

# Sistema de monitoreo para microrredes usando IoT

## Trabajo Terminal No. 2020 – A032

*Alumnos: Miranda Mojica Erick, Sarabia Roque Enrique, Torres Olivera Karla Paola*

*Directores: García Ortega Víctor Hugo, Ortega González Rubén*

*e-mail: erimimo2@gmail.com \*Erick, enriquesaro99@gmail.com \*Enrique, kpto997@gmail.com \*Karla Paola*

**Resumen** – Este proyecto consiste en el diseño e implementación de un prototipo de un sistema embebido para el monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas haciendo uso del concepto de IoT. El sistema consta de tres módulos principales, el primero consiste en un sistema embebido el cual realizará las tareas de obtención y envío de datos usando IoT y tecnología 4G-LTE; el segundo módulo será el servidor encargado de llevar a cabo la recepción y almacenamiento de estos; finalmente el tercero será una aplicación móvil para la visualización de los datos procesados. La importancia del proyecto se basa en las ventajas que trae consigo el monitoreo aplicado a microrredes como medio de generación de energía alternativa.

**Palabras clave** – *microrred, Internet de las cosas (IoT), sistema embebido.*

## 1. Introducción

Actualmente la demanda de energía en un sistema eléctrico moderno cambia dinámicamente, así como cada vez más fuentes renovables distribuidas se conectan a la red eléctrica. El concepto de microrred (MG) ha sido considerado como una solución para la integración confiable de la generación distribuida. Una microrred es un sistema de generación de electricidad bidireccional que permite la distribución de electricidad de proveedores a consumidores, utilizando tecnología digital e impulsando la integración de fuentes de energía renovables, con el objetivo de optimizar la gestión y ahorro de energía, además de reducir costos y aumentar la fiabilidad [1].

Implementar diversos tipos de microrredes ayudaría a la sociedad en la transición del cambio del uso de energía producida a base de combustibles fósiles a energías limpias, como la fotovoltaica, consideradas como uno de los principales medios para contrarrestar el cambio climático [2]. Como mencionaron Ali Ipakchi y otros en [3]: muchos creen que el sistema de energía eléctrica está sufriendo un cambio impulsado por estas causas.

Como las microrredes son componentes importantes de las futuras arquitecturas de redes inteligentes de energía, es necesario desarrollar diversos elementos, tanto de software y hardware, que permitan el monitoreo inteligente de la generación de energía, así como herramientas de análisis y diagnóstico para la información obtenida [4]. Por ello, para dirigirse hacia un enfoque de red inteligente, algunos de los pasos iniciales críticos son: equipar una microrred con un sensor más inteligente para el monitoreo, así como establecer una comunicación confiable y segura entre dispositivos [3].

Debido a la gran importancia que ha cobrado este tema, actualmente existen implementaciones de microrredes funcionales que ayudan a la recolección de datos, los cuales posteriormente son utilizados con alguna finalidad, por ejemplo, para el control de supervisión de la red eléctrica.

En la Universidad Estatal de McNeese en Lake Charles Louisiana se implementó un modelo de campus MG con la finalidad de proporcionar instalaciones de enseñanza e investigación a los estudiantes. El cual, es controlado por un sistema de control distribuido (DCS) y a su vez hace uso de sensores inteligentes e Internet de las cosas para el monitoreo de condiciones que está integrado con el DCS. Adicional a esto, proporciona acceso a una interfaz hombre-máquina y supervisión de todos los activos críticos. Por otro lado, el protocolo que usaron para la comunicación entre la microturbina de la microrred y el sistema de control distribuido fue Modbus [3].

Otro ejemplo de la implementación de este tipo de tecnología fue elaborado en la Escuela de Ingeniería Eléctrica en Chennai India. Esta propuesta se centra en el monitoreo automático de la corriente y el voltaje generado en la microrred, haciendo uso de múltiples transductores distribuidos a lo largo de ésta. La información de salida de los transductores es recolectada por microcontroladores, los cuales transforman estas señales en niveles lógicos deseados. Posteriormente son cargados a la nube para que sean procesados, dando como resultado información entendible y fácil de interpretar para los humanos. Con la constante medición de las variables se produjo un sistema de alerta, en el que, dada cualquier variación significativa, el sistema mande avisos en forma de mensajes de texto o correo electrónico dando a conocer las fallas [2].

Finalmente, otro proyecto a mencionar es el propuesto en el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial en Huelva, España; centrado en el diseño, desarrollo y evaluación de sensores, equipo de comunicaciones y plataformas basadas en la web para el monitoreo de tiempo real de MG's con energía renovable. La principal contribución de este proyecto fue el uso del internet de las cosas en MG's comerciales y residenciales de pequeña escala, con el uso de módulos de radiotransmisión mejor conocida como LoRaWan Technology que obtienen datos de los sistemas de generación de energía, para después ser recolectados por un Gateway y llevados a través de un servidor hacia aplicaciones de monitoreo y análisis. Con este trabajo se demuestra que es posible crear un sistema de monitoreo de generación de energía, con una red privada, segura y escalable [1].

## **2. Objetivo**

Implementar un prototipo de sistema embebido para el monitoreo de parámetros en una microrred eléctrica usando el concepto de Internet de las Cosas (IoT) el cual consiste de un sensor, una unidad de procesamiento y un módulo de comunicación.

## **3. Justificación**

Uno de los mayores retos para el ser humano en la actualidad es el cambio climático como resultado del calentamiento global. Si bien, existen muchas razones por las cuales este problema se ha agravado tanto en las últimas décadas, está comprobado que el ineficiente proceso en la generación de energía a base de combustibles fósiles y otros medios perjudiciales, es de los principales factores que aceleran el proceso del calentamiento del planeta. Por otra parte, aunque el aprovechamiento del potencial de energías renovables es visto como un medio que sustituya las fuentes actuales, es necesaria una transformación completa de la industria energética global que aplique diversos conceptos como el de las microrredes que, en conjunto con las energías limpias, marquen una tendencia hacia un sistema energético sostenible que permita reducir drásticamente las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las microrredes traen consigo múltiples beneficios, tanto ambientales como monetarios, además de que pueden diseñarse para adaptarse a distintas necesidades dependiendo del consumidor. Se pueden instalar tanto en zonas urbanas como en zonas de difícil acceso, siendo estas últimas en las que más ahorros se tendría, ya que el costo de la infraestructura cotidiana para brindar energía eléctrica es demasiado alto. Así mismo, con la implementación de sistemas de monitoreo se automatizan diversas tareas y se hace más fácil su gestión.

Con la revolución 4.0 comienza la digitalización de los procesos industriales emergiendo tecnologías como la inteligencia artificial, big data, IoT, realidad aumentada, entre otras. El Internet de las Cosas (IoT) es la integración de sistemas embebidos en una mayor cantidad de dispositivos como: sensores, actuadores, máquinas, entre otros; permitiendo una comunicación e interacción entre ellos, descentralizando el control y facilitando una respuesta en menor tiempo [5]. Lo cual, originó que su uso en sistemas de monitoreo sea cada vez más común, facilitando la realización de ciertas tareas.

Tomando en cuenta lo anterior, el diseño e implementación de un prototipo de un sistema embebido para el monitoreo de microrredes eléctricas aportaría una solución para una mejor gestión de la energía obtenida por fuentes renovables, haciendo uso del internet de las cosas (IoT).

## **4. Productos o Resultados esperados**

El diagrama a bloques del sistema propuesto se muestra en la Figura 1. En esta figura se muestra un panel solar y un inversor que son dispositivos externos y éstos serán adquiridos para la realización de pruebas. En este trabajo terminal se realizarán los siguientes módulos:

1. Módulo de monitoreo. Está formado por un sensor que nos permitirá medir el voltaje y la corriente, además de un microcontrolador que configurará el sensor y un módulo IoT de comunicación con tecnología 4G-LTE para el envío de datos al servidor de aplicación.
2. Servidor de aplicación. Este recibirá los datos obtenidos en el módulo de monitoreo y los almacenará en una base de datos para su posterior consulta por la aplicación móvil.
3. Aplicación móvil. Esta hará peticiones al servidor para consultar todos los valores obtenidos en el módulo de monitoreo y poder mostrarlos al usuario.

Los productos de este trabajo terminal serán:

1. Un sistema embebido que será el módulo de monitoreo formado de un sensor de corriente y voltaje, un microcontrolador y un módulo IoT de comunicación con tecnología 4G-LTE.
2. Servidor de aplicación. Implementado en un sistema embebido basado en un Sistema Operativo Linux.
3. Aplicación móvil.
4. Documentación del trabajo.

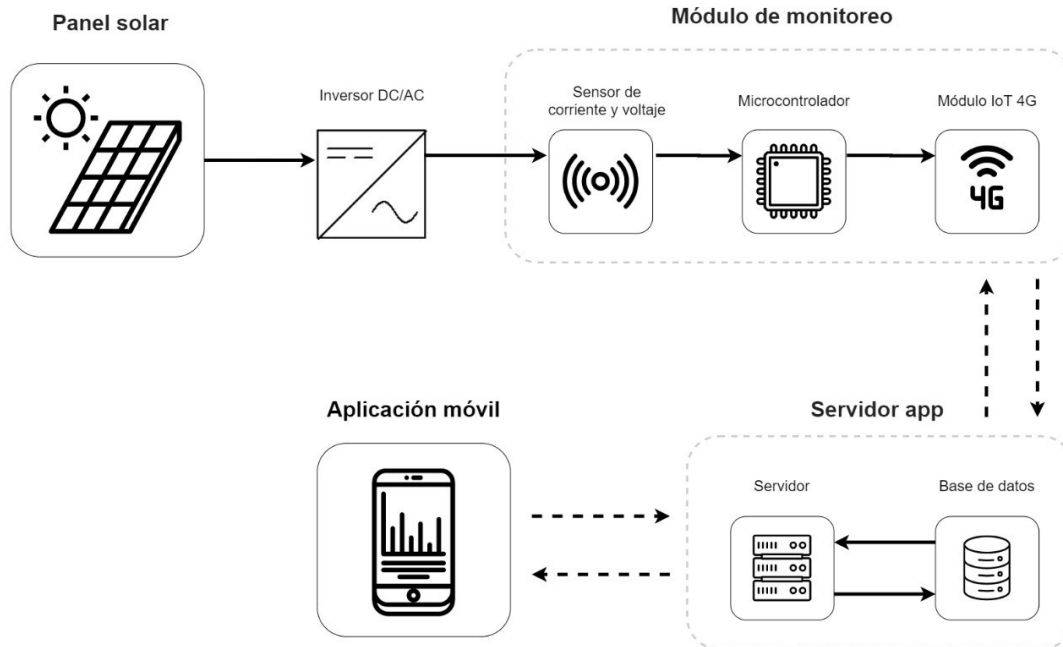


Figura 1. Diagrama de los resultados esperados

## 5. Metodología

Para la implementación de este prototipo se tomó en cuenta una adaptación del modelo en V para el desarrollo de sistemas embebidos, la cual consta de 7 etapas, en las cuales se parte de un análisis y diseño, siguiendo una implementación y por último una depuración e integración final. Las etapas que tiene este modelo se muestran en la Figura 2.

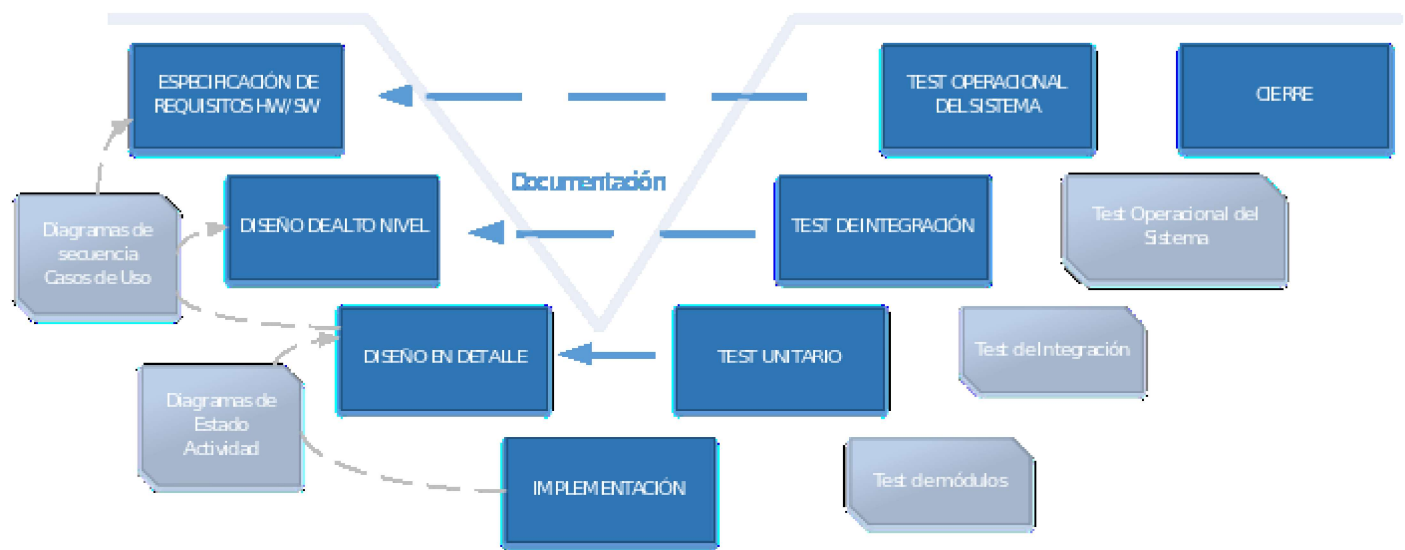


Figura 2. Modelo en V

Partiendo de la especificación de requisitos, se pretende definir y documentar los diferentes requerimientos del sistema a implementar siguiendo un diseño global el cual tiene como objetivo obtener una visión general del sistema. El diseño en detalle consiste en detallar cada bloque de la fase anterior, aquí se pretende especificar el diseño del sistema embebido, el receptor y la aplicación móvil, seguida de la implementación de cada uno de estos. El test unitario verifica cada módulo de HW y SW de manera individual, en donde se depurará cada uno de los módulos hasta obtener el resultado deseado. La fase de integración acopla los diferentes módulos del sistema siguiendo el test operacional, en donde se realizan las últimas pruebas sobre un escenario real.

## 6. Cronograma

Ver Anexo 1.

## 7. Referencias

- [1] E. López, J. Monteiro, P. Carrasco, J. Sáenz, N. Pinto and G. Blázquez, "Development, implementation and evaluation of a wireless sensor network and a web-based platform for the monitoring and management of a microgrid with renewable energy sources," 2019 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST), Porto, Portugal, 2019, pp. 1-6.
- [2] S. Sujeeth and O. V. G. Swathika, "IoT based automated protection and control of DC microgrids," 2018 2nd International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC), Coimbatore, 2018, pp. 1422-1426.
- [3] K. R. Khan, A. Rahman, A. Nadeem, M. S. Siddiqui and R. A. Khan, "Remote Monitoring and Control of Microgrid using Smart Sensor Network and Internet of Thing," 2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS), Riyadh, 2018, pp. 1-4.
- [4] D. Moga, D. Petreus and N. Stroia, "Web based solution for remote monitoring of an islanded microgrid," IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Florence, 2016, pp. 4258-4262.
- [5] T. A. Cortés, "Los sistemas embebidos en la industria 4.0," Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Jalisco, México, 2017, pp. 1-5.
- [6] K. Bullis, "Una microrred hace que la energía sea local, barata y fiable", MIT Technology Review, 2012. [Online]. Available: <https://www.technologyreview.es/s/2865/una-microrred-hace-que-la-energia-sea-local-barata-y-fiable>. [Accessed: 20- Feb- 2020].
- [7] J. Chacón, "Las microrredes como herramienta de gestión energética", OpenMind BBVA, 2015. [Online]. Available: <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/medioambiente/las-microrredes-como-herramienta-de-gestion-energetica/>. [Accessed: 22- Feb- 2020].
- [8] K. Bullis, "Las microrredes solares podrían proporcionar electricidad a millones de personas", MIT Technology Review, 2012. [Online]. Available: <https://www.technologyreview.es/s/3070/las-microrredes-solares-podrian-proporcionar-electricidad-millones-de-personas>. [Accessed: 22- Feb- 2020].
- [9] PEREZ, A; et al. "Una metodología para el desarrollo de hardware y software embebidos en sistemas críticos de seguridad". Systemics, Cybernetics and Informatics Journal, vol 3, Num. 2, 2006, pp. 70-75.

## 8. Alumnos y Directores

CARÁCTER: Confidencial  
FUNDAMENTO LEGAL: Art. 3, fracc. II, Art. 18, fracc. II y  
Art. 21, lineamiento 32, fracc. XVII de la L.F.T.A.I.P.G.  
PARTES CONFIDENCIALES: No. de boleta y Teléfono.

*Miranda Mojica Erick.* – Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2017631061, Tel. 77-7563-3910, email: erimimo2@gmail.com

Firma: \_\_\_\_\_

*Sarabia Roque Enrique.* – Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2014131226, Tel. 55-4871-0786, email: enriquesaro99@gmail.com

Firma: \_\_\_\_\_

*Torres Olivera Karla Paola.* – Alumna de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2016302192, Tel. 55-1195-0664, email: kpto997@gmail.com

Firma: \_\_\_\_\_

*Víctor Hugo García Ortega.* – Ing. en Sistemas Computacionales egresado de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional (IPN-1999). Maestría en Ingeniería de Cómputo con especialidad en Sistemas Digitales en el Centro de Investigación en Computación del IPN (2006). Actualmente es profesor Titular en la Escuela Superior de Cómputo del IPN trabajando en el área de Sistemas embebidos, Arquitectura de Computadoras y Procesamiento Digital de Imágenes y Señales.

Firma: \_\_\_\_\_

*Ortega González Rubén.* – Recibí el grado de licenciatura en ingeniería eléctrica por el Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México, 1999, el grado de M.Sc. en ingeniería de sistemas en el Instituto Politécnico Nacional, México, el de M.Sc. en ingeniería eléctrica, electrónica de computadores y sistemas de la Universidad de Oviedo, Oviedo, España, en 2009. El grado de Ph.D con mención honorífica en ingeniería electrónica por la Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, en 2012. He sido profesor en la Escuela Superior de Computo, Instituto Politécnico Nacional desde 1995. Mis principales campos de investigación son en el modelado y control de convertidores de potencia aplicados en la generación de energía en el ámbito de las microrredes, smart grids y energías renovables, así como procesamiento digital de señales

Firma: \_\_\_\_\_

## Anexo 1

CRONOGRAMA Nombre del alumno: Miranda Mojica Erick  
Título del TT: Sistema de monitoreo para microrredes usando IoT

TT No.: 2020-A032

Actividad	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Análisis del software de la aplicación móvil									
Especificación de requisitos del software de la aplicación móvil									
Diseño de alto nivel del software de la aplicación móvil									
Diseño a detalle del software de la aplicación móvil									
Implementación del software de la aplicación móvil									
Test unitario del software de la aplicación móvil									
Test de integración del software de la aplicación móvil									
Test operacional del sistema (software de la aplicación móvil)									
Investigación y recopilación de evidencia para el artículo									
Evaluación			TT1					TT2	

CRONOGRAMA Nombre del alumno: Sarabia Roque Enrique  
Título del TT: Sistema de monitoreo para microrredes usando IoT

TT No.: 2020-A032

Actividad	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Análisis del software del servidor									
Especificación de requisitos del software del servidor									
Diseño de alto nivel del software del servidor									
Diseño a detalle del software del servidor									
Implementación del software del servidor									
Test unitario del software del servidor									
Test de integración del software del servidor									
Test operacional del sistema (software del servidor)									
Investigación y recopilación de evidencia para el artículo									
Evaluación			TT1					TT2	

CRONOGRAMA Nombre del alumno: Torres Olivera Karla Paola  
Título del TT: Sistema de monitoreo para microrredes usando IoT

TT No.: 2020-A032

Actividad	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Análisis del nodo sensor									
Especificación de requisitos del nodo sensor									
Diseño de alto nivel del nodo sensor									
Diseño a detalle del nodo sensor									
Implementación del nodo sensor									
Test unitario del nodo sensor									
Test de integración del nodo sensor									
Test operacional del sistema (nodo sensor)									
Investigación y recopilación de evidencia para el artículo									
Evaluación			TT1					TT2	

## Aval a los cambios realizados al protocolo del trabajo terminal TT 2020-A032.

Recibidos x



**Ruben Ortega Gonzalez** <rortegag@ipn.mx>  
para mí, Victor ▾

vie, 11 sept 2020 17:59



En atención a la CATT,

Por este medio doy mi aprobación a los cambios realizados al protocolo del trabajo terminal TT 2020-A032.

Sin más por el momento reciban un cordial saludo.

Prof. Rubén Ortega González  
Instituto Politécnico Nacional  
Escuela Superior de Cómputo  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación  
Tel. (52)55 57296000 ext. 52064

## Aceptacion de protocolo

Recibidos x



**Victor Garcia** <vgarciaortega@yahoo.com.mx>  
para mí, Ruben ▾

lun, 14 sept 2020 19:19



Por este medio les comunico que estoy de acuerdo con los cambios realizados al protocolo del trabajo terminal TT2020-A032.

Sin más por el momento reciban un cordial saludo.

M. en C. Victor Hugo Garcia Ortega Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Cómputo Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales Tel. (52)55 57296000 ext. 52032 <http://dsid.escom.ipn.mx>

⏪ Responder

⏪ Responder a todos

➡ Reenviar