

1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <b>Código:</b>                     | CIDII-060613  |
| <b>Centro de Investigación:</b>    | CENTRO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN EN INGENIERÍA  |
| <b>Programa:</b>                   | Telemática aplicada a las redes de energía  |
| <b>Título del Proyecto:</b>        | Integración de medidores inteligentes en un Smart Home  |
| <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>    | EDWIN MARCELO GARCIA TORRES   |
| <b>Proyectos Vinculados :</b>      | 1. Interoperabilidad entre medidores inteligentes de energía eléctrica residencial para el Distrito Metropolitano de Quito bajo las normas ANSI<br>2. ¿ Interoperabilidad entre medidores inteligentes de energía eléctrica |
| <b>Duración del Proyecto :</b>     | 12 Meses  |
| <b>Localización del Proyecto :</b> | Quito campus Kennedy  |
| <b>Fecha de ingreso :</b>          | 27/09/2013 18:26  |

## 2. ANTECEDENTES

El continuo avance tecnológico en relación a medir el consumo de energía eléctrica e integrar a los sistemas de distribución, comercialización, medición y facturación del servicio eléctrico que entregan las empresas distribuidoras de electricidad a sus clientes, ha llevado a la creación de las denominadas redes eléctricas inteligentes (Smart Grid en inglés), como una forma de gestión eficiente de la electricidad que utiliza la tecnología informática para optimizar la generación y la distribución de la electricidad.

Las nuevas políticas implementadas en nuestro país, como el denominado Plan Nacional del Buen Vivir, que es el instrumento al que se sujetan las políticas, programas y proyectos públicos, busca establecer los mecanismos y normativas necesarias que permita implementar un sistema moderno de gestión de la energía.

La tendencia a futuro es el de poder tener un sistema dinámico de energía eléctrica en el cual participen activamente tanto las empresas de generación, transmisión y distribución, como los clientes finales de la energía, por medio de una red eléctrica inteligente.

La infraestructura de medición avanzada AMI (Advanced Metering Infrastructure), incorpora al usuario final en la cadena de gestión de información. Esta nueva tecnología permite interactuar con el cliente, personalizando el servicio, con nuevas alternativas para acceder al servicio en condiciones de calidad, economía y a la medida del cliente; permite la lectura y gestión comercial remota de los clientes, utiliza tecnología de TI como canal de comunicación.

A menudo las redes eléctricas inteligentes son asociadas solo con el uso de medidores eléctricos inteligentes y una comunicación de la empresa de servicios públicos con el cliente, pero su alcance es más que eso, de hecho su implementación permitiría tener control sobre la demanda de la energía eléctrica, servicio prepago del consumo de energía, cortes y reconexiones instantáneas, entre otras ventajas.

Los medidores inteligentes es solo uno de los servicios que trae consigo las Smart Grid; una red de distribución inteligente debería traer consigo además la utilización de controles automáticos y sensores y debería poder permitir el almacenamiento de energía y generación distribuida [1].

Las empresas proveedoras de servicios básicos (agua, energía eléctrica y gas natural, principalmente) se enfrentan al problema común de tener que realizar mediciones manuales periódicas a sus clientes. Debido a las diferentes variables involucradas (miles de mediciones de consumo, clientes dispersos geográficamente, dificultad de acceso a los hogares, etc.) el proceso de medición y facturación es un problema complejo y costoso, desde el punto de vista computacional y económico. Además se hace cada vez más relevante el control del consumo del servicio de manera detallada, para brindar satisfacción al cliente y permitir planes de consumo con tarifas más atractivas.

Actualmente las empresas eléctricas realizan un proceso de medición manual del consumo de energía por medio de un técnico especializado una vez al mes, otras en cambio, aplican la tele-facturación del costo total del consumo de la energía.

Un efecto secundario del sistema actual de facturación es el hecho de que el proceso manual de medición puede producir errores en la medida del consumo, que se reflejan en una facturación incorrecta.

Desde el punto de vista de la empresa, el proceso de lectura de medidores involucra una gran cantidad de recursos humanos y tiempo que suponen un alto costo, ya que hay que contar con una plantilla de técnicos que se desplacen a los hogares y hagan las mediciones. Posteriormente, otros empleados deberán introducir de forma manual los datos de medición en el sistema de gestión y facturación de la empresa, lo que supone aún más gasto para la empresa, tiempo empleado y posibilidad de errores.

Para mejorar estos procesos, las empresas de servicios básicos están comenzando a implantar medidores inteligentes o smart meters en los hogares de los clientes. Los medidores inteligentes son dispositivos que recogen en tiempo real las mediciones de consumo y las envían por medio de comunicación inalámbrica a la empresa de distribución. Los datos de medición se cargan de forma automática en los sistemas de gestión de la empresa.

El grave problema que se presenta al implementar actualmente un sistema de medición inteligente, es el hecho de que los diferentes fabricantes de estos medidores manejan tecnologías propietarias que imposibilitan el poder obtener una interconexión de la información que receptan y envían estos medidores, ligando a los consumidores y a las empresas distribuidoras a trabajar globalmente con determinadas marcas. La posibilidad de lograr obtener la interoperabilidad entre las diferentes marcas de medidores, permitiría un mayor desarrollo del mercado de los medidores inteligentes, en búsqueda de brindar más y mejores servicios a los clientes, lo que traería beneficios tanto a las empresas de distribución como a los clientes.

Este tipo de sistemas que permiten manejar nuestro entorno de manera automatizada y recolectar datos automáticamente se encuadran en iniciativas como Smart Cities, Smart Houses o Smart Meters que definen cómo deben ser las ciudades, hogares y medidores inteligentes que se utilizan para controlar de forma automática diversos aspectos del entorno [2].

## 3. JUSTIFICACIÓN

Mediante el estudio de la interoperabilidad de medidores inteligentes de energía eléctrica residencial, se determinarán los protocolos de comunicación más adecuados y que se encuentran ofertados por los diferentes fabricantes, así como también el manejo e interpretación de datos en los que se basa la medición de cada uno de los medidores que existen actualmente en el mercado, de tal forma que permitan establecer el medio de

interconexión entre ellos para poder integrar su información. Para ello serán consideradas las normas ANSI sobre las cuales se rige su operación.

Las tecnologías disponibles involucran tres elementos: Un sistema de comunicación, el equipo de medida y el Software de gestión de medida. Los sistemas de comunicación comprenden diversas tecnologías como la radio frecuencia RFID (que utiliza el espectro radioeléctrico no licenciado 902-928Mhz), GPRS-3G, LTE-4G, CDMA-450, ZigBee, etc.

Son muchos y muy diversos los aspectos a considerar el momento de implementar un sistema de medición inteligente; entre los que se destacan: Medición prepago, transmisión de datos, propiedad del canal de comunicación, costo de comunicación, mantenimiento, antenas y equipos de comunicación, equipos adicionales en la red de distribución (concentradores, acopladores, amplificadores), automatización de la gestión comercial de los clientes (cortes y reconexión), control del vínculo cliente/red, control de pérdidas (detección de fraude, alarmas, análisis automático de tendencias, balances), integración con otros sistemas de información (técnico, comercial, calidad, gestión de daños), tecnologías maduras y probadas, soporte, infraestructura adicional para mantenimiento, comunicación bidireccional entre el medidor y la empresa en línea y la integrabilidad y escalabilidad de la plataforma. Sin duda que la posibilidad de obtener la interoperabilidad de los medidores eléctricos es también un aspecto muy importante a ser tomado en cuenta en el instante de implementar un sistema de medición inteligente.

En nuestro país ya se han dado los primeros pasos en la implementación de un sistema AMI (Infraestructura de Medición Avanzada), la Empresa Eléctrica de Guayaquil, con la colaboración de la empresa General Electric Energy, ha puesto en marcha un proyecto de medición inteligente que inició en el año 2012. El proyecto funciona mediante un sistema inteligente que conecta una red de medidores en un radio de dos kilómetros con un colector, a través de transmisión inalámbrica, y éste a su vez se comunica por fibra óptica con un centro de cómputo que recepta datos cada quince minutos.

El equipo de medición inteligente provee de información sobre su consumo al cliente domiciliario, comercial o industrial, para que pueda optimizar y racionalizar su energía. Aparte de las lecturas, con este tipo de medidores se pueden ordenar cortes, reconexiones o saber si se ha apagado, encendido o removido. Con estos equipos cada usuario podrá ingresar a la página web de la entidad y verificar el flujo de energía que ha tenido su medidor durante un día, semana o en el mes, con su código de cuenta y una contraseña.

Los medidores son desarrollados por una empresa norteamericana, cada uno de estos medidores tiene un coste de \$158, los industriales \$600 y un colector de \$3500, este cambio no ha tenido ningún costo para los clientes.

En síntesis el sistema implantado comienza en los domicilios donde el consumo de energía de cada hogar es capturado por el medidor. Este medidor tiene una tarjeta de comunicación en la que se almacena el consumo de energía de cada casa, la información es enviada al colector (concentrador) Gate keeper de forma inalámbrica.

El Gate keeper es un colector de datos que recibe la información cada 15 minutos de hasta 200 medidores. Este colector posee una antena que recepta la información del medidor y una memoria donde se almacena la información.

Por medio de fibra óptica los datos pasan del Gate keeper hasta el sistema principal; desde este sistema se puede verificar si algún cliente no está al día con su planilla y proceder a desconectarle el servicio de energía tan solo presionando un botón. Esta información es monitoreada por el departamento de Telemetría de la Empresa Eléctrica. En la figura 1 podemos esquematizar el sistema que se quiere implementar a futuro, el mismo que ya ha dado sus primeros pasos.

Figura. 1 Estructura de Comunicaciones AMI-RFID EN GUAYAQUIL-ECUADOR

Fuente: MEER-<http://www.energia.gob.ec>

Figura 2: Zonificación geográfica de las tecnologías AMI en Guayaquil-Ecuador

Fuente: MEER-<http://www.energia.gob.ec>

En la figura 2 podemos observar la zonificación geográfica del campo de aplicación de la Infraestructura Avanzada de Medición (AMI) para Guayaquil, el inicio de este plan dio lugar en el lado sur de la ciudad desde Puerto Azul hasta Chongón y por toda la vía a la costa. De este a oeste desde el Guasmo Este hasta Bastión Popular y un poco más allá por la vía a Daule y en el lado norte se delimita la zonificación a la altura de la vía perimetral.

La parte azul de la gráfica corresponde a los primeros 70000 clientes de la Empresa Eléctrica de Guayaquil donde los consumos por vivienda alcanzan los 800 kilovatios/hora mensuales y la parte roja corresponde a una segunda etapa del sistema.

Si bien es cierto que la Empresa Eléctrica de Guayaquil pretende implementar este sistema moderno de lectura inteligente en toda su zona de concesión, también es importante el considerar que es necesario el poseer la infraestructura necesaria en todas las zonas de aplicación, en especial en los barrios y parroquias menos atendidas y sobre todo capacitar y brindar asesoramiento sobre este moderno sistema a la población que reside en estos sectores. Uno de los principales problemas que se presenta en estos momentos, al implementar un sistema de medición inteligente del consumo de la energía eléctrica, es el hecho que a nivel de sistemas, las soluciones son propietarias. Si se llegara a romper este *¿candado¿*, se obtendría fácilmente una comunicación entre los medidores y la empresa distribuidora sin importar la marca del medidor, lo que evitaría el estar ligado a trabajar con una determinada marca o aplicar una nueva infraestructura de comunicación como lo RFID en

donde se requiere concentradores propios del fabricante para recolectar la información de los medidores inteligentes de energía eléctrica, todo esto se torna ineficiente bajo la necesidad de llegar a obtener una red eléctrica inteligente donde la eficiencia y la confiabilidad es lo más importante, sin descartar el impacto ambiental.

Es importante también considerar que tipo de medidor puede ser aplicado dependiendo de la zona en la cual va a operar dicho medidor, para las zonas rurales nos concentraremos en medidores que trabajan bajo el protocolo CDMA-450, y medidores con protocolo GPRS-3G para zonas urbanas, además de verificar las características necesarias para realizar cortes y reconexiones de forma manual y automática así como la opción de servicio a clientes prepago.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General

Establecer e implementar la interoperabilidad entre medidores inteligentes en Smart Home

### 4.2 Objetivos Especificos

- 1 Establecer la interoperabilidad entre medidores inteligentes de energía eléctrica para el sector residencial del DMQ, bajo la norma IEC.
- 2 Establecer la interoperabilidad entre medidores inteligentes de energía eléctrica para el sector residencial del DMQ, bajo la norma ANSI.
- 3 Implementar un sistema que enlace medidores de distintos fabricantes.

## 5. ESTADO DEL ARTE

### Medición Inteligente

No existe una definición universal del término ¿medidor inteligente¿ o smart meter, sin embargo típicamente se refiere a un medidor de estado sólido, pero que además de registrar mediciones horarias, presenta funcionalidades adicionales que son de utilidad tanto para la empresa distribuidora como para los usuarios. Por ejemplo, son capaces de comunicarse prácticamente en tiempo real con la empresa suministradora, modificar parámetros en forma remota, detectar fallas, monitorear calidad de servicio, habilitar herramientas de respuesta de demanda, generación distribuida, entre otras. A este tipo de medidores se les conoce también como medidores avanzados y junto con toda la red de comunicaciones y manejo de datos requerido, engloban un concepto conocido como AMI (Advanced Metering Infrastructure) [3].

Este tipo de medidores nace ante la necesidad de entregar señales a los clientes que les permitan modificar sus patrones de consumo, con el fin de optimizar el uso de los recursos, tanto en generación a nivel de costos y emisiones, y en las redes, minimizando las inversiones para abastecer las puntas de demanda del sistema mediante el aplanamiento de la curva de carga. Una síntesis de los beneficios que ofrecen estos sistemas son:

Los medidores no requieren ser leídos manualmente, los clientes pueden ser conectados y reconectados en forma remota, se puede limitar la potencia de suministro en forma remota, se puede detectar robo de energía, permite la optimización de redes y disminución de pérdidas técnicas, los consumidores disponen de mayor información sobre su consumo, los consumidores pueden responder ante estímulos de precio u otros incentivos, permiten la incorporación de micro generación o generación distribuida [4].

### Tipos de Comunicaciones Utilizados en los Medidores Eléctricos Inteligentes

En lo que se refiere a protocolos de comunicaciones, continúan predominando los protocolos propietarios sobre los estandarizados, debido a su orientación a la explotación de datos y capacidades de los medidores. De hecho, las compañías de electricidad continúan usando diversos medios y tecnologías para adquirir información de los medidores de los consumidores.

El medio de comunicación utilizado para obtener la información de medición es dictado no únicamente por el costo, sino por la aplicación que la compañía hace de la información. Si ésta es utilizada únicamente para propósitos de facturación, el radio móvil es suficiente. El manejo de energía de los grandes consumidores requiere de lecturas más frecuentes; esto requiere de otra tecnología de adquisición de datos. La combinación de más de un medio es común [5].

El IEEE ha creado varios estándares dentro de la familia de 802.x que se han adoptado para las comunicaciones de datos inalámbricas. Hoy vemos en oficinas y casas la implementación de redes de área local inalámbricas (WLAN) basadas en el estándar IEEE 802.11. La utilización de teléfonos celulares para transmisión de datos prueba que las redes inalámbricas son aplicables a un costo relativamente bajo.

ZigBee es un estándar que define un conjunto de protocolos para el armado de redes inalámbricas de corta distancia y baja velocidad de datos. Opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz y puede transferir datos hasta 250Kbps. Este estándar fue desarrollado por la Alianza ZigBee, que tiene a cientos de compañías desde fabricantes de semiconductores y desarrolladores de software a constructores de equipos OEM¿s e instaladores. Esta organización sin fines de lucro nace en el año 2002. Desarrolla un protocolo que adopta al estándar IEEE 802.15.4 para sus 2 primeras capas, es decir la capa física (PHY) y la subcapa de acceso al medio (MAC) y



agrega la capa de red y de aplicación.

La idea de usar una conexión inalámbrica para controlar sensores y adquirir datos tiene muchos años. Existen numerosas soluciones propietarias usadas en domótica pero el gran inconveniente que tienen es la incompatibilidad entre sensores, controles y equipos de procesamiento de datos que obliga a hacer pasarelas (gateways) para interconectar dispositivos de diferentes marcas [6].

El estándar ZigBee fue diseñado con las siguientes especificaciones: Ultra bajo consumo que permita usar equipos a batería, bajo costo de dispositivos y de instalación y mantenimiento de ellos, alcance corto (típico menor a 50 metros), optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1 % y una velocidad de transmisión menor que 250 kbps. Típica: menor que 20 kbps.

Existen muchos estándares que se pueden usar en redes de corto alcance tales como el 802.11 y Bluetooth. Cada uno de estos está desarrollado para una clase de aplicación determinada. ZigBee es un estándar muy utilizado en redes de sensores y actuadores que deban operar a batería [7].

Long Term Evolution (LTE) es el siguiente paso en los servicios de 3G celulares, que son utilizados también para la comunicación de medidores inteligentes. LTE es un estándar 3GPP que proporciona una velocidad de subida de hasta 50 megabits por segundo (Mbps) y una velocidad de bajada de hasta 100 Mbps. LTE proporciona muchos beneficios técnicos a las redes celulares como un ancho de banda escalable desde 1,25 MHz a 20 MHz. Esto se adapta a las necesidades de los diferentes operadores de red que tienen diferentes asignaciones de ancho de banda, y también permite a los operadores ofrecer diferentes servicios basados en el espectro. También LTE mejora la eficiencia espectral en redes 3G, permitiendo a las compañías ofrecer más servicios de datos y voz a través de un mejor ancho de banda determinado [8].

Otra de las tecnologías de comunicación utilizadas en el marco de las redes inteligentes es la denominada CDMA (Acceso Múltiple por División de Código), es una técnica de Acceso Múltiple que utiliza modulación de espectro ensanchado entre cada usuario, que es propietario de un único código expandido, con todos los usuarios compartiendo el mismo espectro, proporcionando una mejor relación costo beneficio, calidad de voz cristalina, privacidad, escalabilidad y flexibilidad en comparación con otras tecnologías, así como también es capaz de proporcionar servicios de valor agregado como mensajes de texto, correo electrónico y acceso a internet.

La tecnología CDMA utiliza códigos para realizar la conversión entre las señales de voz analógica y digital así como también emplea códigos para separar la voz de la información de control dentro de flujos de datos denominados canales.

La utilización de frecuencias bajas tiene como consecuencia una mayor propagación lo cual se traduce en un mayor área de cobertura permitiendo el empleo de menos estaciones base. Esta característica del uso de la frecuencia de 450 MHz sumada a las características ya descritas de la tecnología CDMA hacen de esta una muy buena solución para su empleo en telecomunicaciones rurales.

Además, posibilita una gran variedad de servicios de tercera generación (3G), tales como: Telefonía, voz IP, acceso a internet de banda ancha, PTT (push-to-talk), localización, MMS, televisión y muchos otros servicios de valor agregado [9].  
Tecnologías y Características de los Medidores Eléctricos Inteligentes

Una de las aplicaciones para la comunicación del medidor eléctrico con la empresa de distribución, es el denominado perfil de aplicación pública ZigBee Smart Energy que

permite la comunicación bidireccional entre la distribuidora y los consumidores de servicios públicos individuales. Para los servicios públicos de energía y los consumidores, ZigBee ofrece una solución rentable, tecnología interoperable que permite a todos los consumidores poder entender, controlar y reducir su consumo,

ahorrando así dinero y recursos. Útiles beneficios en el aumento de la gestión de la energía, funcionamiento eficiente y mejorar el servicio al cliente. Clientes residenciales

de servicios públicos se benefician de la energía adicional, la información, la automatización y la demanda equipada con pantallas en el hogar y herramientas de monitoreo [10].

Existen medidores que son totalmente compatibles con la norma ANSI C12.19 y C12.22, las cuales son normas para el almacenamiento, transporte y registro de datos a través de una red. Ofrecen un seguro y confiable sistema con estándares abiertos para la recopilación de datos y la comunicación entre el medidor y la red. Algunos vienen equipados de fábrica con un chip de radio ZigBee para proporcionar una vía que integra las comunicaciones en el hogar para la presentación de datos, control de carga y respuesta a la demanda.

La mayoría de los medidores eléctricos inteligentes proporcionan la capacidad de almacenamiento de datos de manera robusta lo cual permite soportar una variedad masiva de datos, así como el conjunto de características más avanzadas disponibles para apoyar las iniciativas de red inteligente. Al proporcionar plena comunicación de dos vías, opción de limitadores de carga de servicio remoto, de detección de interruptor, corte y manipulación, y capacidades remotas de actualización a través de la red, estos medidores otorgan múltiples ventajas a la hora de seleccionar la mejor opción. La mayoría de los medidores eléctricos inteligentes muy precisos (clase de precisión 0.2), disponen de una placa de circuito principal con una memoria volátil para almacenar el perfil, los registros de datos, y la lectura de datos. Poseen opciones de grabación que incluyen perfiles de intervalos de datos de instrumentación y de auto lectura. Esta memoria puede ser expandible dependiendo del grado de almacenamiento que se requiera.

### Concentradores de los Medidores Eléctricos Inteligentes

Un concentrador es el centro de comunicación diseñado para apoyar el despliegue de medidores inteligentes y la primera en abordar las cuestiones de interoperabilidad multi-proveedor y multi-dispositivo de la base. Algunos concentradores de comunicaciones ofrecen tanto para, GPRS WAN y ZigBee Smart Energy Profile 1.1 HAN una conectividad en un solo paquete integrado. Existen, concentradores que soportan el protocolo dual emergente de DLMS sobre Zigbee, asegurando que la interoperabilidad con una multitud de dispositivos habilitados Zigbee sea fácil de lograr.

El concentrador permite que varios minoristas y proveedores de energía puedan ofrecer sus servicios inteligentes en los hogares, ofreciendo transparencia para el consumidor en el precio de la energía y el uso, lo que les permite tomar decisiones más inteligentes sobre su consumo de energía. También permite que varios dispositivos que contribuyen al uso de energía en el hogar puedan ser controlados, mientras que también ofrece a los minoristas la oportunidad de proveer beneficios de valor agregado que aumentan la satisfacción del cliente.

Entre las ventajas de los concentradores tenemos: Actúa como un puente de comunicación, en apoyo a las conexiones HAN WAN y Smart Metering, conexiones entre medidores eléctricos, medidores de gas, pantallas en el hogar y otros dispositivos inteligentes de energía, seguridad total en la elección del proveedor y la interoperabilidad.

El concentrador recopila datos de medición procedentes de múltiples dispositivos y los informes de los datos históricos sobre el consumo de energía y datos relevantes al mismo, durante los períodos de menor actividad.

Los concentradores con conectividad WAN lo realizan con el apoyo de una radio GPRS cuatribanda. El concentrador utiliza protocolos IP estándar para las comunicaciones desde y hacia el Software de cabecera y, además, mensajes de SMS se utiliza para permitir peticiones de la empresa distribuidora y el concentrador. El proveedor de servicios de información primaria y red de itinerancia son configurables, permitiendo comunicaciones dondequiera que exista servicio disponible, el servicio GPRS, poseen una antena WAN interna, pero cuando es necesario un conector SMA sirve de apoyo con una antena externa opcional para instalaciones en áreas de cobertura celular pobres [11].

#### Norma IEEE P2030

La IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) es la organización que se encarga de la creación de estándares que permitan lograr obtener un mejor desarrollo en el campo de las redes eléctricas.

La IEEE establece sus normas a través de un riguroso proceso de concertación de desarrollo, aprobado por el American National Standards Institute (ANSI), que reúne a voluntarios que presentan variados puntos de vista e intereses para lograr el producto final.

La norma IEEE P2030 proporciona directrices para entender y definir la interoperabilidad de las redes inteligentes. La integración de la tecnología de la energía, de la tecnología de la información y la tecnología de las comunicaciones es necesaria para poder alcanzar un funcionamiento adecuado del sistema. Es la primera de todos los estándares IEEE que abarca la interoperabilidad de las redes eléctricas inteligentes proporcionando un plan de trabajo dirigido a establecer el marco para el desarrollo internacional de normas basadas en disciplinas técnicas transversales, en aplicaciones de energía y de cambio y control de la información a través de las comunicaciones.

La IEEE P2030 establece el modelo de referencia de interoperabilidad de redes inteligentes (SGIRM) y proporciona una base de conocimientos frente a la terminología, las características, el rendimiento funcional y criterios de evaluación, y la aplicación de principios de ingeniería para la interoperabilidad de la red inteligente. Un sistema de enfoque de sistemas para la interoperabilidad de redes inteligentes sentó las bases para la SGIRM como una herramienta de diseño que permite inherentemente la extensibilidad, escalabilidad y capacidad de actualización [12].

El 2030 SGIRM define tres perspectivas arquitectónicas integradas: sistemas de energía, la tecnología, las comunicaciones y la informática. Además, define las tablas de diseño y la clasificación de las características de flujo de datos necesarios para la interoperabilidad. Directrices para la interoperabilidad de redes inteligentes, los criterios de diseño, y las solicitudes de modelos de referencia se tratan con énfasis en la identificación de la interfaz, conexiones funcionales lógicas y los flujos de datos, comunicaciones y relaciones, gestión de la información digital, y el uso de la generación de energía.

Figura 3: Evolución de la interoperabilidad de redes inteligente.

Fuente: T. Basso and R. DeBlasio, ¿IEEE Smart Grid Series of Standards IEEE 2030 (Interoperability) and IEEE 1547 (Interconnection) Status,¿ Grid-Interop, pp. 5-8, 2011

Actualmente son tres las normas complementarias adicionales diseñadas para expandir el estándar base P2030.

IEEE P2030.1, Guía para la infraestructura de Generación y Transporte Eléctrico.

IEEE P2030.2, Guía para la interoperabilidad de los sistemas de almacenamiento de energía integrado con la infraestructura eléctrica.

IEEE P2030.3, Estándar de procedimientos de ensayos para el equipo de energía eléctrica y sistemas de energía eléctrica y aplicaciones de sistemas.

#### Normas ANSI y normas IEC

Las normas ANSI (American National Standards Institute) supervisan el desarrollo de productos, servicios y procedimientos. Estas normas son propuestas de forma voluntaria y consensual.

Las normas que son reguladas en el ANSI garantizan que las características y las prestaciones de los protocolos sean coherentes, que todos los fabricantes utilicen los mismos términos y definiciones y que los productos se ensayen de la misma forma en cualquier lugar.

Para el caso de las redes eléctricas inteligentes, se distinguen las siguientes normas ANSI:

ANSI C12.1 ¿ 2008.- Establece los criterios de rendimiento aceptables para los nuevos tipos de medidores de KV/h de corriente alterna, registros de la demanda, dispositivos de impulsos y dispositivos auxiliares. En él se describen los niveles aceptables de rendimiento en servicio de los contadores y dispositivos utilizado en medición de facturación.

ANSI C12.10 ¿ 2004.- Esta norma abarca los aspectos físicos de ambos medidores de vatios-hora conectadas desmontables e inferior y los registros asociados. Estos incluyen calificaciones, los arreglos del cableado interno, medidas pertinentes, marcas y otras especificaciones generales.

ANSI C12.18 ¿ 1996.- Detalles de los criterios necesarios para la comunicación entre un dispositivo C12.18 y C12.18 un cliente a través de un puerto óptico. El cliente C12.18 puede ser un lector de mano, un ordenador portátil, un sistema de estación maestra, o algún otro dispositivo de comunicaciones electrónicas.

ANSI C12.19 ¿ 1997.- Define una estructura de la tabla de datos de la aplicación de servicios públicos que se pasan entre un dispositivo final y un ordenador. No define los criterios de diseño de dispositivos ni especifica el idioma o el protocolo usado para transportar los datos. El propósito de las tablas es definir estructuras para el transporte de datos hacia y desde los dispositivos finales.

ANSI C12.20 ¿ 2002.- Establece los aspectos físicos y los criterios de rendimiento aceptables para medidores de electricidad clase de precisión de 0,2 y 0,5 que cumplen el teorema de Blondel.

ANSI C12.21 ¿ 1999.- Detalles de los criterios requeridos para las comunicaciones entre un dispositivo C12.21 y C12.21 un cliente a través de un módem conectado a la red telefónica conmutada. El cliente C12.21 podría ser un ordenador portátil o una laptop, un sistema de estación maestra o algún otro dispositivo de comunicaciones electrónicas.

ANSI C37.90.1 ¿ 2002.- Estándar Capacidad de resistencia contra sobretensiones IEEE (SWC). Pruebas de relés y sistemas de relés asociados a un aparato de Energía Eléctrica.

ANSI C62.41.1 ¿ 2002.- Guía de medio ambiente de sobretensiones en baja tensión (1000 V o menos) Circuitos de alimentación de corriente alterna. Este documento es una colección completa de la investigación y los datos relativos a los transitorios, los niveles de energía, los rayos, las tasas de incidencia, bases de datos relacionadas, etc. En él se esbozan las definiciones, sobretensiones temporales (TOV), mapas isokeraunic y aborda las limitaciones físicas debido al cebado de las autorizaciones histórico.

ANSI C62.45 -2002.- Guía IEEE sobre las pruebas contra sobretensiones para equipos conectados a circuitos de baja tensión de alimentación de CA.

La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), que fue fundada en 1906, es la organización líder a nivel mundial encargada de preparar y publicar Normas Internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y afines. Estas actividades se conocen en su conjunto como ¿electrotecnología¿.

La IEC ofrece una plataforma para empresas, sectores industriales y gobiernos que les permite reunirse, discutir y desarrollar las Normas Internacionales que necesitan.

Todas las Normas Internacionales IEC se crean por consenso y representan las necesidades de las partes implicadas clave de cada nación que participa en el trabajo de la IEC. Cada país miembro, sin importar su tamaño, tiene voz y voto respecto a lo que se incluye en una Norma Internacional IEC

Las normas IEC aplicadas para los sistemas de redes eléctricas inteligentes son las siguientes:

IEC 62053-23.- Equipos de medición de energía eléctrica (CA), requisitos específicos, Partes 23: Contadores estáticos de energía reactiva (clase 2 y 3). Sólo se aplica a medidores inteligentes recién fabricados, estáticas de clases de precisión 2 y 3, para la medición de corriente alterna de energía eléctrica reactiva en 50 Hz o 60 Hz redes y se aplica a los ensayos de tipo solamente. Por motivos prácticos, esta norma se basa en una definición convencional de energía reactiva para corrientes y voltajes sinusoidales que contienen la frecuencia fundamental solamente.

IEC 61107.- Antes llamado IEC 1107, es un documento estándar internacional que describe un protocolo informático ampliamente usada para leer los contadores de servicios públicos en la Unión Europea. El IEC considera que ser sustituida por la norma IEC 62056, pero sigue siendo de uso generalizado, ya que es simple y bien aceptado.

IEC 62056-21.- Intercambio de datos local directa (edición 3D de IEC 61107) describe cómo utilizar COSEM en un puerto local (bucle óptico o corriente).

IEC61334.- IEC 61334 es un estándar para las comunicaciones de línea eléctrica fiables de baja velocidad de medidores de electricidad, medidores de agua y SCADA. Intercambio de datos local directa (edición 3D de IEC 61107) describe cómo utilizar COSEM en un puerto local (bucle óptico o corriente).

IEC 61968-9.- IEC 61968 es una serie de normas en fase de desarrollo, que definirá las normas para el intercambio de información entre los sistemas de distribución eléctrica.

IEC 60529:1991.- Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). Corresponde a la clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes de los equipos eléctricos con una tensión nominal no superior a 72,5 kV. Tiene el estatus de una publicación básica de seguridad de acuerdo con la Guía IEC 104.

IEC 62052-11.- Requisitos para los puesta en funcionamiento el equipo (AC) General), pruebas y condiciones de ensayo.



## 6. METODOLOGÍA

Para realizar este estudio se plantea la utilización del método histórico descriptivo que permitirá recolectar la información científica de las experiencias adquiridas en proyectos diversos a nivel mundial con carácter de científico, a continuación se aplicará el método deductivo que de los datos generales ya validados científicamente y que me permitan llegar a conclusiones de tipo particular, posteriormente usaré el método inductivo que partirá de la información recabada y se llegará a conclusiones generales y mediante un método experimental en base a ensayos con medidores inteligentes se podrán tomar resultados de la interoperabilidad de equipos de diferentes fabricantes.

Para el caso del método deductivo y mediante métodos cualitativos, se desarrollará un estudio detallado de las características técnicas de cada uno de los medidores eléctricos inteligentes existentes actualmente en el mercado. Para ello se solicitará fichas técnicas y manuales de funcionamiento de los medidores a las diferentes empresas comercializadoras y todo lo relevante a obtener información sobre estos equipos.

El estudio de los diferentes protocolos de comunicación desarrollados hasta la actualidad, que permitan crear una interfaz de comunicación entre las diferentes marcas de medidores, también serán fundamentales para llegar a obtener información relevante. Para este fin nos regiremos a las normas internacionales (ANSI) que regulan el desarrollo de estas tecnologías.

Las experiencias de la empresa o empresas que ya han iniciado la implementación de una medición inteligente en nuestro país, también serán muy importantes en la obtención de la mayor información posible, de tal forma que se tengan mayores argumentos de información y conocimiento de esta iniciativa.

Por otra parte se analizarán mediante métodos cualitativos el impacto en la empresa de distribución y en los consumidores del servicio eléctrico, en términos de problemáticas habituales en la adopción, percepción social de la empresa por parte de los empleados y usuarios y la satisfacción de los mismos, sobre la implementación de un sistema de medición inteligente. Estos datos se podrán tener como base en la implantación en otras empresas y cómo catálogo de los obstáculos más habituales al implementar medidores eléctricos inteligentes. Las técnicas cualitativas sugeridas son las siguientes:

Un estudio de casos de empresas que han implantado redes de medidores inteligentes y experiencias de especialistas en el tema que nos permitan conocer la problemática que se ha llegado a experimentar en relación al manejo de la información que proporcionan las diferentes marcas de medidores. Se estudiará la manera de poder lograr la interoperabilidad de estos medidores en base a la normativa vigente, la cobertura del área de aplicación y la tecnología disponible.

Un estudio de cada uno de los medidores eléctricos existentes en el mercado, sus características técnicas, funcionamiento y lenguaje de comunicación que nos permitan recabar la información subjetiva necesaria, para la implementación de un sistema o medio de interoperabilidad entre ellos. También se analizarán las posibles opiniones negativas que pudieran tener la integración de estos sistemas, como por ejemplo, su percepción sobre estar continuamente monitorizados, los aspectos económicos que esto conlleva y la reacción de los usuarios a las soluciones posibles que se plantean.

En cuanto a la estrategia de integración de las técnicas cuantitativas y cualitativas, se utilizará una estrategia de triangulación concurrente, con aproximadamente el mismo peso para la evaluación cuantitativa y cualitativa. Es decir, las técnicas cuantitativas se realizarán al mismo tiempo que las cualitativas y tendrán el mismo valor de cara a las conclusiones a obtener en el informe final.

### Figura. 4 Variables de Investigación

Para garantizar la calidad del método de investigación se plantean varias estrategias conocidas, concretamente se diferenciarán entre las estrategias orientadas a asegurar el rigor en los métodos cuantitativos y en los cualitativos. A continuación se exponen las potencialidades y limitaciones del método empleado:

Potencialidades del método empleado:

La existencia de un decreto-ley que impulsa la adopción de la tecnología de Smart Meters favorece la recepción del estudio por la Administración Pública y las empresas de servicios, facilitando la realización de estudios de casos entre empresas y usuarios finales. También un receptor de este informe podrían ser las Administraciones Públicas, para favorecer y fomentar la regulación de este tipo de sistemas. La utilización de técnicas cualitativas aumenta la relevancia del estudio.

Principales limitaciones del método empleado:

Las técnicas empleadas requieren de más recursos económicos que otro tipo de métodos de recogidas de datos. No obstante, al ser un proyecto de investigación, el coste del estudio puede ser asumido por la universidad.

La ponderación del resultado final (equitativamente entre las mediciones cualitativas y cuantitativas) no sigue un proceso puramente científico, sino que depende de la importancia que el investigador asigne a cada elemento.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

[1] P. de Heredia and A. A. V. Saborío, ¿IE¿0502 Proyecto Eléctrico.¿

[2] J. A. González, J. Gamarra, J. Á. Sosa, and J. Alarcón, ¿Diseño de Investigación de implantación de Smart Meters.¿



- [3] Krzysztof Iniewski, "Smart Grid Infrastructure & Networking", McGraw-Hill Companies, Inc, Copyright 2013.
- [4] H. Peña, ¿SEMINARIO DE REDES IN¿IGENTES.¿
- [5] J. Zapata, G. Vidrio, J. Gómez, and R. Mijárez, ¿Medición de la energía eléctrica bajo esquemas de libre mercado,¿ Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas, Cuernavaca, Mor.(México), 2001.
- [6] Quentin Wells, "Smart Grid Home", Delmar, Cengage Learning, 2012.
- [7] Nick Hunn, "Essentials of Short-Range Wireless Cambridge Wireless Essentials Series", Cambridge University Press 2010.
- [8] Stefania Sesia, Issam Toufik, "LTE-the UMTS long term evolution: from theory to practice ", Matthew Baker, 2nd ed. p.cm.
- [9] M. Barut, O. Caycho, P. Ligarda, J. Sanz, and R. Cotera, ¿Design of a Rural Telecommunications Network, CDMA 450MHz, for Populations in the Basins of the Rivers Paruro, Apurimac and Acomayo.¿
- [10] P. Kinney, ¿Zigbee technology: Wireless control that simply works,¿ 2003, vol. 2.
- [11] David Boswarthick, Omar Elloumi, Olivier Hersent, "M2M Communications A Systems Approach", First published 2012.
- [12] T. Basso and R. DeBlasio, ¿IEEE Smart Grid Series of Standards IEEE 2030 (Interoperability) and IEEE 1547 (Interconnection) Status,¿ Grid-Interop, pp. 5¿8, 2011.

## 8. RESULTADOS ESPERADOS

1. La interoperabilidad entre medidores inteligentes de energía eléctrica residencial para el DMQ, pretende lograr la interconexión de los medidores inteligentes de energía eléctrica disponibles en el mercado, de tal manera que permitan ampliar su campo de aplicación con el fin de poder implementarla en la mayoría de los consumidores, logrando un mejor registro y facturación del verdadero consumo energético, además de proponer una solución clara para la interoperabilidad, la misma que permita disponer medidores inteligentes de diferente marcas fabricantes que libere el mercado actual de la medición inteligente.
2. Desarrollar dos de trabajo de grado para el desarrollo de la investigación.
3. Se generará un documento científico que avale la investigación realizada y enviada a publicación en revista indexada.

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

De los resultados obtenidos en la investigación dar a conocer a las instituciones del Estado como: MEER-SIGDE, el aporte científico, generando un medio de vinculación entre la universidad y el Estado.  
 Socialización en la UPS en los diferentes medios de difusión de los resultados de la investigación.  
 En seminario dirigidos a la comunidad universitaria a través de conferencias magistrales de los resultados del proyecto de 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-Científico:

- Se beneficiarán 2 estudiantes al desarrollarán tesis de pregrado con el proyecto de investigación.
- Mediante la adquisición de equipos se generarán pruebas y prácticas de laboratorio incrementando el conocimiento científico tecnológicos de los investigadores, estudiantes y público externo a la universidad.

Vinculación:

- Al ser un tema de interés nacional se realizarán convenios con instituciones encargadas de administrar y gestionar el sector eléctrico ecuatoriano como son: como MEER - SIGDE.

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

