

Impacto de la Medición de Energía Inteligente en la ciudad de Querétaro - piloto el Marquez

SANCHEZ-ROJO, Rubén†, ZAPATA-PERUSQUIA, Raúl, SANTIAGO-ZARAGOZA, María de Lourdes & ESCORZA-SANCHEZ, Marysol

Universidad Tecnológica del Valle del Mezquital. Carr. Ixmiquilpan-Capula Km. 4, Col. El Nith. C.P. 42300 Ixmiquilpan, Hgo.

Recibido 6 de Abril, 2015; Aceptado 4 de Junio, 2015

Resumen

El presente proyecto describe la obtención de una patente adquirida como resultado de la invención de un dispositivo (hardware) y creación de software especializado que tiene la finalidad de recolectar y almacenar información en una Unidad Concentradora de Datos (UCD) de diversos medidores de energía eléctrica del tipo AMI a través de sistemas de comunicación inalámbricos tales como: red Mesh, Wi-Fi, PLC, celular, radio y frecuencia. Esta infraestructura permite como prueba piloto actualmente en el Marquez de la ciudad de Querétaro realizar el acceso a los datos de cada uno de estos medidores de energía en tiempo real de manera remota y geo referenciada por medio de un software especializado API desarrollado en lenguaje C, que los presenta de manera gráfica en una HMI (web ProtCloud). La información generada permite detectar y disminuir los diversos fraudes en el consumo de electricidad a las que son expuestas las compañías de distribución de energía y contribuye a la toma de decisiones de las mismas.

SmartGrid, SmartMetering, UCD

Abstract

This project describes the preparation of a patent acquired as a result of the invention of a device (hardware environment) and creation of specialized software that has the purpose to collect and store information in a Data Concentrator Unit (UCD) of various energy meters electric AMI type. This, through wireless communication systems such as Mesh, Wi-Fi, PLC, cellular, radio frequency, etc. Network. This infrastructure now allows Marquez in Queretaro City to perform data access each of these energy meters in real time remotely and geo-referenced apoyadose specialized software developed in C language API, which presents these data graphically in a HMI (web ProtCloud). The information generated to detect and reduce fraud various electricity consumption that are exposed to the power distribution companies and contributes to decision making thereof.

SmartGrid, SmartMetering, UCD

Citación: SANCHEZ-ROJO, Rubén, ZAPATA-PERUSQUIA, Raúl, SANTIAGO-ZARAGOZA, María de Lourdes & ESCORZA-SANCHEZ, Marysol. Impacto de la Medición de Energía Inteligente en la ciudad de Querétaro - piloto el Marquez. Revista de Tecnología e Innovación 2015, 2-3:595-604

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Estado del arte

El sector global de la energía está viviendo en los últimos años una auténtica revolución en todas partes del mundo por lo que cada vez se incorporan y aprovechan a las tecnologías de información e infraestructura de redes para evitar las pérdidas que erosionan las compañías energéticas por el mal manejo de los usuarios en sus medidores de luz y anomalías diversas presentadas^{1,7,9}. De esta manera, como parte de la investigación preliminar se analizaron las características de las tecnologías existentes que realizan lecturas en medidores de energía eléctrica de las cuales se cuentan con patentes con la intención de dar referencia de alto grado de innovación que presenta la infraestructura de hardware y software creada como parte del presente proyecto.

La información que se presenta a continuación fue extraída del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (2014) en la consulta de documentos de patentes recuperados de la base de datos SIGA³, de la base de datos PatFT de Estados Unidos (USPTO)⁴, Oficina europea de patentes^{2,5} y Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI / WIPO)⁶

La patente US20040083066 obtenida el 29 de Abril de 2004 constituye un método individual de medición del uso de energía eléctrica para el seguimiento de gases de efecto invernadero reducida utilizando medidor de potencia eléctrica a distancia.

A diferencia de nuestro UDC, no cuenta con un sistema operativo basado en Linux, tampoco tiene un sistema geo-referenciado. Por otra parte no dispone de un sistema de poleo que interroge a los medidores del tipo AMI y carece de sistema de comunicaciones ZigBee, FO, 3G, PLC.

La empresa China Zodicom Limited desarrolla y comercializa el UDC modelo ZM6380 que tiene la finalidad de poder recolectar información de medidores inteligentes AMI utiliza solamente un sistema operativo Linux 2.6 y realiza la recolección de datos a través de PLC, puerto LAN, RS232 y opcionalmente por GSM/GPRS.

La patente 6687258 B1 (Telecommunications system with a switching facility and a data concentrator for providing access to the internet) reporta un sistema de comunicación para internet con intercambio de paquetes de datos y una unidad concentradora de datos (UDC), pero su propósito es más destinado a el almacenamiento de direcciones de IP para internet. Por lo que se puede observar que la principal limitante de la patente 6687258 es que no que almacena datos de lecturas de medidores de energía eléctrica, solo direcciones IP.

La patente 5852658A (Remote Meter Reading System) incluye un sistema para la monitorización remota automática y la grabación de las lecturas del medidor de utilidad, que comprende un lector de medidor electrónico (EMR) para acumular los recuentos de lecturas de una pluralidad de contadores de servicios públicos, un concentrador de datos que recoge recuentos de lecturas acumulados de la EMR, una interfaz telefónica para la colocación de un primera llamada de datos de la EMR para el concentrador de datos a través de una línea telefónica disponible, un ordenador de facturación conectado al concentrador de datos, y un módem para la colocación de una segunda llamada de datos incluyendo los recuentos de lecturas acumulados desde el concentrador de datos al ordenador de facturación utilizando teléfono estándar servicio.

El EMR conecta a tres líneas telefónicas, y determina si cada una de la pluralidad de las líneas telefónicas está disponible para realizar una llamada de datos. El concentrador de datos envía los datos de configuración de la EMR en la conclusión de una llamada de datos.

Se puede notar que la patente 5852658A no ofrece comunicación por fibra óptica, por PLC, ni 3G, tampoco contiene un software para gestión de información como el propuesto para el UCD de nuestro proyecto.

Por otra parte, la patente 5896097A tiene un sistema que proporciona una manera de utilizar un único canal de RF en un sistema de lectura de celular con el fin de evitar la interferencia del concentrador de célula adyacente mientras se reduce el tiempo total requerido para llevar a cabo las tareas repetitivas tales como: lectura del medidor y la realización de encuesta de carga. Sin embargo, no incluye diversas formas de poder comunicarse como lo puede ser PLC, fibra óptica y celular entre otros y no cuenta con aplicaciones en Linux que permitan realizar el poleo de datos de los medidores asignados.

Con respecto a la patente No. 5892758 (Concentrated Subscriber Wirelees Remote Telemetry System) se reporta un sistema de medición remota basado en dispositivos de comunicación inalámbrica que obtienen lecturas de parámetros eléctricos y realizan acciones de control en tiempo real. El sistema se integra por un controlador central, una unidad de comunicación remota inalámbrica y por una unidad de medición de parámetros eléctricos con comunicación a través de la red eléctrica (como las utilizadas por la tecnología CEBUS). Es aplicable en las empresas de servicio eléctrico para transmitir remotamente información de consumos y de condiciones de falla del servicio eléctrico de usuarios residenciales y comerciales.

La unidad de medición obtiene la información de los parámetros eléctricos y los transmite por la red eléctrica a la unidad de comunicación inalámbrica, la cual a su vez los envía al concentrador central por su propio medio. Este sistema incluye capacidades de comunicación a través de medios inalámbricos y la red eléctrica.

La patente anterior presenta ciertas desventajas entre ellas es que no ofrece una plataforma robusta y fiable para la comunicación entre los medidores inteligentes, Head-end y MDMS (sistemas de gestión de datos de medición) en el centro de control.

La patente número 5459459 (Methods and apparatus for transmitting data from an energy meter) reporta un sistema de medición y transmisión de datos de medidores de energía eléctrica relacionados con el consumo de energía, tiempo de uso y perfiles de carga. Se integra por medidores electrónicos como elementos de medición y registro de datos de consumo, por una unidad de comunicación basada en un micro controlador que incluye un MODEM PLC con tecnología CEBUS y un puerto óptico y por un dispositivo lector de datos (computadora portátil o terminal de mano lector de datos). El sistema mide consumos de usuarios y genera su correspondiente perfil de carga en cronológico. Se accede a esta información desde una terminal de mano o una computadora portátil la cual realiza la concentración de datos de todos los medidores, la unidad de comunicación detecta únicamente interrupciones de energía y con base en ello realiza la detención de las transferencias de información y almacenamiento en memoria no volátil de los datos y parámetros de operación relevantes. La lectura de datos de medición se realiza desde una computadora que es un equipo de propósito general configurada como lector y concentrador de datos.

Sin embargo, no cuenta fibra óptica para transmisión de datos, tarjeta de comunicación para red mesh, 3G, PLC, tampoco permite la comunicación por radio frecuencia.

Se observa que aunque existen productos tecnológicos en el mercado que realizan lecturas a medidores de energía y son similares, ninguno posee las características de innovación descritas en este trabajo.

Antecedentes

Este proyecto de investigación surge como parte de una estancia académica con vinculación con la empresa Protecsa Ingeniería⁸ ubicada en la ciudad de Querétaro que es punta de lanza en el desarrollo tecnológico de medidores de energía eléctrica tipo AMI. En ella se están ejecutando los diversos procesos que realizan la lectura a medidores de energía eléctrica de manera remota y geo referenciada y que hasta el día de hoy continúan en funcionamiento en el Márquez, Qro., para la entrega final de la factura de consumo a cada uno de los usuarios del servicio.

Marco Teorico

Una Unidad Concentradora de Datos (UCD) tiene la finalidad de recolectar y almacenar diversas variables de datos explotados directamente del medidor de energía eléctrica tipo AMI de manera remota y a través de redes inalámbricas de comunicación del tipo mesh, sin la necesidad de tener en sitio físico a personal que realice éste tipo de mediciones de una manera manual.

Problemática

Hoy en día compañías de energía a nivel nacional y mundial están apostando a desarrollos tecnológicos que den solución a problemas que eviten la pérdida de ingresos por fraudes ocasionados por los usuarios del servicio específicamente en procesos de medición y facturación de consumos de energía eléctrica de establecimientos comerciales, casas habitación y residenciales^{6,7}.

Son cada vez más los usuarios que hacen uso ilícito de este servicio lo que repercute en la calidad de éste en los suministros de energía eléctrica conectados al mismo transformador. Lo anterior, puede adicionalmente provocar pérdidas materiales a causa de algún incendio en el inmueble del infractor, inclusive en la zona cercana; así como pérdidas de millones de pesos anuales a las compañías distribuidoras de energía y quejas de terceros (usuarios del servicio eléctrico que son afectados).

Los crecientes desarrollos en tecnologías de la información dirigidos a campos de comunicaciones inalámbricas (Mesh, Wimax, Wi-Fi, celular, etc) y trabajo en la nube (cloud computing) entre otros están permitiendo integrar soluciones de hardware y software que en conjunto brindan aplicaciones integrales a la medida de las necesidades que demandan éste tipo de compañías que brindan el servicio de electricidad.

El objetivo del presente proyecto fue crear software especializado para realizar la lectura y almacenamiento de variables de medición en medidores de energía eléctrica de tipo AMI de manera remota y geo referenciado en tiempo real a través de aplicación HMI (web ProtCloud).

Con la finalidad de detectar y disminuir los diversos fraudes en el consumo de electricidad a los que son expuestas las compañías de distribución de energía mediante una Unidad Concentradora de Datos (UCD).

Justificación.

En este proyecto se empleó una Unidad Concentradora de Datos debido a las siguientes ventajas: 1) poder detectar fraudes de energía mediante la recolección de información de los medidores de energía eléctrica en tiempo real; 2) tener la ubicación geo referenciada de cada medidor por secciones, zonas y estados para poder activar/desactivar la energía de cualquier domicilio al momento que este genere algún adeudo; y 3) detectar diversas anomalías que suceden en el momento de que los usuarios las generan (por ejemplo: inversión de medidor, uso de diablitos, detección de cambios no habituales de consumo, demanda máxima, reducción de consumo). Todo esto gracias a la configuración de alarmas de niveles de consumo que se disparan cuando existe un desbalance de energía fuera del consumo habitual.

En este proyecto la Unidad Concentradora de Datos realiza la recolección de los mismos a través de una red Mesh y una PLC con comunicación y transmisión de datos a la central a través de fibra óptica 3G.

Adicionalmente como valor agregado dentro de la UCD se incluye un software que permite realizar el poleo constante de cada uno de los medidores que son integrados a cada UCD. La función principal de este software es permitir visualizar a través de un navegador web la información recolectada de cada uno de los medidores de energía eléctrica de una manera gráfica y en tiempo real, lo que permite tomar decisiones de una manera rápida y efectiva.

También brinda la geo referenciación de cada uno de los medidores, permite la lectura remota de variables de estado y valores de consumo energético.

Otras de las ventajas de la UCD empleada en este trabajo son 1) poder controlar los medidores inteligentes a través de diversas formas de comunicación como: líneas eléctricas y / o redes de radiofrecuencia, 2) la retroalimentación de información del medidor que se puede transmitir a través de redes Ethernet/fibra/BPL/3G al sitio central lo que hace fácil el establecimiento de la red para la gestión remota de contadores y vigilancia y 3) la capacidad de ser geo referenciado y visualizado por medio de un navegador web.

Metodología

La metodología técnica que se empleó para el desarrollo de la aplicación es prototipos. El trabajo inició en el mes de julio de 2013 y concluyó en febrero de 2015.

Se utilizaron los modelos de regresión AR Y MA Metodología Box-Jenkins mostrados en la imagen 1.

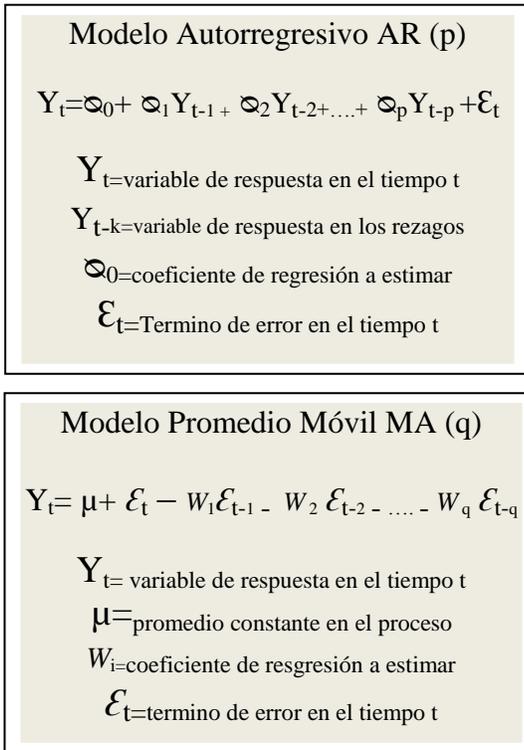


Figura 1 Modelos de regresión AR Y MA Metodología

Así como también, se emplearon métodos de predicción de la demanda de energía eléctrica comparando consumos históricos del proyecto piloto, modelo matemático de Predicción Single and Multiple Step-Ahead Prediction (SSP-Estático (imagen 2), MSP-Dinámico (imagen 3)), uso de Metodologías Box-Jenkins (ARIMA) y RNA/AE-FS-EPNet/DEM.

| Pronóstico | Entradas |
|------------|-----------------------------|
| Y_{t+1} | X_t, X_{t-1}, X_{t-2} |
| Y_{t+2} | X_{t+1}, X_t, X_{t-1} |
| Y_{t+3} | X_{t+2}, X_{t+1}, X_t |
| Y_{t+4} | $X_{t+3}, X_{t+2}, X_{t-1}$ |

Tabla 1 Pronóstico dentro de la Muestra

| Pronóstico | Entradas |
|------------|-----------------------------|
| Y_{t+1} | X_t, X_{t-1}, X_{t-2} |
| Y_{t+2} | X_{t+1}, X_t, X_{t-1} |
| Y_{t+3} | X_{t+2}, X_{t+1}, X_t |
| Y_{t+4} | $X_{t+3}, X_{t+2}, X_{t-1}$ |

Tabla 2 Pronóstico fuera de la Muestra –Datos desconocidos Múltiple Step-Ahead Prediction (MSP) Pronóstico Dinámico

Por otra parte, se utilizó un modelo de redes neuronales que permite el cálculo dinámico del consumo de energía eléctrica por cada usuario. La arquitectura de predicción fue diseñada mediante red neuronal artificial inspirada en métodos de resolución problemas que permite una mayor precisión bajo el principio de un algoritmo genérico que determina el consumo eléctrico.

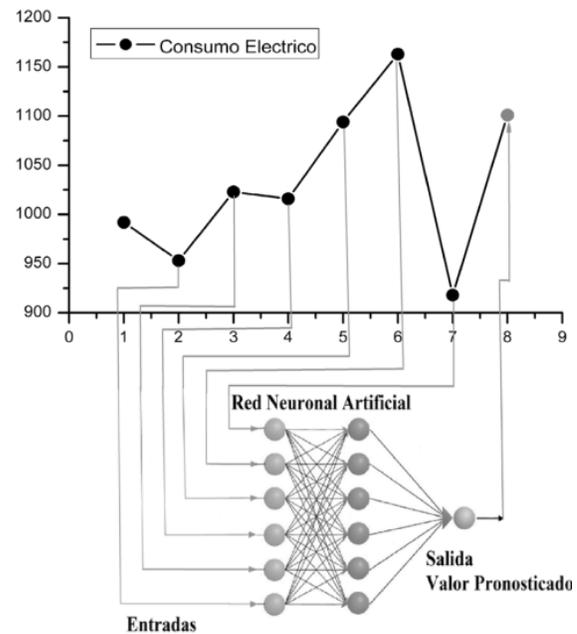


Gráfico 1 Red Neuronal Artificial.

Los Modelos ARIMA (o Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil George Box y Gwilym Jenkins) de la Red Neuronal Artificial no involucran variables explicativas en su construcción y hacen uso de la información de la misma serie para generar pronósticos.

El Modelo ARIMA depende en gran medida el patrón de autocorrelación en los datos.

Se empleó el lenguaje de programación C para el desarrollo de la API y la HMI fue desarrollada en el lenguaje de programación PHP.

Resultados

Se tienen instalados 600 medidores de energía eléctrica y 6 UCD que envían la información a través de radios de comunicación a la central principal. La información generada permite detectar y disminuir los diversos fraudes en el consumo de electricidad.

Derivado de este proyecto, está en proceso de transición el registro de la patente de la que ya se iniciaron los trámites correspondientes.



Figura 2 Instalación de medidores en el Marquez, Querétaro.

Dentro de la invención podemos encontrar los siguientes elementos de los cuales se compone el UCD: recinto IP66 con conectores apretados, soporte para celular, Ethernet, fibra o MV BPL, RF en 800-990Mhz, Soporte LV BPL / NPL, Wi-Fi, RS-485 o ZigBee para comunicarse con medidores, Soporte Linux OS con VPN, SSL.

Las características de innovación de la invención incluyen:

a.-El API desarrollado en lenguaje C y que reside dentro de la UCD cuya función es realizar la comunicación entre la unidad concentradora de datos y cada uno de los medidores de energía eléctrica (poleo) asignados a cada UCD.

Durante el poleo de datos de cada uno de los medidores la API obtiene las lecturas de diversas variables de datos importantes tales como: consumo, energía activa, energía reactiva, posición, localización, alarmas de fraude, tarifa actual, detección de black-outs o estado de la red. Estos datos se almacenan en la memoria de la UCD para posteriormente ser explotados (procesados).



Figura 3 Programa para poleo de datos de medidores a través del UCD.

b.- La georeferencia de cada una de las UCD y su visualización gráfica mediante un navegador web. Así como también de sus medidores de energía eléctrica asociados a cada una.



Figura 4 Pantalla de ubicación geo referenciada de medidores de energía eléctrica.

c.- La detección de fraudes de energía se realiza a través del UCD y la API. Se tiene la capacidad de identificar anomalías en tiempo real tales como: retiro o inversión de medidor, instalación de diablitos, tomas clandestinas, pérdidas de energía por parte de cada uno de los medidores de energía eléctrica instalados en casa-habitación, zonas residenciales o locales comerciales. También se puede detectar cambios no habituales de consumo que afectan el balance de energía a través de un medidor virtual, la medición del ramal o cualquier otro dispositivo instalado en los circuitos de alimentación general a las zonas a medir. Lo que permite conocer la demanda máxima y reducción de consumo.

d.- La integración y gestión de los activos de la red de distribución: seccionadores, restauradores, transformadores e interruptores.

e.- La interrogación de cada uno de los medidores de energía eléctrica de manera remota y el almacenamiento de los datos dentro de la UCD.

f. La HMI que tiene la finalidad de presentar de una manera gráfica toda la información recolectada de cada uno de los medidores y almacenarla en una base de datos.

Con esta HMI se podría tener la capacidad de poder geo referenciar a cada una de las UCD instaladas en cada país, estados o municipios con sus respectivos medidores asignados a cada.



Figura 5 Pantalla principal de HMI (web ProtCloud).

g.- Actualización de manera remota del firmware (componente electrónico) de los medidores de energía eléctrica a través de la UCD.

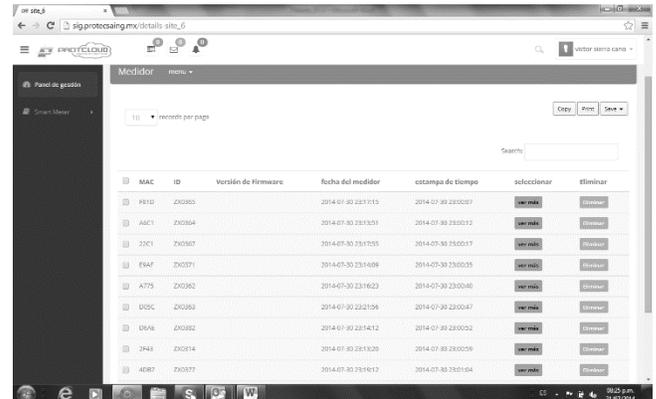


Figura 6 Pantalla de despliegue de medidores asignados a UCD.

La infraestructura creada en este proyecto incluye:

Una Unidad Concentradora de Datos (DCU-8620) que como ya se menciono recolecta información de cada uno de los medidores que son asignados a cada UCD, estos valores son accedados a través de un programa software que realiza el poleo continuo y en tiempo real de cada uno de los medidores, para posteriormente ser almacenados en memoria de almacenamiento secundaria del UCD.

Posteriormente a través de otro programa de software los datos son enviados al servidor de aplicaciones y almacenados en la base de datos para ser procesados por un HMI, que es una herramienta de software que tiene la capacidad de poder representar en forma gráfica y de manera amigable cada uno de los datos recolectados de los medidores relacionados a cada UCD.

El DCU-8620 es un concentrador de datos el cual ofrece una plataforma robusta y fiable para la comunicación entre los medidores inteligentes, Head-end y MDMS (sistemas de gestión de datos de medición) en el centro de control. El DCU puede controlar los medidores inteligentes a través de diversas formas comunicación, como la líneas eléctricas y / o redes de Radiofrecuencia. A demás la retroalimentación de información del medidor se puede transmitir a través de redes Ethernet/Fibra/BPL/3G al sitio central, lo que hace fácil el establecimiento de la red para la gestión remota de contadores y vigilancia.

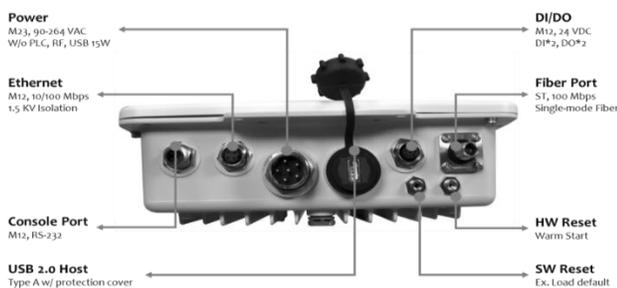


Figura 7 Vista inferior UCD.

El UCD tiene las siguientes características técnicas:

- Robusto, recinto IP66 con conectores apretados
- Soporte de Celular, Ethernet, Fibra o MV BPL para comunicarse con Head-end.
- Soporte LV BPL / NPL, Wi-Fi, RS-485 o ZigBee para comunicarse con medidores
- Soporte Linux OS con VPN, SSL
- -30 A 70 ° C de temperatura de funcionamiento para ambiente hostil

La comunicación Meter la realiza mediante Ethernet LAN: Auto-detección 10/100Mbps x 1, conector M12, con 1,5 KV protección de aislamiento magnético. LV BPLC (opcional): Base DS2 NPLC (opcional): Base G3 ZigBee (opcional): cumplimiento 802.15.4.

La comunicación WAN se establece a través de cable Ethernet (opcional): Modo o multimodo de fibra individual Con base DS2: MV BPLC (opcional) 3G (opcional): GSM / GPRS / UMTS

La UCD también tiene niveles de potencia donde el rango de entrada es de 90-264 VAC y frecuencia de 50/60Hz \pm 5%, incluye una batería de reserva con tarjeta de copia de seguridad durante 5 minutos.

Conclusiones

El sistema de infraestructura obtenida posee una tecnología de medición avanzada que actualmente permite la detección del uso indebido de la energía eléctrica mejorando la economía, seguridad y eficiencia de la misma.

Referencias

CNN (2014). México pierde 29,000 mdp por robo de luz. Disponible en <http://www.cnnexpansion.com/economia/2014/08/20/mexico-pierde-29000-mdp-por-robo-de-luz>.

Espacenet (2014). Oficina Española de Patentes y marcas. Acceso libre a 80 millones de documentos de patentes de todo el mundo disponible en http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folleto/Espacenet/EPO_espacenet/EPO_espacenet.html.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Documentos de patentes recuperado de la base de datos siga. Bases de datos de consulta disponible en <http://siga.impi.gob.mx>.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Bases de datos de otras oficinas de patentes de propiedad industrial. Estados Unidos (USPTO). Documentos de patentes recuperados desde la base de datos PatFT: Patents (uspto) disponible en <http://patft.uspto.gov/>.

5. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Bases de datos de otras oficinas de patentes de propiedad industrial. Oficina europea de patentes (oep / epo). Documentos de patentes recuperados desde la base de datos espacenet disponible en <https://www.epo.org/searching/free/espacenet.html>.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI / WIPO) Documentos de patentes recuperados desde la base de datos de Solicitudes PCT (Patent Scope) disponible en <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf>

Noticieros.televisa (2015). CFE pierde 14% de energía eléctrica por robos y fallas. Disponible en: <http://noticieros.televisa.com/mexico/1503/cfe-pierde-14-energia-electrica-robos-fallas/>.

Protecsa Ingeniería (2015). Disponible en: <http://protecsaing.mx/>.

Secretaría de energía (2013). Estrategía Nacional de Energía 2013-2027. Disponible en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2013/ENE_2013-2027.pdf.