

DESARROLLO DE SISTEMA PARA INTEROPERABILIDAD DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS EN PROYECTO DE RED INTELIGENTE CON APOORTE DE FUENTES RENOVABLES. PRIER - ARMSTRONG (SANTA FE, ARGENTINA)

**Mg. Ing. Marcos Politi, Téc. Alex Cruz, Téc. Cristian Acosta, Lic. José Luis González,
Dr. Ing. Héctor Laiz**

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, INTI
Energías Renovables – Av. Gral. Paz 5445 – Buenos Aires
Tel. 4724-6200– e-mail: mpoliti@inti.gob.ar

Recibido 10/08/18, aceptado 24/09/18

RESUMEN: Este trabajo describe una posible solución cuando en una misma red eléctrica inteligente se opera bajo distintos estándares de comunicación, y/o bajo dispositivos multimarca, los cuáles hacen imposible una integración de las mediciones realizados en una misma plataforma de una manera armónica y ordenada, lo cual permitiría a un software inteligente, que trabaje en un plano superior predecir y de esta manera actuar frente al comportamiento de los usuarios de la red, en base al aprendizaje de la información recopilada anteriormente. La utilización de tecnología conocida como Internet de las cosas, hace proclive el poder virar desde una red inteligente que sólo reporta datos a una que en base al análisis de todos los datos que llegan a ella pueda auto administrarse. Para la topología de red eléctrica y la distribución de los puntos de medición, en la localidad de Armstrong, Santa Fé, se ha podido verificar que la tecnología *LoRa*, es correcta para implementar en una red propia de medición, respetando las distancias máximas de comunicación, con la posibilidad, además, de integrar todos los datos de medición, dentro de una misma plataforma de información.

Palabras clave: energía solar, energía renovable, solar fotovoltaica, inversores, redes eléctricas inteligentes, internet de las cosas.

INTRODUCCION

El sector eléctrico en los últimos años está experimentando cambios sustanciales que están provocando un replanteo del sistema y de sus infraestructuras a nivel global. Las razones que están impulsando este cambio son múltiples, e incluyen consideraciones tanto a nivel local como global, de entre las cuales podemos destacar aquí algunas de ellas: la necesidad estratégica de diversificación en las fuentes de energía, el creciente desarrollo de las fuentes de energía renovables, los cambios en las necesidades de consumo energético del usuario, y el aumento de los niveles de calidad exigidos en la energía que llega al cliente

Este contexto genera una coexistencia, cada vez mayor, entre la generación convencional y la generación distribuida, conocida en inglés como Recursos Energéticos distribuidos (REDs).

Las consideraciones anteriores han traído como consecuencia un aumento de la complejidad en la gestión del sistema eléctrico, sobre todo en las áreas de distribución, donde el planteamiento de un modelo pasivo de consumo energético está dando paso a un aumento de la penetración de REDs y de la existencia de flujos de energía bidireccionales.

De hecho, esta tendencia se espera que vaya en aumento en los próximos años, y demanda que el sistema evolucione a un modelo activo, mucho más inteligente, conocido como *Smart Grid*, o Red Eléctrica Inteligente (REI), la cual está compuesta por distintos componentes eléctricos y electrónicos, que en la Guía AEA 92559 (Asociación Electrotécnica Argentina, 2017) en Argentina, la define como “la conjunción de la red eléctrica tradicional con tecnologías modernas de la información y comunicación, que permite integrar datos provenientes de los distintos puntos de la cadena eléctrica, desde el generador hasta el usuario final; y transformarlos en información y acciones que lleven a una

mejora en su gestión. Su objetivo es elevar la eficiencia, confiabilidad, sustentabilidad, calidad de servicio y producto, para hacer frente a los nuevos desafíos de múltiples generadores diversos y estilos de consumo.”

Analizando frase a frase podemos observar la necesidad de la Internet de las cosas y todos sus conocimientos relacionados aplicados para la administración de la red.

Una red inteligente, según AEA 92559, permite integrar datos, de aquí se puede desprender necesidades de procesamiento de grandes cantidades de datos, *big data*.

En una red inteligente, según AEA 92559, es necesario obtener datos medidos, provenientes de los distintos puntos de la cadena eléctrica, para ellos es necesario contar con dispositivos adaptados para esta función, pero sobre todo habla de dispositivos distribuidos en la red, *IoT* propiamente dicho.

Para finalmente, en una red inteligente según AEA 92559, poder transformar estos datos en información y acciones que lleven a una mejora en su gestión, orientándose claramente a la necesidad de la autogestión de la red, o *machine learning*.

Las consideraciones anteriores han traído como consecuencia un aumento de la complejidad en la gestión del sistema eléctrico, sobre todo en las áreas de distribución, donde el planteamiento de un modelo pasivo de consumo energético está dando paso a un aumento de la penetración de REDs y de la existencia de flujos de energía bidireccionales.

En esta nueva REI, el control de la interconexión eléctrica en el punto de conexión (PC) entre los equipos REDs, las cargas y la red adquiere un papel fundamental (Rafael Real-Calvo et al., 2017).

Para ello será necesario que este equipamiento satisfaga las nuevas necesidades, que en muchos casos van más allá de la propia electrónica de potencia. Y es en este escenario donde los Dispositivos Electrónicos Inteligentes cobran un valor fundamental, integrando los requisitos energéticos de una comunidad o ciudad, con las bondades y funcionalidades de los sistemas electrónicos existentes en el mercado.

Para el diseño de un dispositivo electrónico Inteligente (DEI), es necesario en muchos casos sistemas embebidos en microcontroladores y/o microprocesadores capaces de poder manejar datos, y con gran capacidad de procesamiento, capaces además de poder comunicarse a distancias lejanas desde los puntos de toma de muestra y control de dicho dispositivo.

Pero más allá de las prestaciones que sean necesarias para este DEI, es necesario respetar ciertas características de los mismos, para poder satisfacer a los retos de la tecnología (Rafael Real-Calvo et al., 2017).

Estos son:

- i. Interacción en tiempo real entre el equipo y las entidades remotas de gestión del sistema, así como con diferentes entidades que estén dentro del área de distribución.
- ii. Determinismo temporal en las comunicaciones y marcación temporal en los datos.
- iii. Especificaciones de respuesta temporal adecuadas para la monitorización de parámetros y para las acciones de protección, utilizando el contexto normativo en vigor.
- iv. Multifuncionalidad, para poder operar en diferentes ámbitos, en calidad de suministro, en protección, o ambas simultáneamente.
- v. Modularidad, al tener que integrarse en un conjunto de equipos muy heterogéneo.

En la Argentina, existen proyectos pilotos donde se estudian las REIs, sus aplicaciones y beneficios, existe en Armstrong, Santa Fé uno de ellos, allí habitan actualmente alrededor de 11.000 personas los cuales conforman un mercado eléctrico de aproximadamente 4000 usuarios, se encuentran instalados en la red 1000 medidores inteligentes de cuatro distintas marcas, las cuales tienen distribuidores en Argentina, dando lugar a una red eléctrica monitoreada inteligente.

Las tecnologías de energías renovables, que inyectan su energía en esta red, son solar fotovoltaica y eólica de baja potencia, dentro de solar fotovoltaica se tiene instalada una planta de 200 kW y cincuenta instalaciones de techo de 1,5 kW, todo esto conectado a través de un sistema eléctrico que permite por medio de medidores bidireccionales inteligentes el control, supervisión y el monitoreo a distancia de las instalaciones.

El sistema fotovoltaico (SFV) en los techos inyecta su energía generada directamente a la red de baja tensión (BT), y esta inyección es controlada a través de un medidor de energía inteligente, pero la red inteligente permite su monitoreo y control sólo hasta el medidor inteligente, dejando al inversor fotovoltaico afuera de la misma, dado que se encuentran aguas abajo del mismo.

En este proyecto piloto Nacional, se compraron inversores fotovoltaicos de distintas marcas, para poder analizar de esta manera la interoperabilidad de los mismos en la red, accediendo a ellos y modificando los parámetros correspondientes, se tiene la posibilidad de mejorar valores de calidad de energía del sistema, entre otros, y por ende mejorar el sistema energético en la localidad de Armstrong.

Al día de hoy eso es imposible debido a que no existe una plataforma general que permita acceder a los mismos de manera remota, sino que debe hacerse conectándose a la red *WiFi* que cada uno de ellos ofrece en funcionamiento en modo Server, lo cual hace que sea imposible poder configurarlos a todos de manera automática.

Pero existe otro puerto del inversor fotovoltaico que es accesible, el mismo es el puerto Ethernet a través del protocolo *Modbus*, a través de él se puede acceder a los inversores fotovoltaicos con el mismo funcionando como esclavo, de esta manera es posible acceder a sus registros, incluso al de todos los inversores conectados en la red, y modificar a gusto, a través de una plataforma única que integre todas las marcas de inversores.

RED INTELIGENTE.

La IEEE define a la red inteligente como un sistema de sistemas donde detallan

- ✓ Capa de potencia y energía.
- ✓ Capa de comunicaciones.
- ✓ Capa informática.

La capa de potencia y energía es la capa donde se produce el despacho de energía, en algunas de las tecnologías coincide con la capa de comunicaciones, llevando los datos a una frecuencia de portadora mucho mayor que los 50 Hz.

En tanto la capa de comunicaciones e informática, son las capas donde se define al flujo de datos producto de mediciones, comandos, alarmas, estados, señalizaciones u otro tipo de variables que viajan desde y hacia cualquiera de los dispositivos o elementos que componen a la red eléctrica inteligente.

Las comunicaciones son la columna vertebral de una REI. Éstas juegan un papel fundamental, permitiendo a los diversos equipos distribuidos conectarse con los centros de gestión de la información.

Respecto al tipo de comunicaciones a la actualidad existen las siguientes

- ✓ Telefonía móvil: *GSM (2G)*, *GPRS/EDGE (2,5G)*, *UTMS (3G)*, *WiMax(4G)*, *LTGE (4G)*.
- ✓ Telefonía fija.
- ✓ RF 2,4 GHz de Corto Alcance: *ZigBee*, *Bluetooth*, soluciones propietarias.
- ✓ Onda Portadora: PLC (Power Line Carrier Communication).
- ✓ *WiFi*.
- ✓ Enlace por RF Soluciones propietarias.
- ✓ Fibra Óptica: Multi-modo, mono-modo.
- ✓ Satelital: *LEO (Orbita baja)* *GEO (Geoestacionario)*

Cada una de ellas ofrece prestaciones diferenciadas las cuales se pueden apreciar en la siguiente Figura.

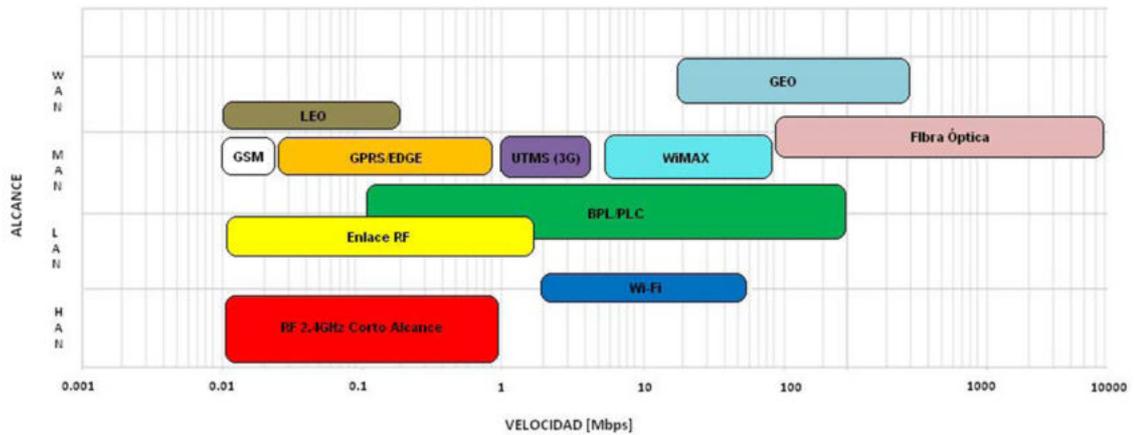


Figura 1: Relación entre alcance y velocidad por tecnología en REIs. [1]

En los últimos años, la elección de las distintas tecnologías de comunicación aplicadas a una REI, presentó la siguiente distribución.

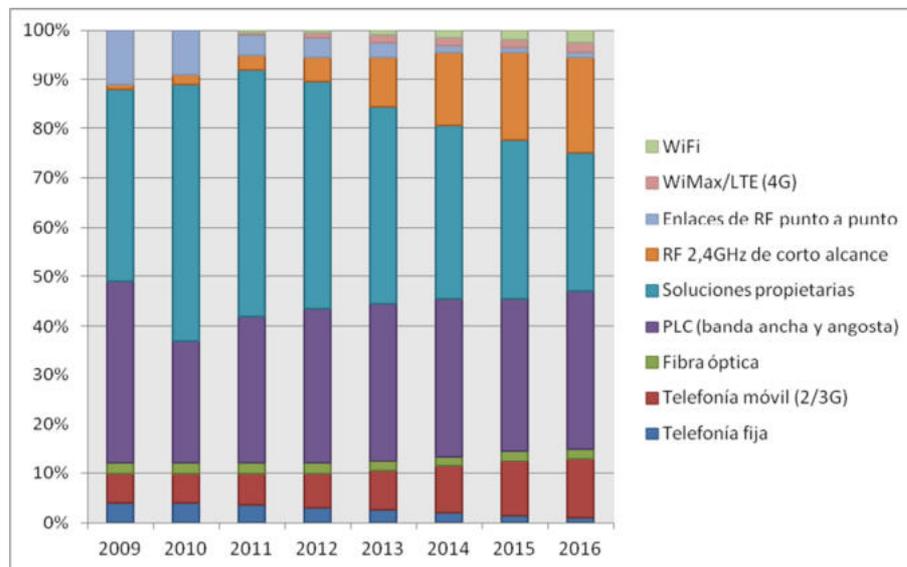


Figura 2: Elección por tecnología en REIs. [1]

LPWAN.

Por otro lado, existen tecnologías más nuevas las cuales son más apropiadas para implementaciones en control y monitoreo inalámbrico en REIs.

La arquitectura de automatización de energía actual se desarrolló en base a estándares para satisfacer los requisitos particulares de la generación centralizada y sistemas de transmisión. Con la rápida integración de recursos energéticos distribuidos, el diseño actual no puede cumplir requisitos de los cambios rápidos que están sucediendo en la demanda.

Mientras tanto, los usuarios finales no tienen la experiencia requerida para operar y mantener sistemas tan complicados.

Para superar esta barrera, red de área amplia de baja potencia (*LPWAN*) es una nueva solución en el contexto de un avance inalámbrico en el sector de comunicación. A diferencia de *WiFi* y *ZigBee*, *LPWAN* habilita conexiones inalámbricas masivas que cubren largas distancias con un mínimo consumo de energía y mantenimiento.

Dos representantes de las tecnologías de *LPWAN* son el Internet de las cosas de banda estrecha (*NB-IoT*) y *Long Range (LoRa)* tecnología.

El *NB-IoT* es heredado de la comunicación celular, y funciona a la perfección el sistema global existente para móvil (*GSM*) y la evolución a largo plazo (*LTE*) redes en bandas de frecuencia con licencia. En muchas telecomunicaciones los operadores han estado trabajando ambiciosamente en tejer juntos Redes de Internet de las cosas (*IoT*) basadas en *NB-IoT*.

A diferencia de la tecnología *LoRa*, esta opera en la banda de frecuencia sin licencia, por lo que los usuarios finales pueden construir *gateways LoRa* similares a los enrutadores *WiFi* en una casa. Por lo tanto, la tecnología *LoRa* es perfecta para las regiones periféricas sin cobertura de red celular, o para establecer redes privadas con requisitos específicos de calidad y seguridad (Wixted AJ et al., 2016).

LPWAN representa una nueva tendencia en la evolución de las tecnologías de *IoT*.

A diferencia de 3G / 4G o *WiFi*, estos sistemas no se enfocan en habilitar altas velocidades de datos por dispositivo o minimizando la latencia. Más bien, la métrica de rendimiento definidas para *LPWAN* son eficiencia energética, escalabilidad, y cobertura.

Muchos jugadores de *LPWAN* han venido al mercado, con los dos jugadores más ampliamente aceptados siendo el *LoRa* y Tecnologías *NB-IoT*.

TECNOLOGÍA LORA.

La tecnología *LoRa*, desarrollada por Semtech, es la más utilizada tecnología para *LPWAN* en la banda sin licencia sub-GHz. Debido a la utilización de bandas sin licencia, la red *LoRa* está abierta a los clientes que carecen de autorización de los reguladores de radiofrecuencia. Como resultado, la red *LoRa* es fácil de implementar en un rango de más de varios kilómetros, y atiende a clientes con una inversión mínima y costos de mantenimiento.

La máxima pérdida de acoplamiento para la modulación *LoRa* alcanza valores altos, desde 148 dB-20 dB, estos valores son mayores que el de las comunicaciones existentes sub-GHz, esto es vital para extender la distancia de cobertura a kilómetros y aumentar capacidad de la red.

La modulación *LoRa* presenta seis factores de expansión que mejoran el *Adaptive Data Rate (ADR)*, lo cual permite que *LoRa* controle la velocidad de datos y la potencia de transmisión del dispositivo, de modo que use menos tiempo de transmisión y menos energía para transmitir la misma cantidad de

datos. Esto no solo es beneficioso para el consumo de energía del dispositivo, sino que también optimiza el espectro. Esta característica permite múltiples diferentes señales de propagación para ser transmitidas al mismo tiempo en el mismo canal de frecuencia.

En este entorno, la especificación de la tecnología *LoRa* ha definido tres modos de diferentes ventanas de recepción de datos para diferentes escenarios de aplicación.

Además, la tecnología *LoRa* admite el cifrado de datos para garantizar la seguridad del canal mediante pares de claves cifradas AES-128. Hasta ahora, la tecnología *LoRa* ha sido probada en 56 países en demostraciones sobre medidores inteligentes, seguimiento del tráfico, redes eléctricas inteligentes, dispositivos inteligentes, y cuidado de la salud inteligente.

En los Países Bajos, la empresa que trabaja como operador de telecomunicaciones holandés, KPN, ha desplegado una red *LoRa* que cubre todo el país, como tiene SK Telecom en Corea. Además, una Alianza *LoRa* con más de 300 miembros está colaborando para definir un estándar global abierto para conectividad *LPWAN* segura y de grado de operador que representa las diferentes capas de un ecosistema, desde conjuntos de chips, módulos, dispositivos, y puertas de enlace a la red y servidores de aplicaciones (Yonghua Song et al., 2017).

Los dispositivos que forman parte de los sistemas de generación distribuida de energía suelen estar geográficamente dispersos, haciendo que las tecnologías *IoT* como *ZigBee* y *WiFi* sean difíciles de usar. Bajo tales escenarios, *LPWAN* se convierte en la alternativa a utilizar.

La capa de transmisión *LPWAN* establece canales inalámbricos entre los dispositivos finales y la plataforma en la nube. En los distritos periféricos sin cobertura celular, la red *LoRa* es la elección práctica, ya que forma una topología estrella alrededor de dispositivos finales que son servidos por una estación base única (BU), una BU de *LoRa* que está configurada en una subestación en una zona rural se comunica con fotovoltaica distribuida, por ejemplo.

SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución propuesta consiste en diseñar y confeccionar un sistema compuesto por un equipo *master* y distintos equipos *slaves* distribuidos en la ciudad, que formarán parte de una gran red de radiofrecuencia (RF) en Armstrong, Santa Fe, esta red, permitirá establecer la comunicación entre los distintos dispositivos, independizándose de la conectividad a internet.

Los equipos denominados *slaves* se conectarán a los inversores fotovoltaicos a través de su puerto RJ-45, y se comunicarán a él, utilizando el protocolo *Modbus*, los mismos se encontrarán en los techos de las casas que sean poseedoras de instalaciones fotovoltaicas domiciliarias, a una distancia cercana de los inversores CC-CA.

Por otro lado, se deberá instalar un equipo concentrador y administrador de datos, que funcione como *Gateway*, uniendo las dos redes existentes en Armstrong, una de internet, y la otra de RF generada por dispositivos específicos para esta funcionalidad, este equipo, denominado equipo *master*, se colocará en la cooperativa aguardando la llegada de los datos de los *slaves* colocados en distintos puntos de la ciudad.

Este sistema formado por el *master* y los distintos *slaves*, generará las distintas comunicaciones que permitirán tomar control de los distintos inversores multimarca instalados en la ciudad, conociendo donde se encuentran ubicados los registros correspondientes a las magnitudes que deseamos conocer, enviándoles los comandos correspondientes para su configuración correspondiente a cada modo de uso, dependiendo de las necesidades eléctricas de la Cooperativa, ya sea para estudio o para mejorar la performance de la red eléctrica.

Para poder realizar el control de los mismos es necesario poder contar con un equipo que permita un alcance mayor y con posibilidad de poder armar una red en la ciudad, para lo cual se propone utilizar *LoRa*, como red de RF, conectado al microcontrolador, que se ubicará en las cercanías del inversor

fotovoltaico, por medio de *UART* o *SPI*. De esta manera se concibe a un equipo *slave* que hacia la red de la ciudad se conectara a través de *LoRa* y hacia el inversor a través del puerto *Ethernet* utilizando el protocolo *Modbus*.

Ambos tipos de equipo, el *master* y los *slaves* tendrán cada uno, un dispositivo de comunicaciones *LoRa*, de la firma *Semtech*, el mismo posee características que lo hacen ideal para este tipo de comunicaciones, permitiendo alcances de hasta 3 km.

Para poder procesar los datos, los equipos *master* y *slaves* cuentan además del dispositivo de *Semtech*, con un microcontrolador Atmel Cortex M0 de 32 bits, más una interfaz de comunicación *Ethernet*, dicha interfaz *Ethernet* es utilizada en los dispositivos *slaves* para comunicarse por protocolo *Modbus* al inversor, y en el dispositivo *master*, para poder comunicarse a un switch cercano, realizando la subida de datos a través de Internet mediante el protocolo *MQTT* (*Message Queuing Telemetry Transport*), a una plataforma abierta, en este caso, *Ubidots*.

Los equipos *slaves*, se encontrará ubicado dentro de una caja de característica IP65, con una antena hacia su exterior, alimentado por una batería de Ion-Litio de 4.2 V, mientras que el *master* podrá ser conectado a la red de distribución local, con las adecuaciones de tensiones necesarias para tal fin.

El esquema gráfico del sistema a implementar es el que se detalla a continuación, los equipos *slaves* y *master*, se pueden encontrar distanciados en Armstrong a no más de 200 m, dada la topología de la ciudad.

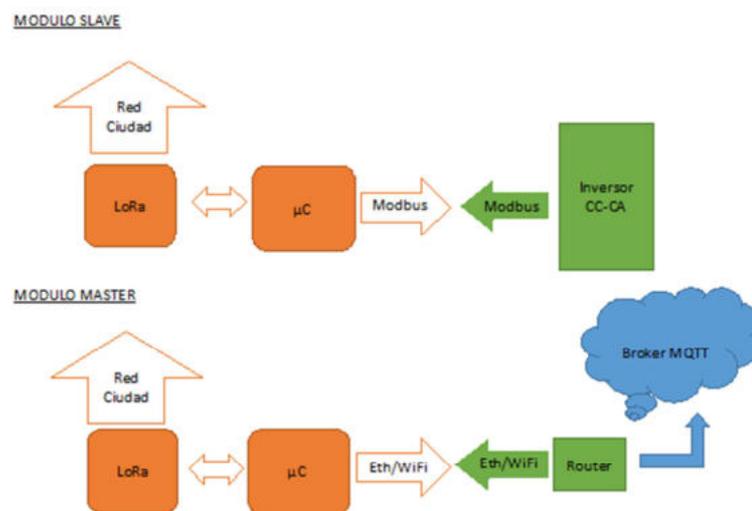


Figura 3: Esquemático de la solución propuesta en hardware.

PRUEBAS REALIZADAS

El primer paso dentro de la implementación de la solución propuesta, fue establecer cuál era el alcance del equipo *LoRa*, con la peor configuración para la comunicación, es decir a nivel del piso, y sin antena potenciada, para tal fin, se programó en un entorno de desarrollo gratuita, uno de ellos transmisor, y otro de ellos receptor, el equipo receptor fue siendo desplazado por el interior del Parque tecnológico Migueletes hasta perder la comunicación, esto se realizó varias veces para establecer desde distintos puntos la máxima distancia de conexión, en la peor condición posible. De esta experiencia, se pudo verificar que la máxima comunicación se dio a aproximadamente 409 m.

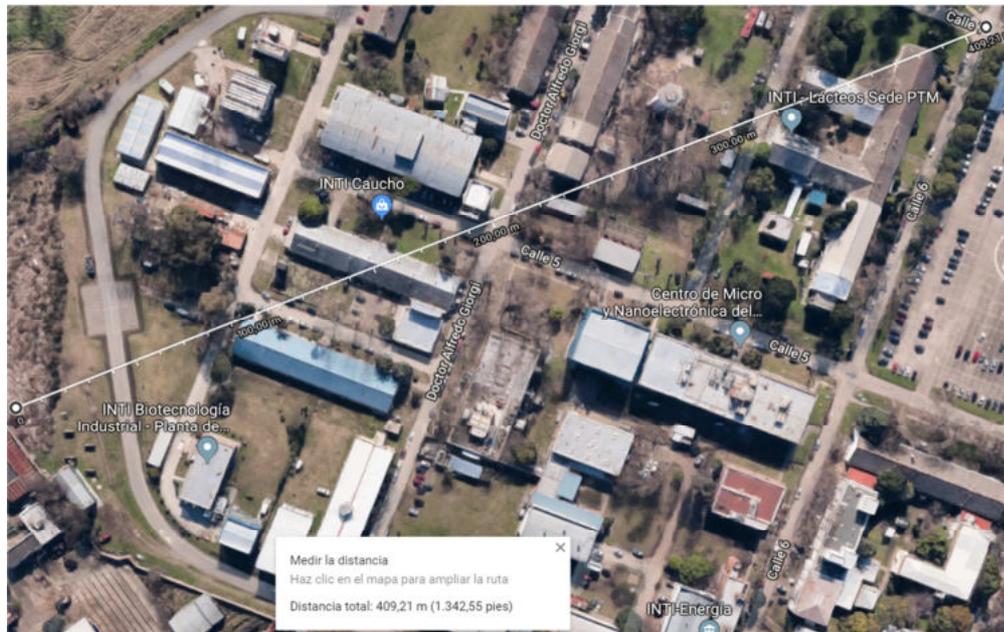


Figura 4: Captura de maps.google.com.ar indicando distancia de alcance y relieve.

En la misma se simulo un envío por parte de uno de los *slaves* de un valor de corriente equivalente a 8.4 A, el mismo fue enviado con dirección destino, *master*.

El protocolo de comunicación base implementado, fue el siguiente:

<SOLICITUD_ENVIO> <ID_DESTINO> <MAGNITUD> <VALOR> <ID_REMITENTE >

Estos valores son irradiados a la atmosfera a la espera de ser tomado por un equipo receptor, si el equipo receptor, no es a quien debe llegar el paquete de datos, simplemente lo replica a la red, hasta que el paquete llegue a destino y ya no vuelva a irradiarse, cuando un paquete es irradiado, los distintos *slaves* deben permanecer en estado de latencia a la espera del arribo de datos, este sistema emula el conocido CSMA/CD, (*Carrier sense multiple access with collision detection*) utilizado en redes LAN,

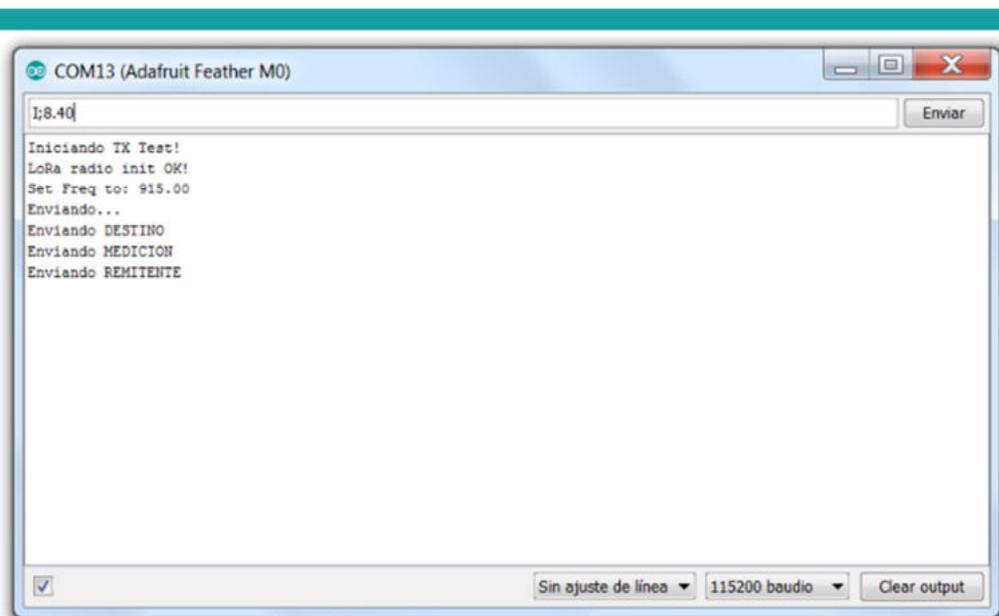


Figura 5: Captura de pantalla de emulador de TX.

Por otra parte, el receptor quien se desplazaba por el parque iba recopilando datos hasta encontrar un punto máximo donde no fue posible desplazarse más consiguiendo establecer una comunicación.

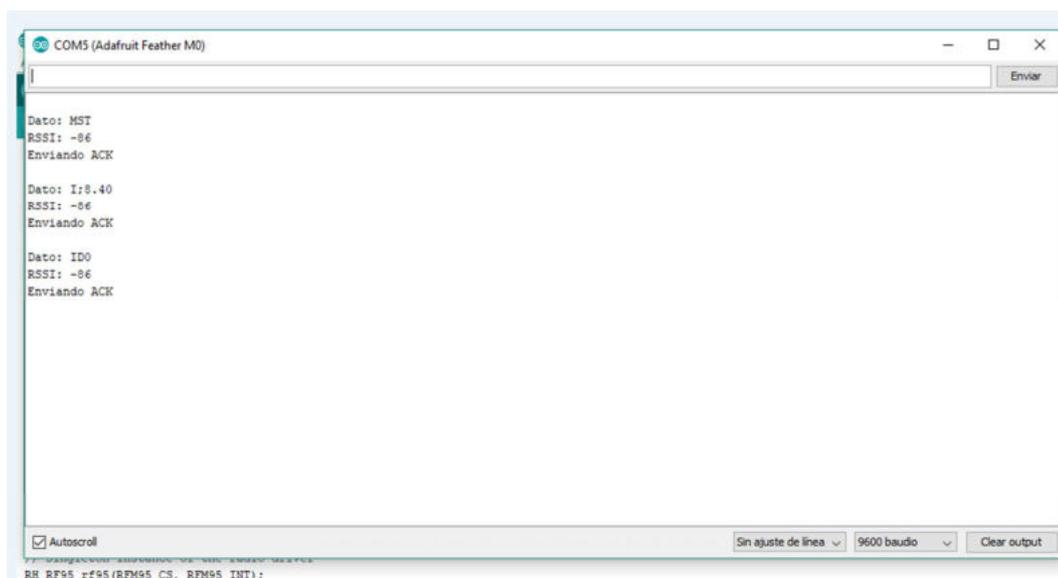


Figura 6: Captura de pantalla de emulador de TX.

Es para destacar que aún con valores muy bajos de RSSI, se logró ligar el TX con el RX, pudiendo observar el arribo del dato, *MST* como paquete que indica destino, **<ID_DESTINO>**, *I;8.40*, como paquete que indica **<MAGNITUD>** y **<VALOR>**, *IDO*, dato que indica el remitente, **><ID_REMITENTE >**.

Del mismo modo llegarán los paquetes correspondientes a las demás magnitudes características de la instalación fotovoltaica, energía, potencia, tensión, y cualquier otro parámetro que desee ser monitoreado en tiempo real.

Cabe destacar que el alcance previamente mencionado de 409 m, es en las peores condiciones, lo cual hace suponer que, en condiciones reales de uso, es decir a cielo abierto con irradiando desde los techos de las casas en la localidad de Armstrong, Santa Fé,

De todos modos, esta distancia, no representa la máxima que pueda existir entre uno de los *slaves* y el *master*, dado que todos los equipos *slaves* serán repetidoras de las señales que a ellos lleguen siempre que el dato, no sea para ellos.

El sistema electrónico generará datos, para poder evaluar la eficacia del sistema, en lo referido a la subida de los mismos, se instaló un cliente de protocolo *MQTT* en una computadora personal, para emular los datos que, siendo generador por los inversores, y recolectados por el sistema, luego fueran subidos por el *master*.

En dicha plataforma podrán observarse las mediciones de todos los inversores fotovoltaicos existentes en la ciudad independizándonos de cuál es el protocolo de comunicación *Modbus* hacia el inversor, dado que eso será solución implementado por medio del microcontrolador, adecuando este protocolo respecto a la marca y/o modelo del mismo.

```

Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe
otencia" -m "1250"

C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto pub -h "industrial.api.ubidots.com" -
p "1883" -u " " -t "/v1.6/devices/smartmeter/p
otencia" -m "1050"

C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "industrial.api.ubidots.com" -
p "1883" -u " " -t "/v1.6/devices/smartmeter/p
otencia" -m "950"

C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "industrial.api.ubidots.com" -
p "1883" -u " " -t "/v1.6/devices/smartmeter/p
otencia" -m "1500"

C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto pub -h "industrial.api.ubidots.com" -
p "1883" -u " " -t "/v1.6/devices/smartmeter/p
otencia" -m "1300"

C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto_pub -h "industrial.api.ubidots.com" -
p "1883" -u " " -t "/v1.6/devices/smartmeter/e
nergia" -m "250"

C:\Program Files (x86)\mosquitto>mosquitto pub -h "industrial.api.ubidots.com" -
p "1883" -u " " -t "/v1.6/devices/smartmeter/p
otencia" -m "1500"

```

Figura 7: Simulación de valores.

Los valores observados en la figura anterior, son producto de la utilización de un simulador de cliente *MQTT*, en este caso *Mosquitto*, quien permite emular valores con formato idéntico al que se utilizará en la red *LoRa* a instalar en la ciudad de Armstrong, dado que al día de hoy los dispositivos no fueron instalados en campo.

Finalmente, y producto del arribo de los valores a la plataforma, los datos serán recopilados en la plataforma previamente mencionada, adquiriendo en su *dashboard* el siguiente aspecto, cabe destacar que para cada inversor o existirá un *dashboard* diferente que se generará automáticamente a medida que más dispositivos se conecten a la red, evitando de esta manera que sea necesario un trabajo extra por parte del operador para crearlos.

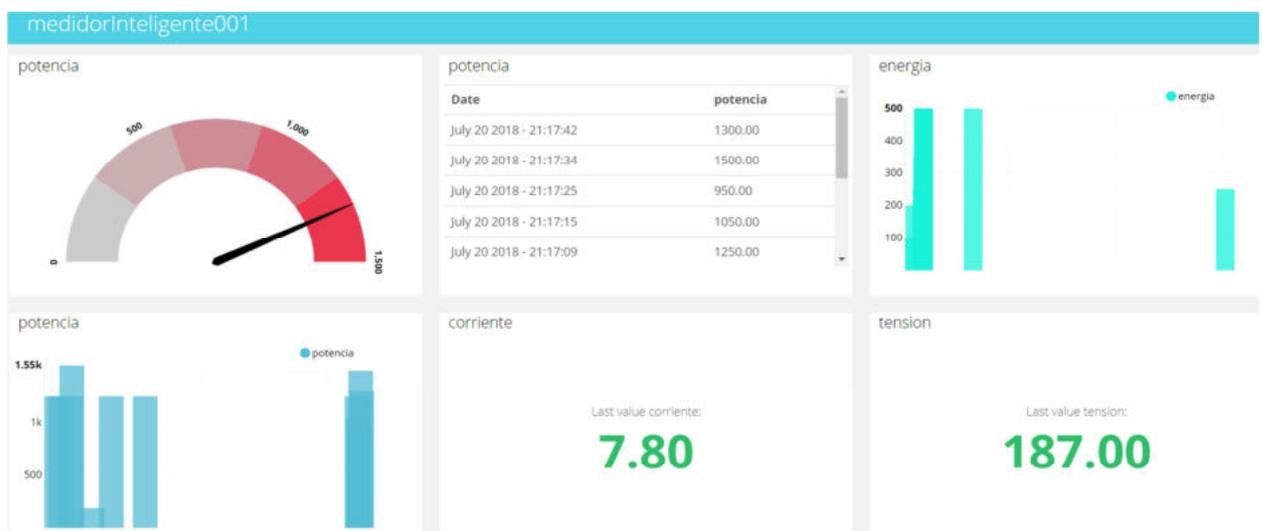


Figura 8: Conformación de *dashboard* final

CONCLUSIONES

Se ha verificado que la distancia máxima a la que se encuentran los inversores fotovoltaicos entre sí, y la máxima distancia entre los inversores y la sede de la cooperativa, donde se encontrará el dispositivo *master*, es menor que la distancia máxima de funcionamiento de los equipos de comunicación.

Se ha podido confeccionar una plataforma integradora de datos de los distintos inversores multimarca de la localidad de Armstrong en Santa Fe, observando que el arribo de los datos es independiente del equipo y/o marca, verificando la misma a través de diversas simulaciones a través de clientes *mosquitto*, utilizando protocolo *MQTT*.

Por lo que, se ha podido verificar que la tecnología LoRa, es correcta para implementar en una red propia respetando las distancias máximas de comunicación, con la posibilidad de integrar los datos dentro de una misma plataforma de información.

La cantidad de datos generados en una red inteligente son enormemente altos en comparación con las redes eléctricas actuales. El gran procesamiento de datos se debe a la gran cantidad de información que es requerida desde y hacia los medidores inteligentes bidireccionales, poder predecir en base a esos datos los usos y costumbres de los usuarios cual es el verdadero perfil de la red.

Por esto, se necesita una infraestructura inteligente para el procesamiento exitoso de datos enormes, si esto no puede ser garantizado la comunicación, puede ser un obstáculo para el despliegue de red inteligente.

La tecnología ayuda a reducir la transferencia de datos de gran tamaño entre usuario y la utilidad a través de una *IP* (protocolo de Internet), y mediante la utilización de protocolos que están orientados justamente a este escenario, es el caso e *MQTT*, que aun corriendo sobre *TCP/IP* y en base a su estructura organizativa a través de un *broker* manejador de este protocolo, permite que la transferencia sea muy simple y amigable al momento de trabajar con estos datos, asociado a esto aparece el concepto de seguridad informática, hoy en día las plataformas de recolección de datos permites establecer un cifrado de seguridad y *token* únicos para cada dispositivo, si a eso se le agrega un sitio seguro <https://> en la mayoría de los casos es casi imposible la vulnerabilidad de la red desde el aspecto informático.

IoT (Internet of Things) es además necesario para promulgar comunicación fluida y efectiva entre los contadores inteligentes fijados en la ubicación del consumidor y los sensores para encender o apagar la dispositivos con respecto a los patrones de carga (S.Sofana Reka et al., 2018), esto sería el sumun de la tecnología de una red inteligente, el del perfil de la red auto gestionable, hoy en día en desarrollo y presente sólo a nivel estudio en laboratorios, dado que una red inteligente no es sólo la que permite a través de ella poder monitorear y controlar sino, además, que la misma se autorregula, es aquí donde el aprender de los datos de recolección cobra una preponderancia altamente significativa.

Existen un sin fin de beneficios para utilizar este tipo de tecnología, que van desde la utilización de un paradigma nuevo, pero con las bases de una tecnología madura, asociada a la gran cantidad de soporte para manejar datos y poder aprender de ellos, además de los beneficios en tiempo real que podían implementarse en la reducción de consumos ociosos de energía, con el aporte extra de poder tener implementada una base en una tecnología que promete ser aún más desarrollada a futuro.

El tener una tecnología capaz de poder vincular distintos dispositivos conectados en una red eléctrica, e independizarnos del fabricante y de los protocolos en los cuales están trabajando, independizarnos a su vez del modo en que los mismos están irradiando o transmitiendo su información, no tiene importancia sólo desde el punto de vista de la recolección de datos y posterior visualización por parte del usuario final y/o administrador, sino que poder contar con toda esta información y tener la posibilidad de diseñar sistemas electrónicos propietarios presenta la posibilidad de poder en base a los datos recopilados, predecir funcionamiento en la red, generando inteligencia autónoma para que esta

mediante un administrador central, se autorregule y administre, adquiriendo finalmente el verdadero sentido de una Red Inteligente.

REFERENCIAS

Norma AEA 92559, Asociación Electrotécnica Argentina, Edición 2017.

Rafael Real-Calvo, Antonio Moreno-Munoz, Victor Pallares-Lopez, Miguel J. Gonzalez-Redondo, Isabel M. Moreno-Garcia, Emilio J. Palacios-Garcia, (2017). Sistema Electrónico Inteligente para el Control de la Interconexión entre Equipamiento de Generación Distribuida y la Red Eléctrica. Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial 14 (2017) 56–69.

Wixted AJ, Kinnaird P, Larijani H, Tait A, Ahmadiania A, Strachan N. Evaluation of LoRa and LoRaWAN for wireless sensor networks. In: Proceedings of the 2016 IEEE SENSORS; 2016 Oct 30–Nov 3; Orlando, FL, USA. Piscataway: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.; 2016, 40-47.

Yonghua Song, Jin Lin, Ming Tang, Shufeng Dong, An Internet of Energy Things Based on Wireless LPWAN, ELSEVIER Engineering 3 (2017) 460–466.

S. Sofana Reka, Tomislav Dragicevic, Future effectual role of energy delivery: A comprehensive review of Internet of Things and smart grid, Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 91, August 2018, 90-108

ABSTRACT

This work describes a possible solution, when in the same intelligent electrical network, that operates under different communication standards, and / or under different devices from different companies, which make impossible an integration of the measurements in the same platform in a harmonic and orderly way, which would allow an intelligent software, that works in a superior plane to predict and in this way act against the behavior of the users of the network, based on the learning of the information gathered previously.

The use of technology known as the Internet of Things, makes it possible to turn from an intelligent network that only reports data to one that, based on the analysis of all the data that reaches it, can be self-administered. For the topology of the electrical network and the distribution of the measurement points, in the town of Armstrong, Santa Fé, it has been possible to verify that the LoRa technology is correct to implement in its own measurement network, respecting the maximum distances of communication, with the possibility also of integrating all the measurement data, within the same information platform.

Keywords: solar energy, renewable energy, solar photovoltaic, inverters, smart grids, internet of things.