

Sistema de monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas mediante IoT.

Trabajo Terminal No. ____-____

Alumnos: Pali García Daniela Itzel, Rodríguez Martínez Heber Emanuel,

**Tapia Hernández Angeles*

Directores: García Ortega Víctor Hugo, Ortega González Rubén

**e-mail: angelestpa370@gmail.com*

Resumen – Las microrredes son sistemas eléctricos pequeños que otorgan mayor estabilidad y disponibilidad en la distribución eléctrica. En este protocolo de trabajo terminal se propone el desarrollo de un prototipo de sistema embebido para el monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas utilizando el concepto de IoT, con la finalidad de gestionar de una manera más eficiente la energía fotovoltaica proporcionada por un panel solar. Los parámetros a monitorear de la microrred son corriente y voltaje, mediante un sensor especializado, el cual es configurado mediante un sistema en chip (SoC) y enviados a un servidor implementado en un sistema embebido. El servidor permitirá la consulta de los datos enviados de la microrred.

Palabras clave –Academia de Sistemas Digitales¹, IoT, Microrred, Sistemas Embebidos, SoC.

1. Introducción

La energía aparece en diversas formas, como pueden ser la cinética, potencial, térmica, química, electromagnética o luminosa, eléctrica, la inherente a la masa, entre otras.

Una de las fuentes principales para la obtención de estas energías es mediante combustibles fósiles. Por otro lado, el uso de combustibles fósiles impacta negativamente al medio ambiente en todas las etapas de su procesamiento. En cada una de estas etapas del proceso desde la recuperación en las minas, el transporte, hasta su procesamiento como producto final, se generan residuos que deben ser tratados de manera específica para no causar impactos graves en la naturaleza y en los ecosistemas. [1]

La energía renovable se denomina como: la energía que se obtiene de fuentes naturales, es decir, se encuentra en la naturaleza, pero en una cantidad limitada. Los diferentes tipos de energías renovables que se tienen son:

- Energía eólica: es la que proviene del movimiento de masa de aire.
- Energía solar: es aquella que aprovecha la energía de los rayos del sol para generar calor de forma limpia.
- Energía hidráulica: es electricidad generada aprovechando la energía del agua en movimiento.
- Energía geotérmica: es la que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor del interior de la tierra que se transmite a través de los cuerpos de roca caliente.
- Energía mareomotriz: se desarrolla por las aguas del mar cuando están en movimiento.
- Energía fotovoltaica: es la transformación directa de la radiación solar a electricidad. [2] [3]

La importancia de un cambio energético de combustibles fósiles a renovables tiene como objetivos principales apoyar y beneficiar a grupos de personas vulnerables afectadas por el impacto ambiental que surge de la explotación de energías fósiles.

Actualmente, no se cuenta con las suficientes soluciones técnicas para satisfacer la creciente demanda de energía a nivel mundial, por lo que, las energías renovables cuentan con un papel cada vez más importante y que a su vez, impactan de manera positiva en cuestiones ambientales, económicas, políticas y sociales.

En la última década, México se ha enfrentado a dos grandes obstáculos los cuales son: las crecientes importaciones de gas natural de los Estados Unidos de América para la generación de electricidad, e importaciones de productos refinados (gasolinas) por parte extranjera. Como consecuencia, México se ha enfrentado a una dependencia de subsidios extranjeros para poder satisfacer la demanda del uso del gas en el sector eléctrico.

En 2017, el consumo de gas superó la producción mexicana en un 100 %, por lo que se ha necesitado importar gas por 47 mil millones de pesos, lo que representa aproximadamente al 63 % de las ventas internas. [4]

Por otro lado, México se encuentra en una posición favorable para la transición de energías fósiles a energías renovables, debido a que se ha registrado uno de los precios más bajos en el mercado en las tecnologías utilizadas para su estructuración, y además de ello, posee una excelente ubicación geográfica (se localiza cerca de la línea ecuatorial), lo que permite captar en mayor proporción la energía suministrada diariamente por el sol.

¹ Academia de Sistemas Digitales no es una palabra clave, sin embargo, la colocamos para especificar la academia principal a la que pertenece este trabajo.

Dichas energías son utilizadas para la vida diaria, se sabe que las energías renovables aportan un cuidado y bienestar a nuestro planeta, de ahí su gran importancia, además de combatir directamente con el cambio climático al tener cero emisiones de CO_2 , reducen la contaminación y mejoran la calidad del aire, además de ayudar a garantizar un futuro para las nuevas generaciones, no generan residuos difíciles de tratar, y ayudan a mantener intactos los recursos naturales no renovables del planeta. [5]

Una de las soluciones tecnológicas que permiten tener el control de las energías renovables son los sistemas de almacenamiento de energía; esto nos permite introducir las microrredes como una nueva estructuración de la red eléctrica, en donde es gestionada en unidades pequeñas.

Las microrredes son sistemas eléctricos locales más pequeños que pueden operar tanto de manera aislada como conectadas a la red eléctrica principal. Las microrredes brindan mayor seguridad y disponibilidad para el sistema de distribución eléctrica al mismo tiempo que reducen las emisiones de carbono. [6]

Las microrredes son consideradas como las estructuras básicas para las nuevas redes, son denominadas SmartGrids.

Uno de los aspectos importantes a monitorear en las microrredes eléctricas son el consumo energético de la carga conectada, mediante sus parámetros eléctricos como voltaje y corriente. Ese monitoreo puede realizarse mediante sistemas computacionales con recursos dedicados para la aplicación. Dichos sistemas son denominados sistemas embebidos, los cuales constan de un sensor especializado para la medición de los parámetros, un procesador y un módulo de comunicación. Cuando el módulo de comunicación permite realizar el envío de parámetros de forma remota, se realiza una aplicación denominada Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés, Internet of Things). Una aplicación de IoT permite el envío de datos de manera periódica a un servidor sin la intervención de humanos.

1.1 Estado del arte

Dentro del área de microrredes existen varios trabajos publicados en distintos congresos y revistas, algunos de ellos son:

1.1.1. Trabajos internacionales

En IoT based automated protection and control of DC Microgrids [7], el objetivo que se desarrolla consiste en monitorear (a través de las tecnologías de IoT) corriente y voltaje en una microrred, con la finalidad de detectar anomalías para que el ingeniero en sistemas de energía pueda tener un mejor control y darle solución a las fallas que se presentan. La idea es automatizar la red eléctrica para que los problemas como exceso de corriente, fallas a tierra y fallas por cortocircuitos, se puedan controlar con circuitos de protección para resolver fallas críticas en tiempo real.

En el Sistema de Seguimiento Solar y Monitoreo de Energía [8], se tiene como objetivo desarrollar un sistema de movimiento de un panel fotovoltaico hacia la zona de mayor incidencia solar. Además, monitorear datos de voltaje y corriente, almacenarlos en una hoja de cálculo en Google, después se hace un análisis y tratamiento. En este sistema fue necesario utilizar componentes electrónicos y microcontroladores (un módulo Arduino, un módulo Wi-Fi). Para automatizar el panel solar se utilizaron sensores de luz conformados por fotorresistencias.

En IoT based Solar Energy Monitoring System [9], se tiene como objetivo mostrar en línea el consumo de energía solar como una energía renovable. El monitoreo se hace a través de una Raspberry Pi utilizando un framework de flask. Por otra parte, el monitoreo inteligente (Smart Monitoring) muestra el consumo diario de la energía renovable, esto con el fin de ayudar al usuario a realizar el análisis del consumo de energía. El análisis impacta tanto en los problemas relacionados con el uso de electricidad, como en el mejor manejo del consumo de energía renovable.

1.1.2. Trabajos dentro del Instituto Politécnico Nacional

El Sistema de monitoreo para microrredes usando IoT [10], consiste en un prototipo de un sistema embebido para el monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas. El sistema consiste en tres módulos los cuales son: un sistema embebido, el cual obtendrá y enviará los datos haciendo uso del concepto IoT y tecnología 4G-LTE; un servidor, que será encargado de llevar a cabo la recepción y el almacenamiento de datos; y por último una aplicación móvil, para la visualización de los datos analizados y procesados.

En el Sistema de monitoreo a través de redes de sensores para sistemas de energías fotovoltaicas [11], se tiene como objetivo el monitoreo en tiempo real de la generación de energía de un sistema fotovoltaico, mediante un módulo de monitoreo que, internamente tiene un dispositivo de sensado, el cual a su vez se comunica con el microcontrolador, un sistema embebido que permite la recepción, almacenamiento y envío de datos a una aplicación móvil, que le permite al usuario informarse del estado y producción de energía del sistema fotovoltaico.

Proyecto	Parámetros eléctricos	Procesador	Sensor y o transductor	Forma de comunicación	Tipo de servidor
IoT based Solar Energy Monitoring System	Corriente y voltaje	Arduino Uno	ACS712 Hall- Effect Current, DHT11	ThingSpeak	Servidor web
IoT based automated protection and control of DC Microgrids	Corriente y voltaje	Arduino Uno	ACS712 Hall-Effect Current	Ethernet Shield WS100	Página web
Sistema de seguimiento solar y monitoreo de energía.	Corriente y voltaje	Arduino Uno	FZ0430	Módulo Wi-Fi ESP8266 ESP-01	Página web
Sistema de monitoreo para microrredes usando IoT	Corriente y voltaje	Dspic30f4013	MCP39F511A	Módulo IoT 4G LTE	Aplicación
Sistema de monitoreo a través de redes de sensores para sistemas de energías fotovoltaicas.	Corriente eléctrica	Dspic30f4013	MCP39F521	Módulo Wi-Fi MIKROE-2542	Aplicación móvil de usuario
Sistema de monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas mediante IoT	Corriente y voltaje	SoC a elegir en la etapa de análisis	Sensor de potencia a elegir en la etapa de análisis	Se decidirá dentro del TT	Se decidirá dentro del TT

Tabla 1. Tabla comparativa de herramientas usadas en otros proyectos.

Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo se propone realizar un prototipo, que está conformado por un sensor, un procesador, y un módulo de comunicación, en conjunto, monitorean los parámetros eléctricos que son captados por un panel solar. La energía emitida por el panel solar es enviada a un microinversor, quien tiene la finalidad de emitir corriente alterna, posteriormente ésta es captada por un sensor para poder ser procesada por un sistema en chip, y con tecnología IoT enviar los datos e información a un servidor, para que finalmente sea visualizada por el usuario.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Implementar un prototipo de sistema para el monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas, usando sistemas embebidos para generar una aplicación de internet de las cosas.

2.2 Objetivos específicos

- Configurar un sensor para la medición de los parámetros en la microrred, usando un sistema embebido.
- Implementar un sistema embebido para realizar el procesamiento de información, utilizando un sistema en chip (SoC, por sus siglas en inglés).
- Implementar el sistema de comunicación para el envío de datos usando el sistema embebido.
- Implementar un servidor para la recepción de datos y su almacenamiento, usando un sistema embebido.

3. Justificación

Se sabe que las energías fósiles son finitas y de un costo elevado de extracción y transformación, por lo que es un hecho que en algún punto la demanda no podrá ser abastecida, sin contar con los problemas ambientales que el abuso de estas energías conlleva, tales como: contaminación, perforación de la capa de ozono, aumento de gases de efecto invernadero, entre otros.

Un uso eficiente de la energía conlleva a hacer más con menos, y esto se podrá llevar a cabo a través de la implementación de un correcto monitoreo de administración, medición y aprovechamiento de los insumos energéticos. Es por ello que, el monitoreo de energías renovables es de suma importancia, debido a que proporciona una buena gestión de energía, permitiendo una reducción en costos de energía o futuras mejoras.

Gracias al crecimiento tecnológico, y las implementaciones de los sistemas complejos con costos razonables, tales como los sistemas embebidos, es posible resolver problemas específicos que con anterioridad resultarían ineficientes. Las ventajas que trae consigo el monitoreo aplicado a microrredes conlleva a brindar una solución para aprovechar de una manera más eficiente los recursos energéticos, en especial, las energías renovables.

4. Productos o resultados esperados

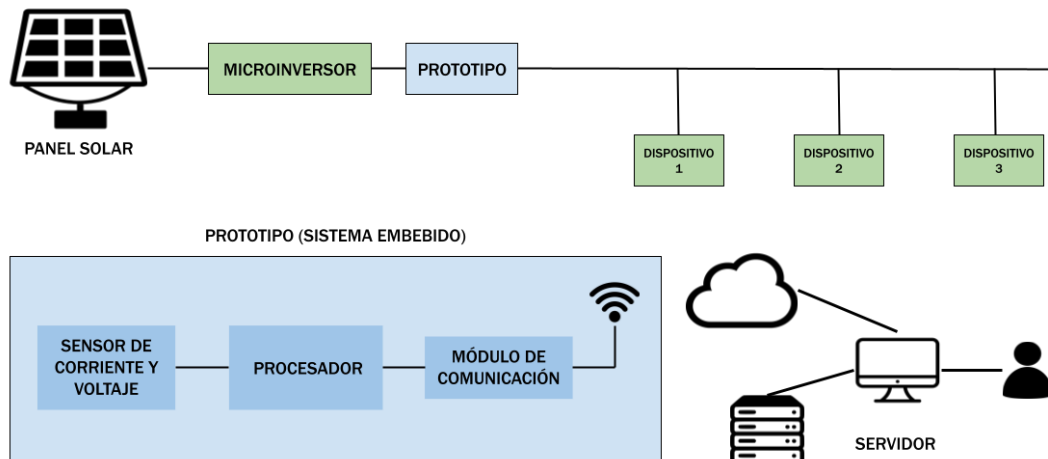


Figura 1. Diagrama a bloques de proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

La figura en la parte superior muestra el funcionamiento general de cómo interviene el panel solar, el microinversor y el prototipo propuesto en este protocolo, en síntesis, el prototipo se va a incorporar después del microinversor, para hacer la toma de parámetros de corriente y voltaje de la carga que se conecte, nombrada como: dispositivo uno, dispositivo dos, dispositivo tres, etcétera. Y en la parte inferior de la imagen se encuentra propiamente el desarrollo del sistema embebido a realizar. Los parámetros eléctricos serán captados por un sensor de corriente y voltaje, los cuales serán procesados por un SoC, posteriormente serán enviados por un módulo de comunicación hacia un servidor (usando el concepto de IoT), para que finalmente, sean visualizados por el usuario.

Los productos esperados de este proyecto son:

- Prototipo de sistema embebido para el monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas a través de un sensor de potencia.
- Servidor que capture los datos enviados por un módulo de comunicación adecuado utilizando el concepto de IoT.

5. Metodología

Para la implementación de este prototipo se utilizará una adaptación de la metodología del modelo en V [12] para el desarrollo de un sistema embebido. Esta metodología consta de siete etapas como se muestra en la siguiente imagen.

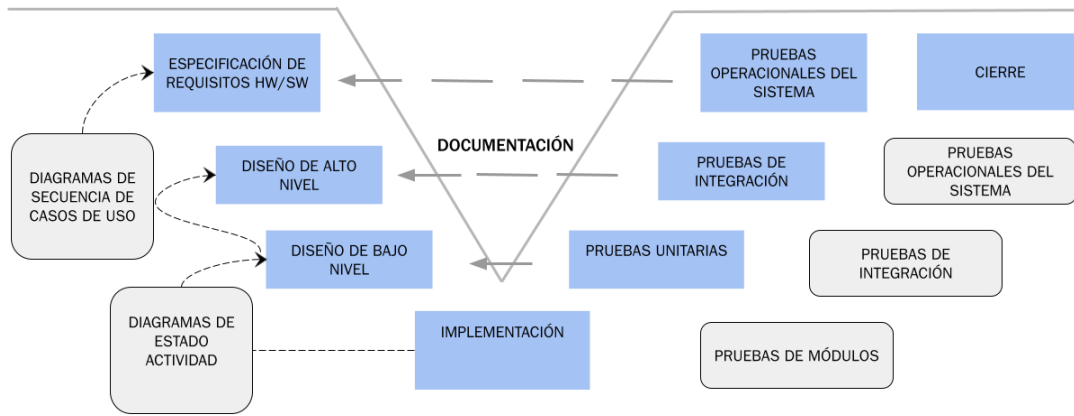


Figura 2: Elaboración propia.

Fuente: [12]

Especificación de requisitos Hardware/Software: en esta fase se definen y documentan los requisitos del sistema, tipos de algoritmos, requerimientos funcionales y no funcionales, además de la selección de elementos a utilizar.

Diseño de alto nivel: también llamado diseño global. Su objetivo es obtener un diseño general del sistema.

Diseño de bajo nivel: también llamado diseño en detalle. Su objetivo es detallar cada bloque de la fase anterior.

Implementación: esta fase consiste en materializar el diseño en detalle.

Pruebas unitarias: esta fase consiste en verificar los módulos hardware y software de forma unitaria, además de comprobar su correcto funcionamiento.

Pruebas de integración: en esta fase se integran todos los módulos que conforman al sistema. Se generará un documento de pruebas. Es de mayor relevancia que en esta fase se compruebe el funcionamiento correcto del sistema, además de que si el sistema es tolerante a fallos se debe verificar ante la presencia de un fallo que el sistema continúe funcionando.

Pruebas operacionales del sistema: en esta fase, se realizan las últimas pruebas, ejecutándolas sobre un escenario real, es decir, en su ubicación final, anotando en el documento mencionado anteriormente dichos resultados a las pruebas.

6. Cronogramas

Cronograma de alumno: Daniela Itzel Pali García

TT No.

Título de trabajo terminal: Sistema de monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas mediante IoT.

[illegible]

Título de trabajo terminal: Sistema de monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas mediante IoT

[illegible]

Cronograma de alumno: Heber Emanuel Rodríguez Martínez **TT No.**

TT No.

Título de trabajo terminal: Sistema de monitoreo de parámetros en microrredes eléctricas mediante IoT

[illegible]

Referencias

- [1] F. Mondragón, «Ciclos del dióxido de carbono en la formación y utilización de combustibles fósiles y su efecto en el cambio climático.,» Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, vol. VL, n° 176, pp. 833-849, 2021.
- [2] C. Spiegel y J. I. Cifuentes, «DEFINICIÓN E INFORMACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES,» USAC, S/F. [En línea]. Available: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4455/1/DEFINICION%20E%20INFORMACION%20DE%20ENERGIAS%20RENOVABLES.pdf>. [Último acceso: 20 Abril 2022].
- [3] J. G. Velazco, Energías renovables, Barcelona: Reverté, S.A., 2009.
- [4] K. S. L. R. J. T. C. G. I. Kühne, « International Institute for Sustainable Development,» Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.iisd.org/system/files/publications/combustibles-fosiles-transicion-fiscal-en-mexico.pdf>. [Último acceso: 29 Marzo 2022].
- [5] Escuela Europea de Dirección y Empresa, «La importancia de las energías renovables,» 19 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://www.eude.es/blog/importancia-energias-renovables/>. [Último acceso: 20 Abril 2022].
- [6] L. E. Zubieta, «Power management and optimization concept for DC microgrids,» 2015. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7152014?reload=true>. [Último acceso: 4 Abril 2022].
- [7] S. Sujeeth y O. Gnana Swathika, «IoT based automated protection and control of DC Microgrids,» 2018. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8399042>. [Último acceso: 8 Abril 2022].
- [8] C. A. A. Calva, Sistema de Seguimiento Solar y Monitoreo de Energía, Ecuador: Universidad Internacional SEK, 2020.
- [9] V. M., S. M. Patil y R. Tapaskar, «IoT based Solar Energy Monitoring System,» 2017. [En línea]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8389711>. [Último acceso: 8 Abril 2022].
- [10] E. Miranda Mojica, E. Sarabia Roque y K. P. Torres Olivera, Sistema de monitoreo para microrredes usando IoT, trabajo terminal, Escuela Superior de Cómputo: IPN, 2020.
- [11] S. Arteaga Lara, G. Flores Tepatl y S. A. A. Arnulfo, Sistema de monitoreo a través de redes de sensores para sistemas de energía fotovoltaicas, trabajo terminal, Escuela Superior de Cómputo: IPN, 2018.
- [12] 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

Daniela Itzel Pali García, Alumno de la carrera de ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630292, Tel. 5545204416, email: dpalig1500@alumno.ipn.mx

Firma: 

Heber Emanuel Rodríguez Martínez, Alumno de la carrera de ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2019340228, Tel. 5574171458, email: hrodriguezml801@alumno.ipn.mx

Firma: 

Angeles Tapia Hernández, Alumno de la carrera de ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM, Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630351, Tel. 5617854103, email: atapiah1500@alumno.ipn.mx

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. Tel. 5521854824
e-mail: vgarciaortega@yahoo.com, vgarciao@ipn.mx

Firma: 

Rubén González Ortega- 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.
e-mail: rtortegag@ipn.mx

Firma: 

CARÁCTER: Confidencial

FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.

PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta, Tel.