conectamos universidad • empresa • estado

## CASOS REALES

Municipalidad rural Wildpoldsried-  
Alemania

La municipalidad rural de Wildpoldsried produce cuatro veces mas energía eléctrica de la que consume a partir de energías renovables, de forma ecológica y económicamente ejemplar.

Algunas empresas colaboran con los mas de cinco mil habitantes en este enclave rural para conseguir al máximo esta generación gracias al despliegue de redes inteligentes para el transporte y su distribución (Wildpoldsried, 2014).



## PROCESO //

1. En 1999: instalación de los primeros paneles solares con la meta de que en el 2020 todo el suministro de energía fuera renovable. En 2012 se cumple la meta
2. Horizonte 2020: cada casa como una planta generadora de energía
3. En 2010: Siemens, en colaboración con dos universidades, inicia el proyecto IRENE como el ensayo de un nuevo tipo de red inteligente. Por lo que distribuye doscientos dispositivos de medición, como sensores y cámaras
4. Investigaciones actuales en baterías Li-Ion para almacenaje del excedente de energía e impacto de los vehículos eléctricos en la red de distribución

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



## FUENTES DE ENERGÍA //

1. 58 kW en hidroeléctrica
2. 2 MW en biogás
3. 250 techos con paneles fotovoltaicos para un total de 4.750 kWp
4. 1 instalación fotovoltaica al nivel del suelo de 290 kWp
5. 150 sistemas de energía solar térmica de 2.100 m<sup>2</sup>
6. 12.1 MW en energía eólica

## RESULTADOS //

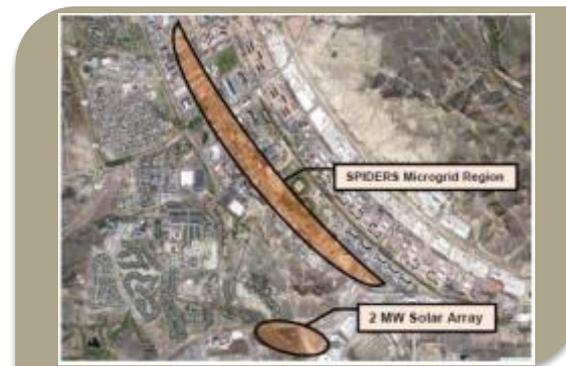
- Producción del 469% del consumo de energía total. Consumo= 6.480 MWh, Producción= 30.379 MWh
- Ganancias de mas de € 4,7 millones
- SO-EASY, un software de control basado en un sistema automático que equilibra inteligentemente oferta y demanda para mantener estable la red
- Los habitantes son «prosumidores»; es decir, producen y consumen energía
- 80% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>
- Se desarrolló oferta de «Ecoturismo»

# CASOS REALES



## Fort Carson, Colorado, Estados Unidos

Fort Carson en Colorado Springs es uno de varios proyectos de micro-red en curso en bases militares de Estados Unidos dentro del programa “Demostración de Infraestructura Inteligente de Potencia para la Fiabilidad y Seguridad Energética” (SPIDERS, por sus siglas en inglés). Es una gran base con cerca de 14.000 habitantes y cubre 550 Km<sup>2</sup>.



### PROGRESO

1. Construcción completa en agosto de 2013
2. Cinco estaciones de carga y descarga de vehículos eléctricos instaladas
3. Integración de un arreglo fotovoltaico de 1 MW
4. Conceptos de operaciones completados
5. Requerimiento y pruebas de ciberseguridad aun en progreso
6. Demostración técnica y operacional ejecutadas en 2013

### FUENTES DE ENERGÍA

1. 3 Generadores diésel de 3.150 kW
2. Arreglo Solar Fotovoltaico de 2.000 kW
3. Cinco vehículos eléctricos bidireccionales cada uno de 60 kW
4. Supliendo siete diferentes instalaciones que suman 2.000 kW

### RESULTADOS //

- Confiabilidad mejorada
- Ahorros en combustible diésel debidos a la optimización de generadores diésel y a la integración de energía solar fotovoltaica
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>
- Pruebas exitosas en las estaciones de carga y descarga de vehículos eléctricos de 50 kW en cada una

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad-empresa-estado

# CONCLUSIONES



*Las micro-redes se constituyen en una solución a problemas mundiales de confiabilidad y seguridad del suministro y al uso eficiente de la energía, entre otros, impactando directamente en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, permite la investigación en integración de tecnologías aplicables en Redes Inteligentes.*

- **Energía continua y fiable a población sin acceso:** en Colombia hay un 52% del territorio sin acceso a energía o sin acceso continuo y fiable. En estas zonas las micro-redes son una alternativa de electrificación, y por ende de desarrollo y mejora de la calidad de vida de la población.
- **Ley 1715 de 2014 promueve el aprovechamiento de fuentes no convencionales de energía:** la sanción de la Ley 1715 de 2014 sienta las bases de un marco regulatorio para las actividades de generación de energías no convencionales y fomenta incentivos tales como exenciones de IVA, deducciones en la declaración de renta, créditos verdes, entre otros; impactando y estimulando la inversión, investigación y desarrollo para la producción y utilización de energía a partir de estas fuentes.
- **Casos reales de implementación de micro-redes:** las micro-redes implementadas en el mundo son un claro ejemplo de las soluciones que se pueden establecer para problemas reales de confiabilidad, uso eficiente de la energía, seguridad del suministro y sostenibilidad del sistema, entre otros. Para el panorama colombiano las micro-redes se constituyen en una alternativa de alimentación de ZNI.
- **Respaldo empresarial y tecnológico:** actualmente, a nivel global, hay una oferta y soporte adecuado por parte de empresas del sector eléctrico e industrial que garantiza la implementación de micro-redes. Sin embargo, es importante destacar que el desarrollo de soluciones de micro-redes es particular a las condiciones del ambiente.
- **Micro-redes inteligentes:** las micro-redes en el panorama mundial son observadas como un primer paso de prueba de la integración de tecnologías en una Red Inteligente.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# REFERENCIAS

- ABB Group (2014, julio 30). «ABB Group - Automation and Power Technologies». Disponible en: <http://www.abb.com/>
- Arista Power (2014, julio 30). «Arista Power. Renewable Energy Power Management Systems | Wind & Solar Alternative Energy». Disponible en: <http://aristapower.com/>
- Basak, P.; A. K. Saha; S. Chowdhury y P. Chowdhury (2009). «Microgrid: Control Techniques and Modeling. Universities Power Engineering Conference (UPEC), 2009». *Proceedings of the 44th International*, 1-5.
- Booth, A.; N. Demirdoven y H. Tai (2010). «The Smart Grid Opportunity for Solutions Providers». Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/MoSG\\_SolutionProviders\\_VF.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/MoSG_SolutionProviders_VF.pdf)
- Bossart, S. (2013, abril 10). «DOE Microgrid Demonstration Projects. 3rd Defense Renewable Energy & Military Microgrids». *National Energy Technology Laboratory*.
- CERTS (2003). «Integration of Distributed Energy Resources The CERTS MicroGrid Concept»[reporte]. Berkeley, California.
- CERTS (2014). «About CERTS. Disponible en: <http://certs.lbl.gov/>
- Consortium for Electric Reliability Technology Solutions (CERTS) (2014, mayo 7). «Consortium for Electric Reliability Technology Solutions (CERTS)». Disponible en: <http://certs.lbl.gov/>
- Encorp (2014, mayo 7). «Encorp - Pick Your Power». Disponible en: <http://www.encorp.com/>
- EPRI (2001). «Investigation of the Technical and Economic Feasibility of Micro-Grid Based Power Systems» [resultados técnicos]. Palo Alto, California.
- Farhangi, H. (2012). «Distributed Microgrid Systems - Dev, Trends and Apps». *Green Tech Exchange*. Disponible en: <http://greentechexchange.ca/civicism/event/info?id=51&reset=1>

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# REFERENCIAS

- Galvin Center for Electricity Innovation (2014, mayo 20). «Microgrid at Illinois Institute of Technology». Disponible en: <http://www.iitmgrid.net/>
- General Electric (2014, mayo 25). «GE.com | imagination at work». Disponible en: <http://www.ge.com/>
- International Energy Agency (2013). «World Energy Outlook 2013 - Electricity Access Database». Disponible en: <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2013/>
- Isaac Millán, I. y G. López Jiménez (2014). Microgrids Basic Concepts. Medellín.
- Isaac Millán, I. y G. López Jiménez (2014). Microgrids - Reference Study Cases. Medellín.
- Jiménez, G. (2013). «Contribución de las micro-redes inteligentes a la competitividad regional». Feria Internacional del Sector Eléctrico - FISE 2013. Medellín.
- Jiménez, G. (2014). Curso de micro-redes inteligentes. Medellín.
- Liam Dohn, R. (2011). «The Business Case for Microgrids». Disponible en: <http://w3.usa.siemens.com/>
- Lidula, N. y A. Rajapakse (2011). «Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems». *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 186-202.
- Maitra, A.; B. York; H. Kamath; T. Key y V. Singhvi (2013). *DRAFT Microgrids: A Primer*. Palo Alto: EPRI.
- Microgrid (2012). «Robert W. Galvin. Center for Electricity Innovation». Disponible en: [www.iitmgrid.net/](http://www.iitmgrid.net/)
- Navigant Research (2013). «Executive Summary: Market Data: Microgrids» [reporte]. Disponible en: <http://www.navigantresearch.com/wp-content/uploads/2012/11/MGDT-4Q12-Executive-Summary.pdf>
- Navigant Research (2014). «Executive Summary: Microgrid Deployment Tracker 2Q14». Disponible en: <http://www.navigantresearch.com/research/microgrid-deployment-tracker-2q14>

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# REFERENCIAS

- NREL (2012). «Renewable Electricity Futures Study». Disponible en: [http://www.nrel.gov/analysis/re\\_futures/](http://www.nrel.gov/analysis/re_futures/)
- Office of Electricity Delivery and Energy Reliability Smart Grid R&D Program (2012). «Summary Report: 2012 DOE Microgrid Workshop». Chicago.
- Palizban, O. y K. Kauhaniemi (2013). «Market Structure and Business Model for Microgrid as a Part of Smart Grids». Renewable Efficient Energy III Conference. Vaasa, Finlandia.
- Pareto Energy (2012). "CHP in New York State: The Next Generation» [conferencia]. Disponible en: [file:///C:/Users/USER/Downloads/2012-CHP-Fairy-Presentation%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/2012-CHP-Fairy-Presentation%20(1).pdf)
- Pareto Energy (2014, mayo 7). «Pareto Energy, Ltd. The Microgrid Company». Disponible en: <http://www.paretoenergy.com/>
- Pike Research (2012). «Executive Summary: Microgrid Deployment Tracker 4Q12» [reporte]. Disponible en: <http://www.navigantresearch.com/wp-content/uploads/2012/11/MGDT-4Q12-Executive-Summary.pdf>
- Power Analytics (2014, mayo 7). «Design, Simulate, Analyze, Model, Optimize - Power Analytics». Disponible en: <http://www.poweranalytics.com/>
- PricewaterhouseCoopers LLP (2012). «The Future of Microgrids Their Promise and Challenges». Disponible en: <http://www.pwc.com/>
- Programa Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva UPB (2013). «Vigilancia Tecnológica Smart Grids: Proyectos en el Mundo». Medellín
- Red Mountain Insights (2013). *Military Microgrids: Market Potencial, Case Studies, Provider Profiles*. Phoenix, Arizona: Red Mountain Insights.
- Reed, M. (2014). «Energy Security Strategies At Federal Installations Teaming and Partnership Opportunities. Construction and Base Support Business Assistance Conference». Jacksonville.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# REFERENCIAS

- Shahidehpour, M. (2012). «Perfect Power Progress Report». Illinois: Instituto de Tecnología de Illinois.
- Siemens AG (2014, julio 25). «Siemens Global Website». Disponible en: <http://www.siemens.com/>
- SPIDERS Phase 2 (2013). «Asia Pacific Clean Energy Summit». Disponible en: <http://www.ct-si.org/events/APCE2013/program/pdf/Dave%20Barr.pdf>
- Transparency Market Research (2012). *Microgrids Market- Global Industry Size, Share, Trends, Analysis And Forecasts 2012-2018*. S.d.
- Viridity Energy (2014, mayo 7). «Viridity Energy». Disponible en: <http://viridityenergy.com/>
- Waugaman, B. (2014). «FUPWG Brief. Smart Power Infrastructure Demonstration for Energy Reliability and Security (SPIDERS). Joint Capabilities Technology Demonstration (JCDT)». Disponible en: <http://www.freedocumentsearch.com/index.php>
- Wildpoldsried (2014, julio 20). Disponible en: <http://www.wildpoldsried.de/>
- Zhou, N.; J. Romankiewicz; M. Qu y C. Marnay (2012). «International Microgrid Assessment: Governance, Incentives, and Experience» [reporte].Berkeley, California.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# REFERENCIAS IMÁGENES

- *US Navy 110928-N-KV696-072 Naval District Washington (NDW) officials present their smart grid pilot to John Conger, Assistant Deputy Under Secretar*, atribución: U.S. Navy photo by Mass Communication Specialist 2nd Class Kiona Miller, disponible: <http://commons.wikimedia.org>, consulta: 23 Agosto 2014
- *Nelson River Bipoles 1 and 2 Terminus at Rosser*, atribución: J. Lindsay, disponible: <http://commons.wikimedia.org>, consulta: 23 Agosto 2014

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS



# 3.

## MERCADO DE TECNOLOGÍA



ENERGÍA

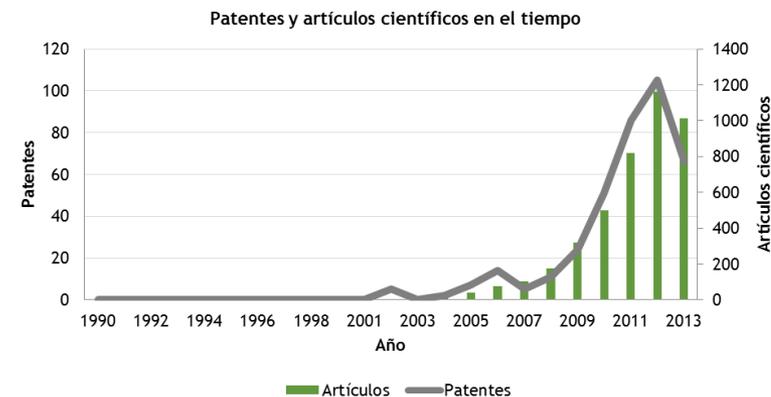


En este capítulo se evidencia el comportamiento científico y tecnológico a nivel mundial, las tendencias tecnológicas emergentes y el nivel de madurez de los hallazgos; además, las principales instituciones líderes que pueden apoyar cada área de oportunidad desde el ámbito científico y tecnológico.



# TENDENCIAS TECNOLÓGICAS EMERGENTES

- **Artículos científicos:** se encontraron 4.755 publicaciones científicas desde el año 1990. En la última década se presenta un crecimiento acelerado con una caída en el año 2013.
- **Patentes:** se encontraron 377 patentes desde el año 1990. Tiene un gran crecimiento en la última década finalizando en una caída en el año 2013.
- **Comportamiento:** la producción científica, tanto en patentes como en artículos científicos, antes del año 2000 es incipiente; a partir de este año se da un gran aumento hasta un pico de producción científica en el año 2012.



## PATENTES //

### ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Formas de almacenamiento de energía más eficientes. Integración de diferentes tipos de almacenamiento de energía en una micro-red.

### FUENTES DE ENERGÍA

Integración de diferentes fuentes de energía para una micro-red. Su control y funcionamiento.

### GESTIÓN Y CONTROL

Gestión de los recursos y control de la micro-red en general. Conexión o desconexión de la red de distribución.

## PUBLICACIONES //

### GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Generación de energía eléctrica por medio de muchas fuentes de energía instaladas en puntos cercanos al consumo. Integración dentro de una micro-red.

### GESTIÓN Y CONTROL

Gestión de los recursos. Operación de conexión o desconexión a la red de distribución. Diferentes controles en la micro-red. Controles de frecuencia, voltaje, interconexión, etc.

### REDES INTELIGENTES -SMART GRIDS

Investigación de micro-redes en futuras Redes Inteligentes. Aplicación de tecnologías escalables a la Red Inteligente.

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

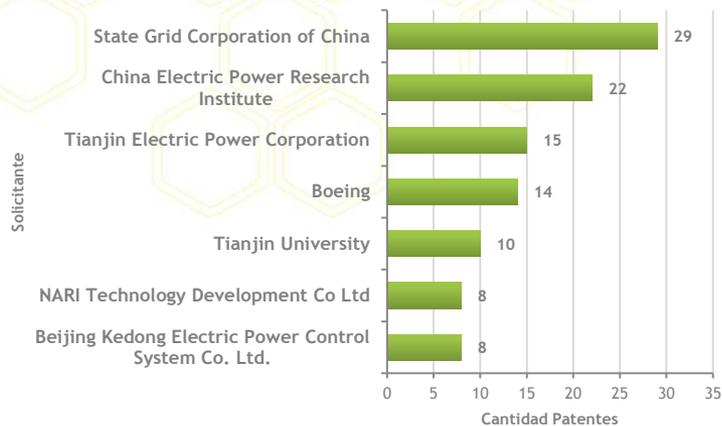
Ejecuta:



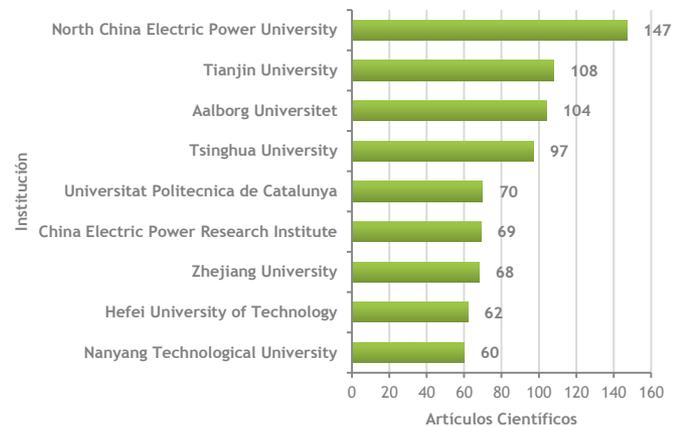
MERCADO DE TECNOLOGÍA



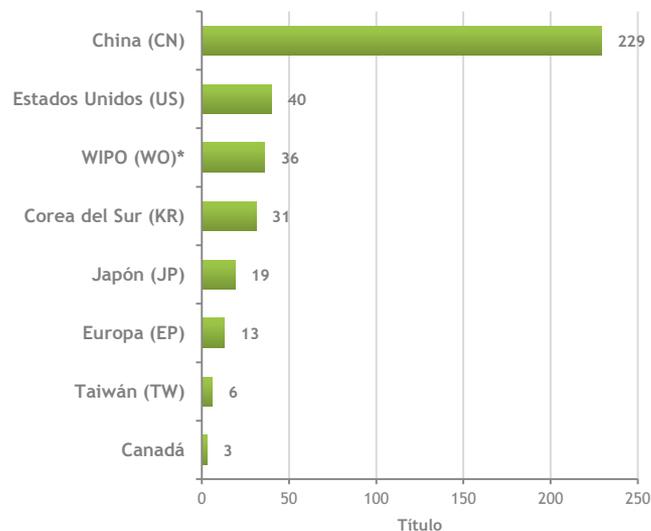
## PATENTES //



## PUBLICACIONES //



## PAISES DE PROTECCIÓN //



## AUTORES //

- Lasseter R.H.
- Iravani M.R.
- Katiraei F.
- Loh P.C.
- Guerrero J.M.
- Green T.C.
- Wang C.
- Moreira C.L.
- Prodanovic M.
- Lopes J.A.P.
- Madureira A.G.
- Li Y.
- Li Y.W.
- Lehn P.W.
- Vilathgamuwa D.M.

## CITACIONES //

- 960
- 933
- 926
- 794
- 784
- 779
- 768
- 686
- 685
- 647
- 635
- 632
- 627
- 625
- 611

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



\*WIPO: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.

# NIVEL DE MADUREZ



Estado actual  
tecnología de  
micro-redes

3

Primeras  
aplicaciones de  
trabajo reales

Primeras  
pruebas piloto  
en Estados  
Unidos y  
Europa

1 5

2

4

6

## Tecnologías relacionadas

1. Energía solar fotovoltaica
2. Energía eólica
3. Generación distribuida y cogeneración
4. Ultracapacitores
5. Celdas de combustible
6. Baterías

## EMERGENTE

La tecnología parece prometedora, pero su uso está restringido a centros de investigación o empresas innovadoras que la generan. Dada la novedad de la tecnología, la información se encuentra principalmente en artículos científicos.

## CRECIMIENTO

Inicio del crecimiento de la tecnología, haciéndose progresivamente más útil en entornos cada vez más amplios. Una vez los desarrollos se empiezan a llevar a la escala industrial las fuentes de información se transforman en patentes o alianzas en R&D y Joint ventures

## MADUREZ

La tecnología presenta niveles de rendimiento satisfactorios generalizando su utilización. Expansión de la tecnología con su producción científica y número de patentes.

## SATURACIÓN

La tecnología es conocida y dominada por muchas personas y en muchas partes por un periodo aproximado de diez años. No es posible alcanzar mejoras de rendimiento, por tanto la tecnología entrará en una fase de “letargo” hasta que surja otra tecnología que la desplace.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

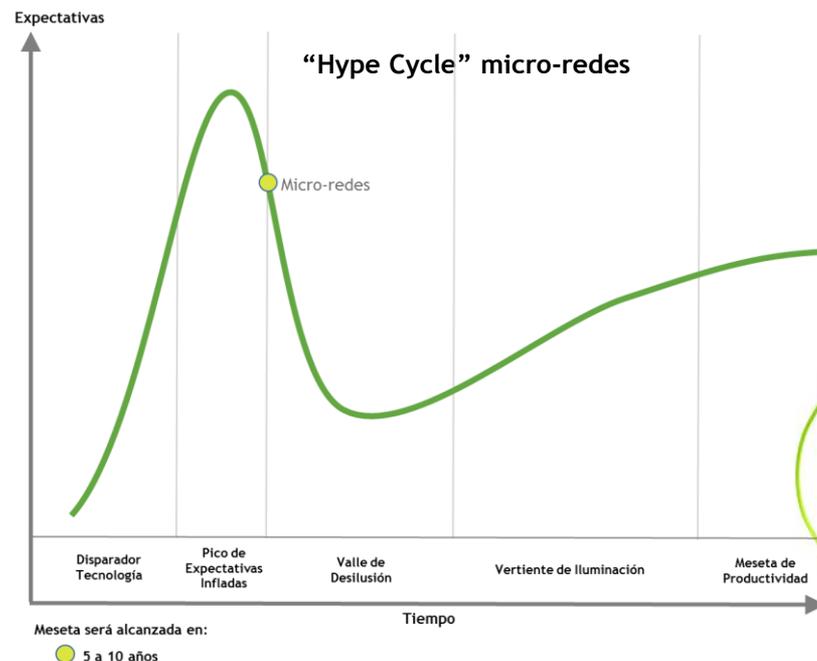
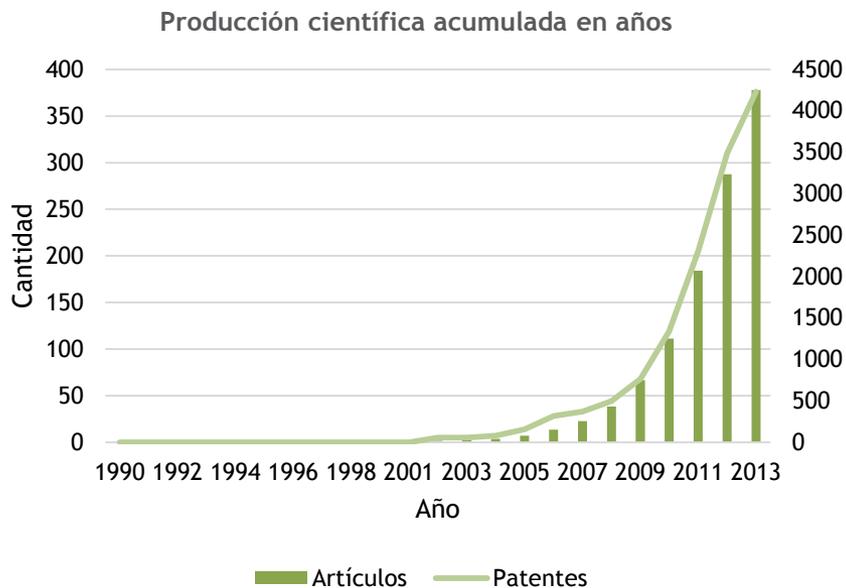
Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



# APOYOS NIVEL DE MADUREZ



(URENIO - Urban and Regional Innovation Research, 2014)

El total de artículos científicos y patentes presentan un comportamiento de aumento exponencial desde el año 2000. No se observa un techo de estabilización en el tiempo. Por lo tanto, puede concluirse que la tecnología de micro-redes en el mundo se encuentra en una etapa de crecimiento sostenido. Además, teniendo en cuenta el volumen de publicaciones y la información del “Hype Cycle” micro-redes, podría esperarse que en el transcurso de una década la tecnología alcance un estado de madurez importante.

# TENDENCIAS EN INVESTIGACIÓN (PUBLICACIONES CIENTÍFICAS)

## TENDENCIA //

## DESCRIPCIÓN//

### CONTROL DE LA MICRO-RED

Diferentes controles usados para optimizar el funcionamiento de la micro-red. Tales como:

- De frecuencia
- De voltaje
- Estrategias de control
- Control de partes constitutivas de la micro-red



### INTEGRACIÓN DE MICRO-REDES EN SMART GRIDS

Planeamiento e investigación en uso de micro-redes dentro de Redes Inteligentes. Interfaces, controles, operación de los recursos renovables en las micro-redes. Escalabilidad de tecnologías de micro-redes para ser usadas en Smart Grids



### INTEGRACIÓN DE RECURSOS DE ENERGÍA DISTRIBUIDOS

Integración de fuentes de energía distribuidas con formas de almacenamiento de energía más eficientes. Integración de diferentes tipos de almacenamiento de energía y fuentes renovables en una micro-red



Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



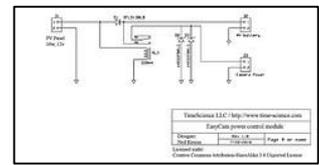
# TENDENCIAS EN DESARROLLO TECNOLÓGICO (PATENTES)

## TENDENCIA //

## DESCRIPCIÓN //

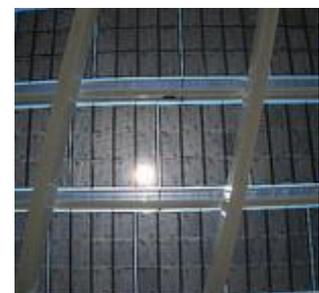
**ALGORITMOS DE OPTIMIZACIÓN DE CONTROL Y OPERACIÓN**

Algoritmos usados en la micro-red para optimizar la operación, el control, el recurso de generación y en general el funcionamiento de la micro-red dentro de la red de distribución



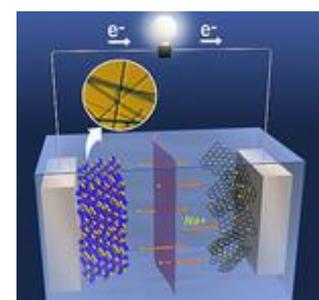
**ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

Integración de diferentes fuentes de energía para una micro-red, principalmente energía solar fotovoltaica. Se patentan micro-redes basadas en energía solar fotovoltaica. Se explora una integración con almacenamiento de energía. Gestión y control del recurso solar para alimentar micro-redes



**INTEGRACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA**

Aplicación e integración de diferentes formas de almacenamiento de energía en una micro-red. Métodos de control y despacho. Así como estimación de vida útil y correcto funcionamiento



# LÍDERES EN DESARROLLO TECNOLÓGICO

## State Grid Corporation of China - SGCC

Fundada en diciembre de 2009. Es la mayor compañía de distribución y transmisión de energía eléctrica en China y en el mundo. El negocio principal de SGCC es construir y operar redes de energía y proporcionar un suministro seguro y fiable para el desarrollo de la sociedad (State Grid Corporation of China, 2014).



国家电网公司  
STATE GRID  
CORPORATION OF CHINA

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Redes de Ultra Alto Voltaje (UHV, por sus siglas en inglés)
2. Eficiencia energética
3. Gestión de la demanda energética
4. Energías renovables - Regulación e implementación
5. Medición Inteligente AMI
6. Generación distribuida
7. Vehículos eléctricos
8. Servicios de consumo inteligente

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



# LÍDERES EN DESARROLLO TECNOLÓGICO



国家电网  
STATE GRID

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## China Electric Power Research Institute - CEPRI

Instituto de Investigación de Energía Eléctrica de China (CEPRI, por sus siglas en inglés) establecido en 1951. Es una institución de investigación multidisciplinaria e integral en el sector de la energía eléctrica de China, así como un instituto de investigación filial de la State Grid Corporation of China (SGCC, por sus siglas en inglés) (China Electric Power Research Institute, 2014).

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Transmisión y transformación de energía en Ultra/Extra Alta Tensión
2. Análisis y planificación de sistemas de potencia
3. Simulación y modelamiento del sistema de potencia
4. Control y operación segura y estable de la red eléctrica
5. Aislamiento, equipos y operación en alta tensión
6. Ambiente y compatibilidad electromagnética
7. Ingeniería mecánica de transmisión y transformación de energía
8. Construcción para proyectos de transmisión y transformación de energía
9. Electrónica de potencia
10. Automatización del sistema de potencia
11. Tecnologías de información y comunicación de energía
12. Aplicación de nuevos materiales
13. Mercados de energía
14. Medición eléctrica
15. Utilización de energía urbana y rural
16. Energías renovables y nuevas tecnologías de conversión de energía

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



# LÍDERES EN DESARROLLO TECNOLÓGICO



国家电网  
STATE GRID

国网天津市电力公司  
STATE GRID TIANJIN ELECTRIC POWER COMPANY

## Tianjin Electric Power Company

Filial de la State Grid Corporation of China, es responsable de la planificación, construcción y operación de la red eléctrica en Tianjin. Su compromiso es el de proporcionar energía limpia de manera segura y confiable que contribuya al desarrollo económico y social en Tianjin. Tianjin actualmente tiene una población de más de doce millones de habitantes, lo que equivale a una carga de 10 GW (Tianjin Electric Power Company, 2014).

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Protección, control y operación de sistemas de potencia
2. Automatización de la red eléctrica
3. Redes Inteligentes - Smart Grids
  - Generación distribuida con almacenamiento de energía de la red y acceso diversificado
  - Sistemas de transmisión con digitalización de línea, normalización y seguridad
  - Subestaciones con información digital integrada y plataforma de comunicación
  - Red de distribución con autosanación
  - Medición inteligente
  - Gestión de la demanda automática o inteligente
  - Estaciones de carga y descarga para vehículos eléctricos

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado



# LÍDERES EN DESARROLLO TECNOLÓGICO



## Boeing

Boeing es una empresa aeronáutica y de defensa. Es la mayor fabricante de aviones comerciales y una de las más importantes constructoras de equipos aeroespaciales del mundo.

Boeing está organizada en dos unidades de negocio: Boeing Aviones Comerciales y Boeing Defensa, Espacio y Seguridad. Apoyando a estas unidades están Boeing Corporación de Capital, un proveedor global de soluciones de financiación; Grupo de Servicios Compartidos, que brinda una amplia gama de servicios a Boeing en todo el mundo; y Boeing Ingeniería, Operaciones y Tecnología, la cual ayuda a desarrollar, adquirir, aplicar y proteger las tecnologías y procesos innovadores (Boeing, 2014).

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Integración de sistemas con seguridad cibernética
2. Redes Inteligentes - modelado, simulación, inversiones
3. Regulación - servicios públicos, operadores regionales y gobierno
4. Micro-redes para aeronaves, naves espaciales e infraestructura crítica.
5. Almacenamiento de energía avanzado (celdas de combustible, volantes de inercia)
6. Integradores de energías renovables
7. Generación distribuida
8. Aerodinámica avanzada

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado

# LÍDERES EN DESARROLLO TECNOLÓGICO



## Tianjin University - TU

La Universidad de Tianjin se establece en 1895 como Universidad Peiyang, es la primera universidad en China. Más de doscientos mil estudiantes han pasado por sus aulas, durante 118 años, y han hecho grandes contribuciones en todos los ámbitos de la vida. TU ha sido una Universidad Nacional Clave en China bajo la administración del Ministerio de Educación de China. Su enfoque es hacia la ingeniería integrada con la ciencia, las humanidades, los negocios, el derecho, etc.

Actualmente lleva a cabo un ensayo de micro-red dentro del campus (Tianjin University, 2014).

Adicionalmente, esta universidad es también el mayor líder de publicaciones científicas.

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Generación distribuida- energía solar fotovoltaica, turbinas eólicas, celdas de combustible , turbinas de ciclo combinado
2. Almacenamiento de energía rotatorio y estático
3. Monitoreo, protección y control de sistemas de potencia
4. Automatización de la red eléctrica
5. Sistemas de gestión de energía de sistemas de potencia

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



# LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



## North China Electric Power University - NCEPU

Fundada en 1958 y designada por el Consejo de Estado Chino como una universidad clave en China en 1978. Tiene sede en Beijing, República Popular de China, y depende del Ministerio de Educación Nacional que se especializa en disciplinas politécnicas.

NCEPU se compone de dos respectivas sedes en Beijing y en Baoding, con su campus principal en Beijing. El campus Baoding tiene una superficie de cuarenta hectáreas y el campus de Beijing tiene una superficie de 53,33 hectáreas (North China Electric Power University, 2014).

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Sistemas de potencia con fuentes de energía renovables
2. Generación de energía a partir de biomasa
3. Monitoreo y control de plantas de generación eléctrica
4. Medición y control de procesos industriales
5. Redes Inteligentes - Smart Grids
6. Micro-redes
  - Generación distribuida
  - Almacenamiento de energía
  - Control y operación
  - Energías renovables

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad+empresa+estado



# LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



**AALBORG UNIVERSITET**

## Aalborg Universitet

Situada en Aalborg, Dinamarca. La Universidad de Aalborg fue creada a través de una fusión de instituciones bien establecidas, junto con la creación de una serie de nuevas facultades en 1974.

La Universidad de Aalborg ofrece educación e investigación dentro de los campos de las ciencias naturales, ciencias sociales, humanidades, ciencias técnicas y de la salud. Actualmente se consolida y desarrolla su perfil como una institución dinámica e innovadora de investigación y educación orientada hacia el mundo. Se caracteriza por la combinación de una participación entusiasta en las cuestiones locales, regionales y nacionales, con un compromiso activo en la colaboración internacional (Aalborg University, 2014).

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Sistemas de energía eólica
2. Energía de las olas
3. Biomasa
4. Energía solar fotovoltaica
5. Sistemas modernos de transmisión de energía
6. Redes Inteligentes
7. Celdas de combustible y sistemas de baterías
8. Electrónica de potencia eficiente y confiable
9. Edificios verdes o ecológicos
10. Micro-redes
  - Micro-redes Inteligentes de corriente directa
  - Micro-redes de energía eólica
  - Calidad de la potencia en micro-redes
  - Controles primario, secundario y terciario
  - Comunicaciones y protecciones
  - Regulación y políticas
  - Almacenamiento de energía

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



**MERCADO DE TECNOLOGÍA**



# LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



清华大学

Tsinghua University

## Tsinghua University

Fundada en 1911. Su nombre original era «Tsinghua Xuetang», escuela que se encargaba de estudiantes que después se iban a estudiar a Estados Unidos. La universidad cuenta, en la actualidad, con catorce escuelas y cincuenta y seis departamentos con facultades de ciencias, ingeniería, humanidades, derecho, medicina, historia, filosofía, economía, administración, educación y arte. Tiene más de 25.900 estudiantes, incluyendo a 13.100 estudiantes de pregrado y 12.800 estudiantes de posgrado. Como una de las universidades más famosas de China, la Universidad de Tsinghua se ha convertido en una institución importante para promover el talento y la investigación científica (Tsinghua University, 2014).

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. **Sistema de energía y su automatización:** seguridad, estabilidad, control y mercantilización de sistemas de potencia.
2. **Alto voltaje y técnicas de aislamiento:** aislamiento de alto voltaje, sobre voltaje y su protección, compatibilidad electromagnética, equipos de detección y medición de alta tensión.
3. **Máquinas eléctricas:** máquinas de gran escala, máquinas especiales, sistemas de motores en vehículos eléctricos, protección de máquinas e interruptores de alta tensión.
4. **Electrónica de potencia:** teoría y topología de investigación básica en sistemas de potencia y aplicaciones industriales, sistemas flexibles de transmisión de CA, control de máquinas eléctricas, interfaz y aplicación de sistemas de energía renovable y calidad de la potencia.
5. **Teoría y nueva tecnología de ingeniería eléctrica :** teoría básica del campo electromagnético y su cálculo numérico, medición electromagnética, transmisión inalámbrica de energía, el diagnóstico de fallas basado en la teoría electromagnética.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado



# LÍDERES EN PUBLICACIONES CIENTÍFICAS



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Universidad Politécnica de Cataluña

Es una institución pública de investigación y educación superior de la Generalidad de Cataluña, especializada en los ámbitos de la arquitectura, las ciencias y la ingeniería.

En 2012 se ubicó como la mejor universidad politécnica de España y en el número 77 del ranking mundial de universidades de ingeniería y tecnología según el ranking QS World Univeristy.

Barcelona, Castelldefels, Manresa, Sant Cugat del Vallès, Terrassa y Vilanova i la Geltrú acogen las instalaciones de la universidad (Universitat Politècnica de Catalunya, 2014).

## TECNOLOGÍAS QUE IMPLEMENTA //

1. Electrónica de potencia
2. Generación distribuida
3. Almacenamiento de energía
4. Sistemas de energías renovables- energía solar fotovoltaica, energía eólica
5. Redes Inteligentes
6. Electrónica industrial
7. Automatización y control de energía eléctrica
8. Calidad del suministro - desequilibrio, armónicos y sobretensiones

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# CONCLUSIONES

*Resumen: la producción científica, tanto en patentes como en artículos científicos, antes del año 2000 es incipiente; a partir de este año se da un gran aumento hasta un pico de producción científica en el año 2012.*

- **China es líder en investigación y desarrollo tecnológico:** tanto en patentes como en publicaciones científicas las instituciones líderes son en su mayoría de nacionalidad China. Lo que refleja el gran auge de investigación que se ha dado en este país en la última década.
- **Nivel de madurez de la tecnología de micro-redes:** cada una de las tecnologías que componen una micro-red tiene un nivel de madurez propio, sin embargo, en un contexto global la tecnología de micro-redes (sistema integrador de multitud de tecnologías) se encuentra en un proceso de crecimiento, donde se están dando las primeras implementaciones como soluciones de necesidades reales.
- **Gestión y control de las micro-redes inteligentes:** el control y la gestión óptima de las micro-redes tiene grandes posibilidades de innovación y desarrollo, ya que es necesario integrar los diferentes elementos de las micro-redes de acuerdo a las características y necesidades de cada caso particular.
- **Energías renovables:** la implementación e integración de energías renovables es tendencia mundial y es un campo con grandes posibilidades de innovación y desarrollo. En Colombia, las plantas hidráulicas de generación-bombeo, sistemas de energía solar-híbrida con biomasa, solar con diésel, entre otras, tienen un gran potencial debido a las características geográficas y la disponibilidad del recurso.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



# REFERENCIAS

- Aalborg University (2014, julio 31). «Aalborg University Denmark - Aalborg University». Disponible en: <http://www.en.aau.dk/>
- Boeing (2014, julio 31). «Boeing: The Boeing Company». Disponible en: <http://www.boeing.com/boeing/>
- China Electric Power Research Institute (2014, julio 31). Disponible en: <http://www.epri.sgcc.com.cn/en/>
- Elsevier (2014, julio 20). «Scopus - Welcome to Scopus». Disponible en: <http://www.scopus.com/home.url>
- North China Electric Power University (2014, julio 31). Disponible en: <http://english.ncepu.edu.cn/>
- State Grid Corporation of China (2014, julio 31). «Welcome to State Grid Corporation of China». Disponible en: <http://www.sgcc.com.cn/ywlm/gsgk-e/zzjg-e/zzjg-e1.shtml>
- SumoBrain Solutions Company (2014, julio 20). «FPO IP Research & Communities». Disponible en: <http://www.freepatentsonline.com/>
- Tianjin Electric Power Company (2014, julio 31). Disponible en: <http://www.tj.sgcc.com.cn/>
- Tianjin University (2014, julio 31). Disponible en: <http://www.tju.edu.cn/english/>
- Tsinghua University (2014, julio 31). «清华大学 - Tsinghua University». Disponible en: <http://www.tsinghua.edu.cn/>
- Universitat Politècnica de Catalunya (2014, julio 31). «UPC. Universitat Politècnica de Catalunya. BarcelonaTech». Disponible en: [http://www.upc.edu/?set\\_language=es](http://www.upc.edu/?set_language=es)
- URENIO - Urban and Regional Innovation Research (2014, julio 20). «Hype Cycle for Smart City Technologies, 2012 - URENIO Watch». Disponible en: <http://www.urenio.org/2013/01/05/hype-cycle-for-smart-city-technologies-and-solutions-2012/>

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



# REFERENCIAS IMAGENES

- *Blackout*, atribución: Michael Kötter, disponible: <https://www.flickr.com>, consulta: 23 Agosto 2014
- *Smart Grid, city of the future*, atribución: Worklife Siemens, disponible: <https://www.flickr.com>, consulta: 23 Agosto 2014
- *The Renewable Energy Home*, atribución: Mahtab, disponible: <https://www.flickr.com>, consulta: 23 Agosto 2014
- *Power control board schematic*, atribución: TimeScience, disponible: <https://www.flickr.com>, consulta: 23 Agosto 2014
- *Solar Pergola, Barcelona*, atribución: Max D, disponible: <https://www.flickr.com>, consulta: 23 Agosto 2014
- *Zooming in on battery materials*, atribución: EMSL, disponible: <https://www.flickr.com>, consulta: 23 Agosto 2014

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



## ANEXOS ARTÍCULOS

TÍTULO	AUTORES	AÑO	AFILIACIÓN	PAÍS	CITACIONES
«Defining control strategies for microgrids islanded operation»	Madureira A. G.; J. A. P. Lopes y C. L. Moreira	2006	Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Porto; Universidade do Porto	Portugal	551
«MicroGrids»	Laseter R. H.	2002	University of Wisconsin	Estados Unidos	495
«Power management strategies for a microgrid with multiple distributed generation units»	Iravani M. R. y F. Katiraei	2006	University of Toronto	Canadá	444
«The path of the smart grid»	Farhangi H.	2010	British Columbia Institute of Technology	Canadá	415
«Operation of a multiagent system for microgrid control»	Hatziargyriou N. D. y A. L. Dimeas	2005	National Technical University of Athens	Grecia	394
«Modeling, analysis and testing of autonomous operation of an inverter- based microgrid»	Pogaku N.; T. C. Green y M. Prodanovic	2007	Imperial College of London	Reino Unido	351
«Hierarchical control of droop-controlled AC and DC microgrids - A general approach toward standardization»	Guerrero J. M.; J. Matas; L. G. De Vicuna; M. Castilla y J. C. Vasquez	2011	Universitat Politècnica de Catalunya	España	332
«Design, analysis, and real-time testing of a controller for multibus microgrid system»	Li Y.; D. M. Vilathgamuwa y P. C. Loh	2004	Nanyang Technological University	Singapur	300

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA



## ANEXOS PATENTES

NÚMERO DE PUBLICACIÓN	TÍTULO	FECHA DE PUBLICACIÓN	FECHA DE RADICACIÓN	SOLICITANTE
US20020036430	Local area grid for distributed power	28/03/2002	28/09/2001	YOUTILITY INC
US7116010	Control of small distributed energy resources	03/10/2006	17/09/2002	Wisconsin Alumni Research Foundation
US20040051387	Control of small distributed energy resources	18/03/2004	17/09/2002	UNIV WISCONSIN WARF
US20100138066	SYSTEM AND METHOD OF DEMOCRATIZING POWER TO CREATE A META-EXCHANGE	03/06/2010	13/11/2009	THINKECO POWER INC.
US6819087	Distributed resource (DR) stabilization control for microgrid applications	16/11/2004	27/12/2002	General Electric Company
US7518266	Method and apparatus for improving AC transmission system dispatchability, system stability, and power flow controllability using DC transmission systems	14/04/2009	01/11/2006	Electric Power Research Institute, Inc.
US20060208574	Control of small distributed energy resources	21/09/2006	18/03/2005	Wisconsin Alumni Research Foundation
US7687937 B2	Control of small distributed energy resources	30/03/2010	18/03/2005	UNIV WISCONSIN WARF

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



MERCADO DE TECNOLOGÍA





ENERGÍA

# 4. OPORTUNIDADES Y RETOS GENERALES PARA EL ÁREA DE OPORTUNIDAD

En este capítulo se identifican retos y oportunidades para esta área de interés, considerando aspectos como capacidad requerida, tiempo (corto, mediano y largo plazo) y mercado potencial, entre otros. Se realiza la identificación de la situación actual de Medellín desde sus empresas y grupos de investigación, con el fin de revisar qué hacer para afrontar estas dinámicas.



# OPORTUNIDADES

1.

**Micro-redes para Zonas No Interconectadas (ZNI):** implementar sistemas micro-red para controlar y monitorear las diferentes soluciones de electrificación de **zonas remotas y no interconectadas**.

2.

**Micro-redes para usuarios residenciales:** a través de esquemas tipo micro-red se podrían ofrecer al **usuario final residencial** paquetes de servicios gestionados centralmente desde la misma vivienda que contemplen: el aprovechamiento de tarifas horarias de la energía (desplazamiento del consumo), una respuesta de la demanda eficaz (beneficio operativo para el OR) y la inyección de excedentes a la red (beneficios económicos), entre otros aspectos.

3.

**Micro-redes orientadas a las utilities:** ofrecer servicios técnicos especializados para las **empresas prestadoras de servicios (utilities)** orientados a la planeación y conformación de micro-redes en sus áreas de influencia, la coordinación operativa de las mismas y la generación de servicios de valor agregado que van desde la instalación de la micro-generación, el desarrollo de modelos de pronóstico, la ciberseguridad, alertas de consumo, etc.

4.

**Micro-redes para grandes consumidores urbanos:** desarrollar sistemas micro-red para mejorar la confiabilidad y la gestión energética del segmento de **grandes consumidores urbanos (zonas francas, centros comerciales, conjuntos residenciales, universidades)**. El valor agregado sería la propuesta de soluciones a la medida, respondiendo a las necesidades de cada uno.

5.

**Micro-redes móviles:** desarrollar **soluciones micro-red móviles** para atención de zonas de desastre, áreas aisladas temporalmente (ej. por orden público), campamentos de obra provisionales, batallones itinerantes, entre otros. Dichas micro-redes incluirían en espacios «tipo contenedor» las soluciones de micro-generación, almacenamiento y desde luego, el control centralizado.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# OPORTUNIDADES

6.

**Micro-redes para edificaciones:** implementar soluciones micro-red orientadas a la integración de recursos de auto y cogeneración (ej. CHP, solar térmica y fotovoltaica, regeneración de energía en ascensores, o frenado de trenes de tracción eléctrica, etc.) en **edificaciones en diseño y construidas**, incluyendo la gestión de la eficiencia energética, amparadas en las normas ISO 50001 y en la obtención de certificaciones internacionales como LEED.

7.

**Micro-redes para grandes consumidores rurales:** desarrollar sistemas micro-red para mejorar la confiabilidad y la gestión energética del segmento de **grandes consumidores rurales (instalaciones mineras, gasíferas, petroleras)**. El valor agregado sería la propuesta de soluciones a la medida, respondiendo a las necesidades de cada uno.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# 1 Micro-redes para Zonas No Interconectadas (ZNI)

Ofrecer micro-redes como solución energética a la medida para lugares remotos, que dependan en mayor parte de combustibles fósiles como el diésel, o no tengan acceso a la energía, es decir, **Zonas No Interconectadas**. Las soluciones planteadas deben responder a las necesidades de cada entorno, aprovechando los recursos e integrando su aprovechamiento a través de las tecnologías apropiadas.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO, EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

## CAPACIDADES REQUERIDAS

- Enfrentar las dificultades geográficas relacionadas con el acceso y la implementación de obras en sitio.
- Gestar sentido de pertenencia del proyecto en la población lugareña, a fin de sensibilizarla y evitar potenciales conflictos.
- Organizar y facilitar acuerdos entre los distintos stakeholders y proveedores para cada servicio que se requiera.
- Identificar y cuantificar de manera apropiada los recursos y condicionantes que permitirán brindar soluciones que se adapten mejor al entorno.

## BARRERAS POTENCIALES

- Personal poco capacitado en el tema.
- Carencia de procedimientos estandarizados para el diseño, la planificación y la operación de micro-redes.
- Elevados costos de implementación.
- Temor a la hora de invertir en micro-redes por parte de las empresas de servicios.
- Restricciones geográficas para la transmisión de datos y las telecomunicaciones.
- Situación de orden público, cadenas de aprovechamiento viciadas de combustibles fósiles.
- La confiabilidad, vida útil y demás parámetros técnicos de los sistemas de almacenamiento de energía aún no son adecuados para masificar su empleo en Zonas No Interconectadas.
- Financiación de iniciativas de este tipo.
- Poca resiliencia de las comunidades en las que se implementan las soluciones.
- Carencia de reglamentación del marco legal (en camino la de la Ley 1715 de 2014).
- Modelo de negocios a largo plazo.

## JUGADORES ACTUALES

- **Agencias internacionales:**  
USAID-USTDA-GTZ-FEE.
- **Órganos estatales:**  
Ministerios: Minas y Energía-Ambiente.  
UPME-IPSE-IDEAM-FAZNI-FAER- FENOGE.  
Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).
- **Utilities y concesionarias:**  
Empresas Públicas de Medellín.  
Ectricificadoras Regionales-SOPESA SA E.S.P.
- **Banca multilateral:**  
BID - Banco Mundial.
- **Organismos binacionales:**  
Cámara de Comercio Colombo-Americana.
- **Entes de normalización-laboratorios:**  
NIST-NREL-PI Institute.
- **Empresas privadas:**  
Energencol-Hybrytec-Energia Solar.
- **Otras:**  
Colombia Inteligente.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# 1 Micro-redes para Zonas No Interconectadas (ZNI)

Ofrecer micro-redes como solución energética a la medida para lugares remotos, que dependan en mayor parte de combustibles fósiles como el diésel, o no tengan acceso a la energía, es decir, **Zonas No Interconectadas**. Las soluciones planteadas deben responder a las necesidades de cada entorno, aprovechando los recursos e integrando su aprovechamiento a través de las tecnologías apropiadas.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO, EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

## ¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

- Adelantos en pilotos de aprovechamiento de residuos para generación de energía en universidades (biodigestores, gasificadores, pirólisis, etc.).
- Convocatoria proyecto sistema híbrido solar-diésel de EPM para Vigía del Fuerte y Nueva Esperanza.
- Convocatoria proyecto de la Gobernación de Antioquia para la iluminación solar fotovoltaica en Vigía del Fuerte.
- Convocatoria proyecto de la Gobernación de Antioquia para llevar energía a dieciséis resguardos indígenas.

## TIEMPO AL MERCADO

Corto-mediano plazo:

Ya se están dando las condiciones para llevar a cabo algunos proyectos. Falta articular esfuerzos para optimizar los recursos y llevarlos a la práctica.

## COSTO NORMALIZADO (LCOE\*)

	Mínimo	Máximo	Unidades
Energía Solar	\$ 75	\$ 440	USD/MWh
Energía Eólica	\$ 50	\$ 225	USD/MWh
Biomasa	\$ 70	\$ 215	USD/MWh
PCH	\$ 20	\$ 320	USD/MWh
Diésel	\$ 421	\$ 632	USD/MWh
Carbón	\$ 35	\$ 155	USD/MWh
Cogeneración (CHP)	\$ 50	\$ 105	USD/MWh
Almacenamiento de Energía (Baterías)	\$ 300	\$ 2.000	USD/MWh
<b>Total Generación</b>	<b>\$ 1.021</b>	<b>\$ 4.092</b>	<b>USD/MWh</b>
<b>Sistemas de Control y Gestion</b>	<b>\$ 2.000</b>	<b>\$ 4.500.000</b>	<b>USD</b>
<b>Medición</b>	<b>\$ 90</b>	<b>\$ 530</b>	<b>USD/Medidor</b>

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



\*LCOE: costo teórico de suministro de energía de una planta durante su vida útil por unidad de energía producida. Incluye gastos de construcción, financiación, combustible, mantenimiento, impuestos, seguros e incentivos.



## 2 Micro-redes para usuarios residenciales

A través de esquemas tipo micro-red, se podrían ofrecer al **usuario final residencial** paquetes de servicios gestionados centralmente desde la misma vivienda que contemplen: el aprovechamiento de tarifas horarias de la energía (desplazamiento del consumo), una respuesta de la demanda eficaz (beneficio operativo para el OR) y la inyección de excedentes a la red (beneficios económicos), entre otros aspectos.

En este sentido podrían implementarse y fortalecerse modelos de negocio basados en los conceptos de «Time Of Use» (TOU) y «Dynamic Pricing», potenciados y gerenciados desde los «Energy Management Modules» (EMM) de la micro-red.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

### CAPACIDADES REQUERIDAS

- Posibilitar la generación de arquitecturas que permitan varios niveles de acceso a la información de la red, sin violar la privacidad y minimizando los riesgos cibernéticos.
- Desarrollar paquetes que permitan realizar pronósticos de la demanda y de los recursos de generación en diferentes horizontes de tiempo.
- Implementar y reglamentar un esquema de mercado que posibilite la variación horaria de los precios (Real Time Pricing RTP).
- Gestionar en tiempo real un gran volumen de información del estado de la red y de los usuarios, que permita brindarles verdaderos servicios de valor agregado.
- Contar con personal altamente capacitado para la planeación, el diseño y la operación de los módulos de gestión energética (EMS), coordinación de protecciones (PCM) y telecomunicaciones de las micro-redes.

### BARRERAS POTENCIALES

- Carencia de reglamentación del marco legal (en camino la de la Ley 1715 de 2014).
- Seguridad cibernética (posibilidad de ataques masivos).
- Financiación de los contadores inteligentes.
- Pocos incentivos para este tipo de tecnologías.
- Posibles problemas de privacidad para los usuarios.
- Desconocimiento de los usuarios de las posibilidades reales y beneficios que ofrece la tecnología.
- Desarrollo de protocolos abiertos de comunicación para evitar problemas de monopolio y facilitar la interoperabilidad.
- Áreas reducidas para implementación de energías renovables.

### JUGADORES ACTUALES

- **Agencias internacionales:**  
USAID-USTDA.
- **Órganos estatales:**  
Ministerios: Minas y Energía - TIC  
UPME - FENOGE - CREG.
- **Compañías de medición y big data:**  
Itron, Landis & Gyr, Sensus, GE, etc.  
Osi soft - Unisys - Opower.
- **Utilities y concesionarias:**  
Empresas Públicas de Medellín.  
Electrificadoras Regionales-SOPESA SA E.S.P.
- **Entes de normalización-laboratorios:**  
NIST-NREL-PI Institute.
- **Banca multilateral:**  
BID - Banco Mundial.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



## 2 Micro-redes para usuarios residenciales

A través de esquemas tipo micro-red, se podrían ofrecer al **usuario final residencial** paquetes de servicios gestionados centralmente desde la misma vivienda que contemplen: el aprovechamiento de tarifas horarias de la energía (desplazamiento del consumo), una respuesta de la demanda eficaz (beneficio operativo para el OR) y la inyección de excedentes a la red (beneficios económicos), entre otros aspectos.

En este sentido podrían implementarse y fortalecerse modelos de negocio basados en los conceptos de «Time Of Use» (TOU) y «Dynamic Pricing», potenciados y gerenciados desde los «Energy Management Modules» (EMM) de la micro-red.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

### ¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

- Plan CTi-Medellinnovation.
- Proyecto piloto de tres mil medidores AMI para agua, gas y energía-EPM.
- Ciudades inteligentes-iniciativa UNE.
- Construcción del barrio Naranjal.
- El proyecto Vive Digital con miras a la masificación del internet.
- Llegada del call center internacional de HP.
- Centros de mando unificado (semaforización, metroseguridad, CND).
- Proyectos de ciberseguridad de EPM y la Banca.
- EPM está desarrollando medidores prepago de energía eléctrica, a precios competitivos y de acuerdo a los estándares internacionales (IEC, NTC, STS).

### TIEMPO AL MERCADO

#### Mediano-largo plazo:\*

Se requieren años para la implementación de una nueva tecnología, cambios en la cultura de consumo y del rol de consumidor a prosumidor para que se vuelva una realidad.

\*El tiempo al mercado puede verse afectado por los retardos asociados con el proceso de reglamentación del marco regulatorio.

### COSTO NORMALIZADO (LCOE\*)

Cogeneración (CHP)	\$ 50	\$ 105	USD/MWh
Almacenamiento de Energía (Baterías)	\$ 300	\$ 2.000	USD/MWh
<b>Total Generación</b>	<b>\$ 475</b>	<b>\$ 2.770</b>	<b>USD/MWh</b>
<b>Sistemas de Control y Gestion</b>	<b>\$ 2.000</b>	<b>\$ 4.500.000</b>	<b>USD</b>
<b>Medición</b>	<b>\$ 90</b>	<b>\$ 530</b>	<b>USD/Medidor</b>

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTAMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



\*LCOE: costo teórico de suministro de energía de una planta durante su vida útil por unidad de energía producida. Incluye gastos de construcción, financiación, combustible, mantenimiento, impuestos, seguros e incentivos.



## Micro-redes orientadas a las utilities

Ofrecer servicios técnicos especializados para las **empresas prestadoras de servicios (utilities)** orientados a la planeación y conformación de micro-redes en sus áreas de influencia, la coordinación operativa de las mismas y la generación de servicios de valor agregado que van desde la instalación de la micro-generación, el desarrollo de modelos de pronóstico, la ciberseguridad, alertas de consumo, etc.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO, EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

### CAPACIDADES REQUERIDAS

- Se requiere de una red suficientemente robusta para dar cabida a los nuevos sistemas de comunicación que emerjan para mantener la interoperabilidad y la seguridad.
- Se hace necesario establecer y/o adaptar modelos de madurez, marcos de referencia y mapas de ruta para el desarrollo de la tecnología.
- Desarrollar herramientas computacionales y aplicaciones de software cada vez más precisos y oportunos con resultados rápidos.
- Coordinar adecuadamente la gestión de la operación entre los SDL, STR y el CND\*.
- Generar estrategias de agrupamiento y control sectorizado de las Micro-Redes, a fin de que puedan operarse como «generadores virtuales».

### BARRERAS POTENCIALES

- Carencia de reglamentación del marco legal (en camino la de la Ley 1715 de 2014).
- Elevados costos del cambio de arquitectura de la red de comunicaciones.
- Necesidad de crear proyectos «Demo» para medir el potencial.
- El retorno de los beneficios solo se puede observar a largo plazo.
- El beneficio depende en su mayoría del entorno regulatorio.
- Buscar eficiencia en costos en los procesos del negocio.
- Necesidad de fortalecimiento tecnológico.
- Protocolos de comunicación en diferentes etapas de madurez.
- Limitaciones geográficas.

### JUGADORES ACTUALES

- **Agencias Internacionales.**  
USAID-USTDA
- **Órganos estatales.**  
Ministerios: Minas y Energía-TICs-CREG-UPME
- **Utilities y Concesionarias.**  
Empresas Públicas de Medellín  
Electrificadoras regionales-SOPESA SA E.S.P.
- **Banca Multilateral.**  
BID - Banco Mundial
- **Entes de normalización-laboratorios.**  
NIST-NREL-IEEE-ETSI-IEC-CEN-CENELEC
- **Otras.**  
Colombia Inteligente
- **Compañías de medición y Big data.**  
Itron, Landis & Gyr, Sensus, GE, Etc)  
Osi soft - Unisys - Opower

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



\*SDL: Sistema de distribución local.  
STR: Sistema de transmisión regional.  
CND: Centro nacional de despacho



3

# Micro-redes orientadas a las utilities

Ofrecer servicios técnicos especializados para las **empresas prestadoras de servicios (utilities)** orientados a la planeación y conformación de micro-redes en sus áreas de influencia, la coordinación operativa de las mismas y la generación de servicios de valor agregado que van desde la instalación de la micro-generación, el desarrollo de modelos de pronóstico, la ciberseguridad, alertas de consumo, etc.  
 Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO, EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

## ¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

- La iniciativa Colombia inteligente contempla a las micro-redes como un «sistema de energía del futuro».
- Proyecto micro-red inteligente: la Universidad Pontificia Bolivariana está implementando un piloto de un sistema de demanda desconectable.
- EPM lleva a cabo proyectos de telegestión, de alumbrado público inteligente, de actualización de centros de control, monitoreo y gestión, y de indicadores de falla en la red de distribución.

## TIEMPO AL MERCADO

Mediano-largo plazo:

Estos proyectos requieren alta inversión inicial para cambiar la arquitectura de la red, y exigen esfuerzos inmensos de coordinación entre los entes relacionados.

## COSTO NORMALIZADO (LCOE\*)

	Mínimo	Máximo	Unidades
Energía Solar	\$ 75	\$ 440	USD/MWh
Energía Eólica	\$ 50	\$ 225	USD/MWh
Diésel	\$ 421	\$ 632	USD/MWh
Cogeneración (CHP)	\$ 50	\$ 105	USD/MWh
Almacenamiento de Energía (Baterías)	\$ 300	\$ 2.000	USD/MWh
<b>Total Generación</b>	<b>\$ 896</b>	<b>\$ 3.402</b>	<b>USD/MWh</b>
<b>Sistemas de Control y Gestion</b>	<b>\$ 2.000</b>	<b>\$ 4.500.000</b>	<b>USD</b>
<b>Medición</b>	<b>\$ 90</b>	<b>\$ 530</b>	<b>USD/Medidor</b>



\*LCOE: costo teórico de suministro de energía de una planta durante su vida útil por unidad de energía producida. Incluye gastos de construcción, financiación, combustible, mantenimiento, impuestos, seguros e incentivos.



## 4 Micro-redes para grandes consumidores urbanos

Desarrollar sistemas micro-red para mejorar la confiabilidad y la gestión energética del segmento de **grandes consumidores urbanos (zonas francas, centros comerciales, conjuntos residenciales y universidades)**. El valor agregado sería la propuesta de soluciones a la medida, respondiendo a las necesidades de cada uno. Servicios de valor agregado ofrecidos: **EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE**.

### CAPACIDADES REQUERIDAS

- Reglamentar de manera adecuada el marco legal.
- Optimizar la conexión de las zonas con fuentes de energía renovable minimizando el costo.
- Desarrollar arquitecturas de generación descentralizadas.
- Brindar una mejor integración de la generación intermitente con un buen sistema de almacenamiento.
- Desarrollar mejores condiciones para la penetración del vehículo eléctrico
- Potencializar el uso de contadores inteligentes.
- Realizar un buen análisis e interpretación de los datos del consumidor.
- Estudios de mercado específicos y detallados.

### BARRERAS POTENCIALES

- Falta de difusión de los mecanismos e incentivos. Lo anterior limita en cierta forma el conocimiento de los potenciales reales de la tecnología y la ley.
- Falta de infraestructura para garantizar una alta penetración de renovables y de vehículos eléctricos.
- Necesidad de crear consorcios entre las entidades públicas y privadas para posibilitar el paso de proyectos piloto a comerciales.
- Tarifas no reguladas para este tipo de consumidores.

### JUGADORES ACTUALES

- **Agencias internacionales:**  
USAID-USTDA.
- **Órganos estatales:**  
Ministerios: Minas y Energía-TIC- Ambiente. CREG-UPME.
- **Banca colombiana.**
- **Entes de normalización-laboratorios:**  
LEED-NIST-NREL-IEEE-ETSI-IEC-CEN-CENELEC.
- **Asociaciones y gremios:**  
ANDI- Cámara Colombiana de Construcción Sostenible - Cámara Colombiana de Infraestructura - Asociación de Zonas Francas.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# Micro-redes para grandes consumidores urbanos

Desarrollar sistemas micro-red para mejorar la confiabilidad y la gestión energética del segmento de **grandes consumidores urbanos (zonas francas, centros comerciales, conjuntos residenciales y universidades)**. El valor agregado sería la propuesta de soluciones a la medida, respondiendo a las necesidades de cada uno.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

## ¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

- Actualmente se está trabajando en un distrito de innovación llamado Medellíninnovation, que es un proyecto de transformación urbana y económica que busca concentrar emprendedores, compañías e instituciones en la economía de conocimiento y trabajar en proyectos de alto valor agregado.
- Una empresa local contempla implementar en los almacenes Éxito de Barranquilla una instalación fotovoltaica de 500 kWp.
- Proyectos MDL Incolmotos-Yamaha.
- Micro-Red Inteligente UPB.

## TIEMPO AL MERCADO

### Corto-mediano plazo:

Se espera que los incentivos de la Ley 1715 despierten el interés de las compañías por las tecnologías micro-red como soluciones integradoras.

## COSTO NORMALIZADO (LCOE\*)

	Mínimo	Máximo	Unidades
Energía Solar	\$ 75	\$ 440	USD/MWh
Energía Eólica	\$ 50	\$ 225	USD/MWh
PCH	\$ 20	\$ 320	USD/MWh
Diésel	\$ 421	\$ 632	USD/MWh
Cogeneración (CHP)	\$ 50	\$ 105	USD/MWh
Almacenamiento de Energía (Baterías)	\$ 300	\$ 2.000	USD/MWh
<b>Total Generación</b>	<b>\$ 916</b>	<b>\$ 3.722</b>	<b>USD/MWh</b>
<b>Sistemas de Control y Gestion</b>	<b>\$ 2.000</b>	<b>\$ 4.500.000</b>	<b>USD</b>
<b>Medición</b>	<b>\$ 90</b>	<b>\$ 530</b>	<b>USD/Medidor</b>

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



\*LCOE: costo teórico de suministro de energía de una planta durante su vida útil por unidad de energía producida. Incluye gastos de construcción, financiación, combustible, mantenimiento, impuestos, seguros e incentivos.



## Micro-redes móviles

Desarrollar **soluciones micro-red móviles** para atención de zonas de desastre, áreas aisladas temporalmente (ej. por orden público), campamentos de obra provisionales y batallones itinerantes, entre otros. Dichas micro-redes incluirían en espacios «tipo contenedor» las soluciones de micro-generación, almacenamiento y desde luego, el control centralizado. Todo lo anterior permitiría un adecuado funcionamiento ante fallas y posibilitaría arranques autónomos.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO.**

### CAPACIDADES REQUERIDAS

- Tener una red de transporte disponible para cualquier eventualidad.
- Analizar las condiciones de riesgo de la zona a la cual se le prestará el servicio móvil.
- Responder de manera rápida y eficiente a la necesidad de conexión de energía de manera temporal.
- Soluciones que garanticen facilidad de instalación y desinstalación.

### BARRERAS POTENCIALES

- Altos costos de transporte. En zonas de desastre este costo no sería de incidente.
- Disponibilidades de los medios de transporte.
- Coordinación de los diferentes medio de transporte.
- Facilidad de movilización de los equipos.

### JUGADORES ACTUALES

- Ejército de Estados Unidos.
- Ejército de Israel.
- General Electric.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



## Micro-redes móviles

Desarrollar soluciones micro-red móviles para atención de zonas de desastre, áreas aisladas temporalmente (ej. por orden público), campamentos de obra provisionales y batallones itinerantes, entre otros. Dichas micro-redes incluirían en espacios «tipo contenedor» las soluciones de micro-generación, almacenamiento y desde luego, el control centralizado. Todo lo anterior permitiría un adecuado funcionamiento ante fallas y posibilitaría arranques autónomos.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO.**

### ¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

- No se conocen proyectos de este tipo.

### TIEMPO AL MERCADO

Corto-mediano plazo:

Alta incertidumbre, se deben realizar estudios y pruebas piloto para conocer la viabilidad de la solución.

### COSTO NORMALIZADO (LCOE\*)

	Mínimo	Máximo	Unidades
Energía Solar	\$ 75	\$ 440	USD/MWh
Energía Eólica	\$ 50	\$ 225	USD/MWh
Diésel	\$ 421	\$ 632	USD/MWh
Almacenamiento de Energía (Baterías)	\$ 300	\$ 2.000	USD/MWh
<b>Total Generación</b>	<b>\$ 846</b>	<b>\$ 3.297</b>	<b>USD/MWh</b>
<b>Sistemas de Control y Gestion</b>	<b>\$2.000</b>	<b>\$4.500.000</b>	<b>USD</b>
<b>Medición</b>	<b>\$ 90</b>	<b>\$ 530</b>	<b>USD/Medidor</b>

\*Se debe adicionar el costo del transporte que puede llegar a ser realmente alto.

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



\*LCOE: costo teórico de suministro de energía de una planta durante su vida útil por unidad de energía producida. Incluye gastos de construcción, financiación, combustible, mantenimiento, impuestos, seguros e incentivos.



## 6 Micro-redes para edificaciones

Implementar soluciones micro-red orientadas a la integración de recursos de auto y cogeneración (ej. CHP, solar térmica y fotovoltaica, regeneración de energía en ascensores, frenado de trenes de tracción eléctrica, etc.) en **edificaciones en etapa diseño y construidas**, incluyendo la gestión de la eficiencia energética, amparadas en las normas ISO 50001 y en la obtención de certificaciones internacionales como LEED.  
Servicios de valor agregado ofrecidos: **EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

### CAPACIDADES REQUERIDAS

- Optimizar las diferentes fuentes de generación de energía.
- Concientizar y divulgar a la comunidad de la construcción las implicaciones y beneficios que tienen las micro-redes con integración de cogeneración.
- Aprovechar el interés por el uso eficiente de la energía para maximizar los beneficios de las empresas.
- Códigos técnicos a nivel de ciudad y país.

### BARRERAS POTENCIALES

- Ocupación de grandes áreas.
- Alta inversión en obras civiles (refuerzos estructurales para vibraciones, cárcamos para vertimientos).
- Niveles de ruido, en caso de integración de generadores diésel.
- Dificultad en la adaptación de edificaciones antiguas.

### JUGADORES ACTUALES

- **Compañías certificadoras:**  
LEED (Leadership in Energy & Environmental Design): sistema de certificación de edificios sostenibles.
- **Organismos estatales:**  
CREG.
- **Compañías de cogeneración:**  
CHPA Combined Heat and Power Association (CHPA).  
Dreyer & Bosse Kraftwerke GmbH Combined Power Cooperative.  
Sustainable Heat & Power Europe GmbH.  
Borealis Wood Power Corporation.  
Kraft Power Corporation.  
Clarke Energy.  
Environment & Power Systems International.
- **Internet de las Cosas:**  
ARM, Atmel, Bosch, Cisco, Ericsson, Freescale, GE, Google, IBM, Intel, PTC / ThingWorx / xeda, SAP, Texas Instruments, Qualcomm.  
Netux en el ámbito local.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# 6 Micro-redes para edificaciones

Implementar soluciones micro-red orientadas a la integración de recursos de auto y cogeneración (ej. CHP, solar térmica y fotovoltaica, regeneración de energía en ascensores, frenado de trenes de tracción eléctrica, etc.) en **edificaciones en etapa diseño y construidas**, incluyendo la gestión de la eficiencia energética, amparadas en las normas ISO 50001 y en la obtención de certificaciones internacionales como LEED.  
 Servicios de valor agregado ofrecidos: **EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

## ¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

- Actualmente la legislación colombiana cuenta con regulaciones en pro a la eficiencia energética PROURE. En el caso de Medellín se tiene el proyecto de la empresa ENKA, planta de carbón que genera 14 megavatios de electricidad; es decir, el 72% del consumo de la planta.
- ISAGEN posee aproximadamente 22 kWp de energía solar fotovoltaica con esquemas de gestión energética.

## TIEMPO AL MERCADO

Corto-mediano plazo:

Actualmente se cuenta con mayor conocimiento de este tipo de generación.

## COSTO NORMALIZADO (LCOE\*)

	Mínimo	Máximo	Unidades
Energía Solar	\$ 75	\$ 440	USD/MWh
Energía Eólica	\$ 50	\$ 225	USD/MWh
Biomasa	\$ 70	\$ 215	USD/MWh
Diésel	\$ 421	\$ 632	USD/MWh
Cogeneración (CHP)	\$ 50	\$ 105	USD/MWh
Almacenamiento de Energía (Baterías)	\$ 300	\$ 2.000	USD/MWh
<b>Total Generación</b>	<b>\$ 966</b>	<b>\$ 3.617</b>	<b>USD/MWh</b>
<b>Sistemas de Control y Gestion</b>	<b>\$ 2.000</b>	<b>\$ 4.500.000</b>	<b>USD</b>
<b>Medición</b>	<b>\$ 90</b>	<b>\$ 530</b>	<b>USD/Medidor</b>

Lidera:



EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
 WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



conectamos universidad • empresa • estado

\*LCOE: costo teórico de suministro de energía de una planta durante su vida útil por unidad de energía producida. Incluye gastos de construcción, financiación, combustible, mantenimiento, impuestos, seguros e incentivos.



# 7 Micro-redes para grandes consumidores rurales

Desarrollar sistemas micro-red para mejorar la confiabilidad y la gestión energética del segmento de **grandes consumidores rurales (instalaciones mineras, gasíferas y petroleras)**. El valor agregado sería la propuesta de soluciones a la medida, respondiendo a las necesidades de cada uno.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO, EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

## CAPACIDADES REQUERIDAS

- Reglamentar de manera adecuada el marco regulatorio.
- Desarrollar soluciones que permitan optimizar el desempeño integral de las energías renovables en términos de eficiencia energética.
- Desarrollar sistemas de medición y control inteligentes que ayuden a mejorar la eficiencia de un proceso.
- Desarrollar estrategias que aumenten la productividad, permitiendo minimizar costos de operación.
- Colaboración académica.
- Licencias ambientales, permisos, trámites, etc.

## BARRERAS POTENCIALES

- Falta de difusión de los mecanismos e incentivos. Lo anterior limita en cierta forma el conocimiento de los potenciales reales de la tecnología y la ley.
- Falta de credibilidad en el desempeño de este tipo de tecnologías como potenciadoras de un uso eficiente de la energía.

## JUGADORES ACTUALES

- **Agencias internacionales:**  
USAID-USTDA.
- **Órganos estatales:**  
Ministerios: Minas y Energía-TIC- Ambiente. CREG-UPME.
- **Banca colombiana.**
- **Empresas privadas:**  
American Solar Energy Society, Better Power Lines (BPL) Global, CERTS.
- **Asociaciones y gremios:**  
ANDI-Cámara Colombiana de Construcción Sostenible - Cámara Colombiana de Infraestructura - Asociación de Zonas Francas.
- **Industria minera y petrolera:**  
Ecopetrol, AngloGold Ashanti, Cerro Matoso, Minerales Andinos de Colombia, Gran Colombia Gold.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



7

# Micro-redes para grandes consumidores rurales

Desarrollar sistemas micro-red para mejorar la confiabilidad y la gestión energética del segmento de **grandes consumidores rurales (instalaciones mineras, gasíferas y petroleras)**. El valor agregado sería la propuesta de soluciones a la medida, respondiendo a las necesidades de cada uno.

Servicios de valor agregado ofrecidos: **CONFIABILIDAD, SEGURIDAD DEL SUMINISTRO, EFICIENCIA Y ENERGÍA SOSTENIBLE.**

## ¿CÓMO ESTÁ MEDELLÍN?

- Los fondos nacionales de regalías apoyan el uso de energías renovables para grandes consumidores de energía como empresas petroleras, mineras, gasíferas, entre otros.
- Empresas prestadoras de servicios de teled medida (Netux) para ayudar a la optimización de los procesos.

## TIEMPO AL MERCADO

**Corto-mediano plazo:**

Se espera que los incentivos de la Ley 1715 despierten el interés de las compañías por las tecnologías micro-red como soluciones integradoras.

## COSTO NORMALIZADO (LCOE\*)

	Mínimo	Máximo	Unidades
Energía Solar	\$ 75	\$ 440	USD/MWh
Energía Eólica	\$ 50	\$ 225	USD/MWh
PCH	\$ 20	\$ 320	USD/MWh
Diésel	\$ 421	\$ 632	USD/MWh
Carbón	\$ 35	\$ 155	USD/MWh
Cogeneración (CHP)	\$ 50	\$ 105	USD/MWh
Almacenamiento de Energía (Baterías)	\$ 300	\$ 2.000	USD/MWh
<b>Total Generación</b>	<b>\$ 951</b>	<b>\$ 3.877</b>	<b>USD/MWh</b>
<b>Sistemas de Control y Gestion</b>	<b>\$2.000</b>	<b>\$4.500.000</b>	<b>USD</b>
<b>Medición</b>	<b>\$ 90</b>	<b>\$ 530</b>	<b>USD/Medidor</b>

Lidera:

Ejecuta:

\*LCOE: costo teórico de suministro de energía de una planta durante su vida útil por unidad de energía producida. Incluye gastos de construcción, financiación, combustible, mantenimiento, impuestos, seguros e incentivos.

# COMPONENTES ESTIMADOS

A continuación se detallan los componentes estimados para la implementación de una micro-red base que corresponda a cada una de las oportunidades presentadas anteriormente.

COMPONENTE	OPORTUNIDAD						
	1: ZNI	2: Usuarios residenciales	3: Utilities	4: Grandes consumidores urbanos	5: Micro-redes móviles	6: Edificaciones	7: Grandes consumidores rurales
Energía solar	X	X	X	X	X	X	X
Energía eólica	X	X	X	X	X	X	X
Biomasa	X					X	
PCH	X			X			X
Diésel	X		X	X	X	X	X
Carbón	X						X
Cogeneración (CHP)	X	X	X	X		X	X
Almacenamiento energía (baterías)	X	X	X	X	X	X	X
Sistemas de control y gestión	X	X	X	X	X	X	X
Medición	X	X	X	X	X	X	X

Lidera:



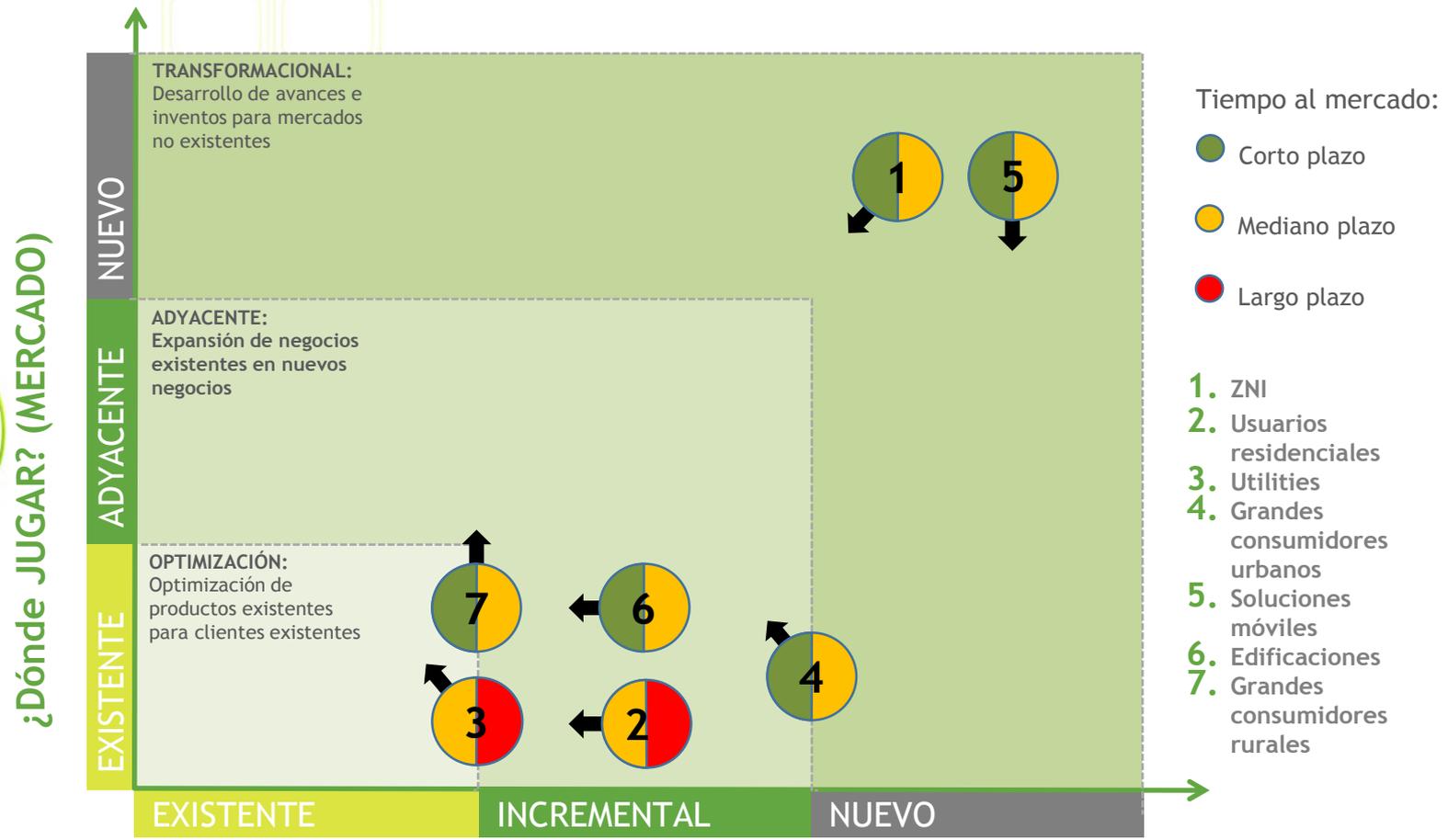
EL LUGAR DONDE SE POTENCIA LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# MATRIZ DE OPORTUNIDAD

Grado de novedad para las oportunidades identificadas en Medellín y tiempo al mercado esperado para cada una de acuerdo al tipo de producto o servicio a ofrecer. Las franjas externas hacen referencia a los productos más innovadores y a la atención de mercados nuevos o desatendidos.



# RECOMENDACIONES

1. La electrificación de Zonas No Interconectadas (ZNI) de difícil acceso, por medio del desarrollo de proyectos de micro-redes, tendrá un alto impacto social. La articulación con organismos del estado tales como el IPSE es imperativa, con el fin de captar recursos dirigidos para este tipo de proyectos.
2. La integración de energías renovables dentro del sistema eléctrico podrá ser explorada e implementada en primera medida por medio de proyectos de micro-redes. Las zonas no interconectadas y zonas de desastre son una gran oportunidad de utilización.
3. El apoyo de entidades públicas y privadas para la realización de las pruebas piloto será de gran importancia. Deben fomentarse alianzas tanto económicas como investigativas con el fin de avanzar en la implementación de micro-redes.
4. Dentro del segmento de edificaciones, la implementación de sensores en adición al medidor inteligente es crucial para el ofrecimiento de nuevos servicios de valor agregado asociados al llamado Internet de las Cosas. Exploraciones en esta medida serán de gran valor e importancia en un futuro, y cimentarán las bases de una red inteligente.
5. Deberán ser desarrollados nuevos lineamientos de construcción enfocados en viviendas y edificaciones inteligentes que integren micro-redes. Esto junto a la evolución de la regulación actual y a nuevas políticas públicas permitirá y ayudará a la adopción de micro-redes en Colombia y el mundo.
6. Proyectos de micro-redes pueden enmarcarse en la iniciativa Medellín, ciudad clúster dentro de los clústeres de energía eléctrica y construcción. Esta sería una estrategia importante en la captación de nuevas alianzas y socios.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# RECOMENDACIONES

7. Se recomienda generar mecanismos de difusión de la tecnología, donde se involucre a las universidades y a los centros de investigación para que ayuden a sustentar los beneficios de la implementación de micro-redes. En lo anterior, el acompañamiento de la empresa pública y privada es de vital importancia. Estas pueden ayudar a la realización de proyectos pilotos que visibilicen y permitan la prueba y puesta en marcha de tecnologías que en un futuro podrán ser implementadas en iniciativas de micro-redes y redes inteligentes.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# EXPERTOS CONSULTADOS

- **Idi Amin Isaac Millán, IE, Ph.D.**  
Profesor Universidad Pontificia Bolivariana, Investigador Grupo de Investigación en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica.
- **Gabriel Jaime López Jiménez, IE, Ph.D.**  
Profesor Universidad Pontificia Bolivariana, Investigador Grupo de Investigación en Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica.
- **Guillermo Andrés Jiménez Estévez, IE, Ph.D.**  
Sub-director Centro de Energía, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.
- **Claudio Adrián Cañizares, IE, Ph.D.**  
Profesor e Investigador University of Waterloo E&CE Department Canada.
- **René Alberto Castrillón Orozco**  
Especialista en Transmisión y Distribución de EPM.
- **Giovanni de Jesús Marín Ávalos**  
Especialista en Transmisión y Distribución de EPM.
- **Juan Jacobo Rodríguez Gaviria**  
Director (e) Planeación T &D Energía de EPM.
- **Sergio Marín Correa**  
CEO, Fundador Netux S.A.S.
- **Philip Beere**  
LEED AP, MBA - ISAL EXPO.
- **Juan Camilo Gómez Toro**  
Administrador de Empresas.  
Gerente Comercial Hybrytec Energía Solar.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# REFERENCIAS

- Bartek, N. (2014). «A Utility Perspective on Microgrids». U.S-Colombia Smart Grid Workshop - Partnering to Power the Future [evento]. Bogotá.
- Céspedes, R. (2013). «SGIP Power of Interoperability». *Smart Grid Interoperability Panel*.
- Comisión Federal de Electricidad (2013). *Modelo de Madurez SGMM*. México.
- CORPORACIÓN EMA (2012). *Administración, Operación y Mantenimiento para la Actividad de Generación en Zonas no Interconectadas Utilizando Recursos Renovables*. Bogotá.
- Empresas Públicas de Medellín (EPM) (2011). «Preparando el camino para Smart Grid. Subdirección Investigación & Desarrollo Negocios Energía». Disponible en: [http://www.incubodc.com/eventos\\_energia\\_mayorista/memorias\\_SG/sg\\_2011/6\\_experiencias\\_empresariales/Experiencia%20EPM.pdf](http://www.incubodc.com/eventos_energia_mayorista/memorias_SG/sg_2011/6_experiencias_empresariales/Experiencia%20EPM.pdf).
- EPSA (2013). «Planificación y Desarrollo Estratégico de las Redes de Energía de Futuro». Disponible en: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/10583.pdf>.
- Gómez, R. N. (2013). «Red Eléctrica Inteligente: Oportunidades para la Innovación». Mesa redonda: La investigación en energía para el futuro de México: Aspectos relacionados con energía eléctrica [foro]. México.
- Hyams, M. (2010). *Microgrids: An assessment of the value, opportunities and Barries to Deployment in the New York State*. Nueva York: Myserda.
- IDAE y Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2012). «Mapa Tecnológico" Ciudades Inteligentes". Observatorio Tecnológico de la Energía». Disponible en: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Borrador\\_Smart\\_Cities\\_18\\_Abril\\_2012\\_b97f8b15.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Borrador_Smart_Cities_18_Abril_2012_b97f8b15.pdf).

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# REFERENCIAS

- Marmay, C.; N. Zhou; M. Qu y J. Romankiewicz (2012). «Lessons Learned from Microgrid Demonstrations Worldwide». Sitio web: *China Energy Group*. Disponible en: [china.lbl.gov/publications/lessons-learned-microgrid](http://china.lbl.gov/publications/lessons-learned-microgrid).
- «Modelos para redes Inteligentes. Construyendo el Sistema Eléctrico 2.0» en: El desarrollo de redes inteligentes en Colombia [taller] (2013). Sitio web: *Ministerio de Minas y Energía*. Disponible en: <http://www.minminas.gov.co/>.
- Morales, J.; M. Sanchez; L. de Pereda M. Aguado *et al.* (2011). *Guía de Redes Inteligentes de energía y comunicación*. Disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-redes-inteligentes-de-energia-y-comunicacion-fenercom-2011.pdf>.
- Nagji, B. y G. Tuff (2012). «Managing Your Innovation Portfolio». *Harvard Business Review*.
- Olarte, A. (2014). Smart Grid for Smart People. Colombia Smart Grid Workshop Pathering to Power the Future. Sin datos.
- Proyecto Redes Inteligentes para Colombia-Congreso. Congreso ANDESCO (2014). Cartagena.
- Quijano, N.; J. Lenin Morillo y M. Velásquez (2014). *Research on Microgrid Solutions in Colombia*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Reilly, J. (2014). «Microgrids. U.S. Colombia Smart Grid Workshop». Disponible en: <file:///C:/Users/HP%20G-020/Downloads/Jim%20Reilly.Reilly%20Associates%20-%20Microgrids.pdf>.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



# REFERENCIAS

- Ruiz, M. E. (2012). Experiencias e iniciativas de política. Seminario TIC y desarrollo sostenible en América Latina y Caribe. Santiago de Chile.
- Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia (s.f.). Sitio web: *Energreencol*. Disponible en: [http://www.energreencol.com/energia\\_eolica/hibridacion\\_wind\\_solar/index.htm](http://www.energreencol.com/energia_eolica/hibridacion_wind_solar/index.htm).
- Terwiesch, Ch. y K. Ulrich (2008). «Managing the opportunity portfolio». *R&D/Business Strategy*. septiembre-octubre.
- World Energy Council (2012). «World Energy Perspective: Smart grids - best practice fundamentals for a modern energy system». Sitio web: *World Energy Council*. Disponible en: <http://www.worldenergy.org/publications/2012/world-energy-perspective-smart-grids-best-practice-fundamentals-for-a-modern-energy-system/>.

Lidera:



EL LUGAR  
DONDE SE  
POTENCIA  
LA INNOVACIÓN  
WWW.RUTANMEDELLIN.ORG

Ejecuta:



SÍGUENOS EN:



**ruta**<sup>n</sup>

**MEDELLÍN**  
CENTRO DE INNOVACIÓN Y NEGOCIOS

EL LUGAR  
DONDE SE  
**POTENCIA  
LA INNOVACIÓN**

////////////////////  
[WWW.RUTANMEDELLIN.ORG](http://WWW.RUTANMEDELLIN.ORG)

**GRACIAS**

une epm®

  
Medellín  
todos por la vida