

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

<b>Código:</b>	CIDII-060413
<b>Centro de Investigación:</b>	CENTRO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA
<b>Programa:</b>	Telemática aplicada a la automatización industrial
<b>Título del Proyecto:</b>	Gestión de redes de comunicación para medición inteligente de Energía Eléctrica
<b>Grupo de Investigación:</b>	Grupo de Investigación en Electrónica y Telemática
<b>Area de Conocimiento:</b>	Ciencia y Tecnología
<b>Línea de Investigación:</b>	Ingeniería de control y tecnologías de
<b>Tipo de Investigación:</b>	Básica
<b>Campo :</b>	Tecnologías
<b>Investigador Principal :</b>	ESTEBAN MAURICIO INGA ORTEGA
<b>Proyectos Vinculados :</b>	- Modelamiento y simulación de redes de telecomunicación para medición inteligente de energía eléctrica residencial en zonas urbanas. - Modelamiento y simulación de redes de telecomunicaciones inalámbricas
<b>Duración del Proyecto :</b>	12 Meses
<b>Localización del Proyecto :</b>	Quito- Ecuador
<b>Fecha de ingreso :</b>	27/09/2013 16:02

## 2. ANTECEDENTES

En estos momentos la red de energía eléctrica está experimentando un significativo proceso de transición en busca de ser inteligente, segura, y automatizada totalmente para lograr eficiencia y confiabilidad, a esto se lo denomina Smart Grid. En este concepto se genera una variedad de servicios que pueden ser implementadas al sistema de energía conforme avanza la tecnología. Entonces la llave de un Smart Grid o visión es la red de comunicaciones que permite, facilita o sirve para intercambiar información en forma bidireccional de principio a fin de los diferentes estados de la red eléctrica, información que posteriormente puede ser analizada y usada en los procesos de gestión.

En el Ecuador por acuerdo ministerial N° 301 se crea la necesidad de modernizar las Redes Eléctricas considerando aspectos como: regulaciones, redes de transporte y distribución energética, redes de comunicación, generación distribuida, almacenamiento de energía, medición inteligente, gestión activa de la demanda y oportunidades de brindar nuevos productos y servicios. Además se advierte que la transformación de la red eléctrica actual a una moderna Red Eléctrica debe hacerse de una manera gradual, considerando el grado de madurez de las nuevas tecnologías y las necesidades particulares del país y que para tal propósito es necesario contar con una hoja de ruta que deberá ser la guía de referencia para la modernización del sector eléctrico.

Según esto se acuerda que:

- Institucionalizar el Programa "Redes Inteligentes Ecuador" (REDIE) con la finalidad de contar con una red más eficiente y flexible con alta disponibilidad y calidad en el suministro de energía; sustentada en los beneficios que brindan las tecnologías de la información y comunicación a través del establecimiento de un marco de referencia único para la gestión y ejecución de las diferentes iniciativas asociadas a este programa;

De acuerdo a estos antecedentes dentro de una Smart Grid se encuentra la etapa de Smart Metering, medición inteligente de la energía eléctrica en usuarios residenciales, comercial e industriales, intercambiando información de forma bidireccional entre empresas de distribución y usuario/consumidor, pero en la actualidad el Gobierno Ecuatoriano no tiene investigaciones para su implementación razón por la cual nuestra investigación a través del SIGDE (Sistema Integrado de Gestión de la Distribución-MEER), propone un análisis a las alternativas tecnológicas que presenten mayor factibilidad de ser implementadas en Ecuador en lo que se refiere a los equipos de medición inteligente y sus protocolos de comunicación requeridos, ya sea para usuarios de zonas urbanas o rurales y siempre tratando de optimizar la red de comunicaciones inalámbricas existente, es decir conservar y utilizar la tecnología ya instalada.

## 3. JUSTIFICACIÓN

Sobre la base de estos antecedentes anteriormente expuestos y por tener entre las funciones gubernamentales del MEER, REDIE y SIGDE requerimientos de investigación sobre la elaboración del Plan de Ejecución del Programa; el Plan de Inversiones; el Plan de Comunicaciones, el Plan de Gestión de interesados, el plan de Riesgos, entre otros que disponga el comité de ejecución, se advierte la necesidad de aportar con bases científicas para lograr un sistema de gestión para redes de telecomunicación en smart grid para optimización de energía en edificaciones residenciales, contemplando el uso eficiente de tecnología, a través del uso de comunicaciones inalámbricas que permitan llegar a los usuarios establecidos en zonas urbanas y rurales, descartando aquellas tecnologías que exijan un incremento o instalación de una nueva red de comunicaciones destinado a medición inteligente únicamente. El impacto social que pretende el proyecto de investigación será a más de colaborar con las iniciativas de gobierno gestionadas por el MEER, es dotar de información científica-técnica que coadyuve a la implementación de medición de energía eléctrica para usuarios rurales y urbanos; y mediante esta vía incrementar servicios adicionales para los clientes como herramienta de optimización en el consumo de energía eléctrica, pero al mismo tiempo servicios entregados a las empresas de distribución, con la que podrán conocer a través de una caracterización del consumo de un cliente, una herramienta para manejar el sistema de gestión de la demanda eléctrica en el Ecuador.

El modelamiento, simulación y emulación del protocolo de comunicación inalámbrica asignada ya sea para zonas urbanas o rurales facilitará la implementación de los nuevos medidores/contadores de energía eléctrica usando lo disponible en la empresa estatal CNT, y una propuesta de creación de un Operador Móvil Virtual dedicado a medición inteligente.

Los aspectos mencionados anteriormente, se vinculan de forma muy estrecha con los principios consagrados en la Constitución de la República del Ecuador del año 2009 y en el Plan Nacional del Buen Vivir.

En nuestro país, al igual que otros en vías de desarrollo, se advierte la necesidad de incrementar la eficiencia en el diseño y operación del sistema energético. Estas necesidades están claramente identificadas en los instrumentos legales anteriormente señalados. Así, la Constitución de la República del Ecuador, en su capítulo quinto, referente a los Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas, señala lo siguiente:

El Estado, a través del organismo competente, coordinará el sistema, establecerá los objetivos y políticas, de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo, con la participación de los actores que lo conforman.

Art. 387.- Será responsabilidad del Estado:

1. Facilitar e impulsar la incorporación a la sociedad del conocimiento para alcanzar los objetivos del régimen de desarrollo.
2. Promover la generación y producción de conocimiento, fomentar la investigación científica y tecnológica, y potenciar los saberes ancestrales, para así contribuir a la realización del buen vivir, al sumak kawsay.
3. Asegurar la difusión y el acceso a los conocimientos científicos y tecnológicos, el usufructo de sus descubrimientos y hallazgos en el marco de lo establecido en la Constitución y la Ley.
4. Garantizar la libertad de creación e investigación en el marco del respeto a la ética, la naturaleza, el ambiente, y el rescate de los conocimientos ancestrales.
5. Reconocer la condición de investigador de acuerdo con la Ley.

De igual manera, el Plan Nacional del Buen Vivir (2009), señala algunas estrategias indispensables para el desarrollo del país, siendo el área eléctrica y energética uno de sus pilares fundamentales, como se señala a continuación:

6.3. Aumento de la productividad real y diversificación de las exportaciones, exportadores y destinos mundiales

6.4 Impulsar la economía endógena para el Buen Vivir con tecnologías más limpias y eficientes: para dar el salto cualitativo en la estructura productiva y hacer más sostenible nuestra economía.

6.6. Conectividad y telecomunicaciones para la sociedad de la información y el conocimiento

El último siglo ha sido testigo de la sofisticación de los procesos productivos y del uso creciente de tecnologías de información y comunicación (TIC). De esta forma, surge la denominada «Sociedad de la Información y el Conocimiento», cuya característica fundamental es la relevancia del trabajo de procesamiento de datos, información y conocimiento, en todos los sectores de la economía.

En consecuencia, la acción estatal en los próximos años deberá concentrarse en tres aspectos fundamentales: conectividad, dotación de hardware y el uso de TIC para la Revolución Educativa. Sin embargo, el énfasis del Estado en tales aspectos implicará el apareamiento de externalidades positivas relacionadas con el mejoramiento de servicios gubernamentales y la dinamización del aparato productivo

Finalmente, el Estado debe propender al impulso de la investigación y el desarrollo en el sector de las TIC para consolidar la transferencia de conocimientos, aprovechando el carácter transversal del sector. De esta forma, se canalizaría la innovación hacia sectores estratégicos de la economía, donde el valor agregado que proporciona el uso de la tecnología implique una cadena infinita de transferencia de conocimientos e innovación.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General

Generar un mapa de cobertura para el posterior diseño de un sistema de gestión de las telecomunicaciones inalámbricas aplicadas a medición inteligente de energía eléctrica en zonas urbanas y rurales del sector residencial de la ciudad de Quito.

### 4.2 Objetivos Especificos

- 1 Analizar qué tipo de tecnologías de comunicaciones inalámbricas existentes en el Ecuador tienen posibilidad de uso en medición inteligente de energía eléctrica ofertadas por la empresa estatal CNT, en zonas urbanas y rurales.
- 2 Diferenciar los sectores urbanos y rurales con mayor porcentaje de pérdidas no técnicas para efectuar el estudio de cobertura de la solución de comunicaciones.
- 3 Generar un plan estratégico de posibles servicios que se puedan ofrecer desde diferentes empresas distribuidoras, a los clientes para optimización del consumo de energía eléctrica
- 4 Identificar las características técnicas de los nuevos medidores inteligentes y sus normas IEC-ANSI usados para medición inteligente de energía eléctrica de diferentes fabricantes
- 5 Proponer un plan de negocio dedicado a medición inteligente de energía eléctrica que interactúe entre la empresa estatal CNT y las empresas de distribución

## 5. ESTADO DEL ARTE

En el concepto de una red eléctrica inteligente[1] se habla del requerimiento de la planificación de la

distribución, etapa donde se perciben el mayor de los problemas, pero sin duda alguna que el cliente es quien genera la demanda y es aquí donde ambas necesidades deben encontrarse para dar soluciones idóneas mediante aplicación de programas[2] con implementación de ciertas tecnologías e infraestructuras que orienten al ahorro y eficiencia en el consumo energético.

De igual manera los planes de negocios para las diferentes soluciones tecnológicas y operadoras de esta infraestructura que se adviertan en una gestión de las telecomunicaciones para redes eléctricas inteligentes, pueden dar el paso a la optimización de la energía[3] sobre edificaciones por parte del cliente-consumidor mediante oferta de servicios adicionales a los ahora ya obtenidos y ofertados por parte de las empresas distribuidoras al cliente.

El uso de telecomunicaciones para diferentes aplicaciones en el sector eléctrico[4] han permitido verificar la evolución de diferentes arquitecturas[5] ya sea por tecnologías alámbricas o inalámbricas ya que el servicio prestado por cada una de esta dos opciones no permiten el uso de una sola tendencia y en la actualidad se torna inminente el uso de soluciones híbridas, donde cohabitan varias tecnologías para cada etapa de una red eléctrica inteligente. Son entonces las telecomunicaciones tecnologías con posibilidades y servicios diferentes pero que requieren de una gestión para lograr un eficiente uso de las mismas.[6]

Desde las primeras experiencias de implementación de redes eléctricas inteligentes se han buscado obtener una mayor eficiencia del sistema eléctrico, reducir el gasto energético disminuyendo las pérdidas en la distribución de energía en gran parte buscando aportar al medio ambiente y al costo que genera [7], se han presentado varias alternativas como políticas de cada país, pero sin duda alguna que la inversión económica, la creciente complejidad y heterogeneidad de las modernas redes de telecomunicaciones [8] ha resultado un obstáculo y una proyección de mediano y largo plazo.

Dentro de medición inteligente de energía eléctrica varios fabricantes de tecnología de contadores eléctricos han realizado sus investigaciones así como propuestas para el intercambio de información entre las empresas de distribución y los clientes consumidores a través de tecnologías y protocolos de comunicación inalámbrica como RFID, GRPS, CDMA, entre las empresas de mayor penetración al mercado eléctrico están: Itron[9], Elster[10], Landis + Gyr[11], GE-Trilliant Network[12]

La medición inteligente en la distribución eléctrica puede ser canalizada sobre varios frentes de necesidad e impacto, por lo tanto el concepto de intercambiar información entre una etapa y otra se torna importante dentro del objetivo de una Smart Grid, pero la pregunta de qué información es la requerida y los mecanismos de gestión permitirán orientar a corto plazo a la gestión y posible toma de decisiones sobre el manejo adecuado de la energía eléctrica, entonces un manejo del recurso de forma óptima es parte importante de la industria eléctrica [13][14][15], entonces la competencia estará en saber invertir, pero de manera segura usando tecnología adecuada, basada en pruebas experimentales y evitando incrementar infraestructura innecesaria como lo que sucede en el uso de tecnología de telecomunicaciones [16][17], propuestas como los Operadores Móviles Virtuales[18][6][19] encargados de lograr eficiencia al mercado de telecomunicaciones, abre una posibilidad para lograr eficiencia en recurso ya instalado y que para aplicaciones de telefonía podrían ser obsoletos para el sector eléctrico se convertirían en un yacimiento de nuevas posibilidades para entregar nuevos servicios a los clientes más exigentes de las zonas urbanas y los servicios necesarios para dotar de servicios prepagado o de información por uso innecesario del recurso eléctrico en las zonas rurales.

Por otro lado se encuentra el concepto de interoperabilidad referido a la medición inteligente, donde el mercado y el fabricante son los que imponen las condiciones ya IEEE ha planificado nuevas alternativas a través del IEEE P2030 [20][21] buscando que entre los diferentes fabricantes existan alianzas estratégicas que diversifiquen el mercado actual, así en Ecuador se podrá utilizar diferentes marcas, medios de comunicación, normas según el requerimiento factible en cada caso donde se establezca el usuario final o cliente activo.

En la actualidad el área de corte y reconexión del suministro se lo realiza de forma manual y la lectura tiene errores y reclamos de los usuarios por no ser en tiempo real y confiable, este es uno de los temas de importancia ya que se necesita cambiar medidores inteligentes y proveer de redes de comunicación para llevar la información desde los diferentes abonados hasta el centro de control y facturación del suministro eléctrico, los planteamientos de los diferentes protocolos, estándares, normas, interoperabilidad presentan un abanico de opciones pero sin un sistema de gestión de las telecomunicaciones que se pueden implementar[22] en una Smart Grid, o que oriente de forma específica su empleo a corto y mediano plazo, el proyecto de investigación analizará un sector específico tanto para la zona urbana y otro para la zona rural, dando énfasis al sector de mayor porcentaje de pérdidas no técnicas en casa sector, a esto se sumará la propuesta del tipo de tecnología adecuada de acuerdo al mapa de cobertura en el distrito metropolitano de Quito. En el SIGDE-MEER no existe información necesaria para implementar un plan masivo de medición inteligente en el Ecuador, razón suficiente para promover este tipo de investigaciones que fomenten el intercambio y transferencias de conocimientos a través de una adecuada ingeniería de proyectos Universidad-Sector Público.

## 6. METODOLOGÍA

El proyecto pretende gestionar la investigación desde algunos aspectos, entre ellos están:

Investigación histórica: empleada para conocer las experiencias anteriores de redes de telecomunicación aplicadas a smart metering a nivel local e internacional. Posterior a una Investigación descriptiva: con carácter social para conocer las causas, hechos del consumo del recurso eléctrico y que servicios que se pueden ofertar las redes de comunicación son del interés de la comunidad.

Investigación inductiva: luego de haber consolidado la información se la procesará, a identificar su pertinencia en el proyecto; para llegar a establecer conclusiones generales.

Investigación deductiva: permitirá, sobre la base de los datos generales ya validados científicamente, llegar a conclusiones de tipo particular dentro del proyecto de investigación.

Una investigación aplicada: para conocer el comportamiento de las redes de comunicación inalámbricas y así manejar nuevas propuestas de su empleo, para actuar en la gestión de las mismas y para construir una metodología de implementación de las redes de telecomunicación. Se usará la exploración para indagar en la literatura diversos aportes científicos sobre el tema.

Investigación Experimental: Se podrá experimentar con diferentes escenarios y comportamientos de la red de comunicaciones inalámbricas que se puedan usar en zonas rurales y urbanas, en diferentes sectores del DM Quito y se obtendrán variables necesarias para la implementación de los medidores eléctricos inteligentes, así como el comportamiento y caracterización para cumplir el objetivo de optimizar el consumo del recurso eléctrico.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Gonzalo, J. Luque, and A. González, ¿Necesidad de un sistema de gestión de redes de telecomunicación,¿ Energía: Ingeniería energética y medioambiental, vol. 23, no. 6, pp. 89¿94, 1997.
- [2] F. Gonzalo and J. Luque, ¿The NOMOS project: a way to fulfil the quality requirements for power utilities telecommunication networks,¿ 1995.
- [3] G. Meer, Conelec, Cenace, Celec, ¿Programa Redes Inteligentes Ecuador - Mapa de Ruta.¿ p. 65, 2013.
- [4] A. G. Yagüe, ¿Gestión TMN,¿ 1999.
- [5] E. Inga Ortega, ¿La telefonía móvil de cuarta generación 4G y Long Term Evolution,¿ Ingenius, vol. 4, no. Revista de Ciencia y Tecnología, pp. 3¿12, 2010.
- [6] E. Inga, V. Orejuela, D. Arias, and J. Inga, ¿Gestión de redes de telecomunicación en smart metering para optimización de energía eléctrica,¿ pp. 1¿15, 2013.
- [7] A. Molderink, V. Bakker, M. G. C. Bosman, J. L. Hurink, and G. J. M. Smit, ¿Domestic energy management methodology for optimizing efficiency in Smart Grids,¿ 2009 IEEE Bucharest PowerTech, pp. 1¿7, 2009.
- [8] I. N. G. Jose, L. Arciniegas, J. C. A. A, and R. D. R. P, ¿UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER,¿ 2000.
- [9] ¿CENTRON® II Meter.¿ [Online]. Available: <https://www.itron.com/na/productsAndServices/Pages/CENTRON-II.aspx?market=electricity>. [Accessed: 20-May-2013].
- [10] ¿Elster Metering - Electricity metering.¿ [Online]. Available: [http://www.elstermetering.com/en/electricity\\_metering.html](http://www.elstermetering.com/en/electricity_metering.html). [Accessed: 09-May-2013].
- [11] Productos + Soluciones | Landis+Gyr.¿ [Online]. Available: [http://www.landisgyr.es/es/es/pub/productos\\_\\_soluciones.cfm?eventProducts=products.CategoryProducts&catID=5](http://www.landisgyr.es/es/es/pub/productos__soluciones.cfm?eventProducts=products.CategoryProducts&catID=5). [Accessed: 09-May-2013].
- [12] SecureMesh Collector: NAN Aggregation For Meters | Trilliant.¿ [Online]. Available: <http://www.trilliantinc.com/products/securemesh-nan/collector>. [Accessed: 09-May-2013].
- [13] M. Arian, M. Ameli, V. Soleimani, and S. Ghazalizadeh, Intelligent migration from smart metering to smart grid, vol. 2. IEEE, 2011, pp. 547¿552.
- [14] J. Shah, A. Tyagi, and B. Ugale, ¿ROLE OF ADVANCED METERING INFRASTRUCTURE,¿ pp. 1¿5, 2011.
- [15] S. Darby, ¿Smart metering: what potential for householder engagement?,¿ Building Research & Information, vol. 38, no. 5, pp. 442¿457, 2010.
- [16] M. Pipattanasomporn, M. Kuzlu, and S. Rahman, ¿Demand Response Implementation in a Home Area Network¿: A Conceptual Hardware Architecture,¿ pp. 1¿8, 2011.
- [17] J. Boal, Smart Grid. Recuperado de: <http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/Smart%20grid>, 2010.
- [18] D. Talmesio and D. Tricarico, ¿The Future of MVNOs Strategies to succeed with MVNOs in Latin America,¿ Informa UK - Telecoms & Media a global resarch partner, 2012.
- [19] J. Inga Ortega and E. Ordóñez, ¿Análisis Técnico, Económico y Regulatorio para el Ingreso de un Operador Móvil Virtual en el Ecuador,¿ Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, 2013.
- [20] T. Basso, S. Member, J. Hambrick, and D. Deblasio, ¿Update and Review of IEEE P2030 Smart Grid Interoperability and IEEE 1547 Interconnection Standards,¿ pp. 1¿7, 2011.
- [21] C. Andrés, D. Andrade, and J. C. Hernández, ¿Smart Grid¿: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica ¿ Estado del Arte,¿ vol. 9, pp. 53¿81, 2011.
- [22] J. G. Cupp and M. E. Beehler, ¿Implementing smart grid communications,¿ Burns & McDonnell Marketing Communications, 2008.

## 8. RESULTADOS ESPERADOS

1. Como resultado esperado sobre la base del análisis de las diferentes tecnologías de telecomunicación inalámbricas que se pueden usar en Smart Metering para medición inteligente, es un mapa de cobertura que permita obtener a mediano plazo un sistema de gestión de dicho sistema de telecomunicaciones y que contador eléctrico debe ser colocado de acuerdo al sector de localización del cliente-consumidor, además de evidenciar que servicios se puedan colocar sobre dicha tecnología como mecanismo para optimizar la energía en residencias.
2. Obtener tres productos de trabajo de grado que den testimonio de la investigación realizada.
3. Se generará un documento científico que avale la investigación realizada y enviada a publicación en revista indexada local.
4. Se generará un documento científico que avale la investigación realizada enviada a publicación en una revista indexada internacional.

## 9. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA Y/O SOCIALIZACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Se entregará el resultado del aporte científico a sector público MEER-SIGDE-REDIE como medio de colaboración entre la universidad y el sector gubernamental y su respectiva difusión del documento científico producto de la investigación. A través de conferencias magistrales se realizará la socialización de los resultados del proyecto de investigación a la comunidad universitaria y participantes externos asociados al sector público del sector eléctrico. En conjunto con el resto de proyectos de investigación se podrá plantear un seminario local que busque socializar los resultados actuales y las futuras investigación en el campo de las redes eléctricas inteligentes. Socialización en los medios de difusión propios de la UPS de los resultados de la investigación.

## 10. IMPACTOS DEL PROYECTO

Social:

- El impacto de mayor importancia es el social debido que este proyecto pretende dotar de herramientas a los usuarios para optimizar el consumo de energía en su residencia.

Académico-Tecnológico:

- Se generarán tres tesis de pregrado con el proyecto de investigación, tres estudiantes beneficiados con el término de su trabajo de grado.
- Se dispondrá de equipo de experimentación para medición inteligente y de telecomunicaciones para realizar pruebas de laboratorio, así como herramientas de conocimiento de las tecnologías actuales.

Científico:

- Construir las bases para futuros proyectos de investigación en medición inteligente en el área de Smart Grid-Smart Metering
- Fomentar las bases científicas y tecnológicas para crear la línea de investigación en redes eléctricas inteligentes.

Vinculación:

- El proyecto está orientado a conseguir convenio marco con instituciones públicas como el MEER a través del SIGDE, entidades público encargadas de administrar y gestionar el sector eléctrico ecuatoriano.
- Las publicaciones realizadas buscarán asociar a universidades a través de redes que realicen investigaciones en esta línea para intercambio de conocimientos y nuevas propuestas de investigación dentro de redes eléctricas inteligentes.

## 11. INFORMACIÓN DE COFINANCIADORES (en caso de que existieran)