

Las Energías Renovables son la Autonomía Energética para la Integración de Dispositivos Embebidos Inalámbricos con el IoT

**Renewable Energies are the Energy Autonomy for the
Integration of Wireless Embedded Devices with the IoT**

Joel de Jesus Maza Amador*

* Ingeniero Electrónico. Magíster en Telemática y Telecomunicaciones. Universidad del Norte. Barranquilla, Atlántico / Colombia. Doctorando en Proyecto. Universidad Iberoamericana de México. Docente Facultad de Ingenierías de Sistema del Politécnico de la Costa Atlántico., Instructor de Telecomunicaciones del SENA, jmaza@misena.edu.co, jmaza@pca.edu.co

Fecha de recepción: 1 de junio de 2019

Fecha de aceptación: 18 de noviembre 2019

Citación:

Maza Amador, J. d. (2019). Las Energías Renovables son la Autonomía Energética para la Integración de Dispositivos Embebidos Inalámbricos con el IoT. *Gestión, Competitividad e innovación*(Julio-Diciembre 2019), 13-28.

RESUMEN

El presente artículo surge a partir de los proyectos: “Diseño e implementación de un modelo para optimización del uso de la energía del dispositivo celular inteligente con energías alternativas y batería de respaldo (J. Maza- 2015)” “Optimización de uso de las Energías Alternativas en Celulares Inteligentes con Interface MicroUSB” (J. Maza -2016)”. La creciente demanda de los dispositivos electrónicos con tecnología inalámbrica y de baja potencia, ha impulsado que se desarrollen unas series de sensores embebidos con tecnología inalámbrica que se integran con los objetos industriales. Debido a esa integración, se logra la próxima evolución del internet que es llamado la internet de las cosas, en el cual las máquinas podrán interactuar con otras máquinas (M2M), a su vez las máquinas interactúan con las personas (M2P) y las personas con otras personas (P2P). Debido al incremento esperado en este tipo de sensores embebidos, se espera un aumento en la demanda energética, que por su naturaleza inalámbrica (móvil), deberían alimentarse con fuentes finitas (baterías). El uso de las baterías trae consigo varias desventajas en las que destacan: la molestia de estar cargando constantemente la batería, la contaminación que genera las baterías por tener elementos no degradables y la baja fiabilidad de los dispositivos con insuficiente energía (batería descargada). En este artículo se estudiará nuevos métodos y tecnologías, que sean eficientes, fiables y de bajo costo, para la recolección y acumulación de energías. Se puede aprovechar las abundantes señales que disipan diferentes sistemas en forma de onda electromagnética en nuestro medio ambiente, para transformarla en energía útil y fiable para los sensores embebidos inalámbricos, que les permita lograr una autonomía a nivel de fuentes. El lograr un método o un sistema de recolección y almacenamiento de energías que mejore la eficiencia, que otorgue la potencia necesaria para lograr autonomía energética y que de la misma manera se integre a la fuente de los dispositivos, permitirá una mayor fiabilidad de los procesos que se ejecutan los sensores con los objetos. Por lo anterior, y tomando en cuenta que los sensores embebidos son de bajo consumo de energía, ha aumentado la investigación en la autosostenibilidad energética de las fuentes de alimentación de dichos sensores.

Palabras Claves: *Autonomía energética, Energías ambientales, Sensores autosostenibles, Dispositivos embebidos, Internet de las cosas*

ABSTRACT

This article arises from the projects: "Design and implementation of a model for optimization of the energy use of the smart cellular device with alternative energies and backup battery (J. Maza-2015)" "Optimization of energy use Alternatives in Smart Cell Phones with MicroUSB Interface"(J. Maza -2016)". The growing demand for electronic devices with wireless and low-power technology has prompted the development of a series of embedded sensors with wireless technology that integrate with industrial objects. Due to this integration, the next evolution of

the internet is achieved, which is called the internet of things, in which the machines can interact with other machines (M2M), in turn the machines interact with people (M2P) and people with other people (P2P). Due to the expected increase in this type of embedded sensors, an increase in energy demand is expected, which due to its wireless (mobile) nature, should be fed with finite sources (batteries). The use of batteries brings several disadvantages in which they stand out: the inconvenience of constantly charging the battery, the pollution generated by the batteries due to non-degradable elements and the low reliability of devices with insufficient energy (discharged battery). This article will study new methods and technologies, which are efficient, reliable and low cost, for energy collection and accumulation. You can take advantage of the abundant signals that dissipate different systems in the form of an electromagnetic wave in our environment, to transform it into useful and reliable energy for wireless embedded sensors, which allows them to achieve autonomy at the source level. Achieving a method or system for collecting and storing energy that improves efficiency, gives the necessary power to achieve energy autonomy and that in the same way integrates the source of the devices, will allow greater reliability of the processes that the sensors are executed with the objects. Therefore, and considering that the embedded sensors are of low energy consumption, research on the energy self-sustainability of the power supplies of these sensors has increased.

Keywords: *Energy autonomy, Renewable energies, Self-sustaining sensors, Embedded devices, Internet of things*

1. Introducción

La red de sensores inalámbricas está tomando una gran importancia para la red de internet de todo (IoT), ya que permite monitoreo ambiental, la seguridad fronteriza y el control de la salud humana. Según la revista Technology Review del MIT esta es una de las diez tecnologías que cambiarán el mundo (Evans, 2011).

El crecimiento vertiginoso que se está dando en el área de la electrónica y las telecomunicaciones ha permitido el desarrollo de sensores inteligentes e inalámbricos que permiten interactuar a los seres humanos y las máquinas entre sí, esto ha conllevado a un aumento de dispositivos en todo el planeta, según (Evans, 2011) se dice que para el año 2020 se estiman que habrá 50 mil billones de dispositivos conectados a internet.

Por otra parte, el aumento de los sensores inalámbricos no lleva a un incremento en el consumo de energía a nivel mundial, poniendo el riesgo el agotamiento del combustible fósil y aumentando las emisiones del CO₂, que es asociada a la producción energía (Salet, Roca, 2010), afectado la sostenibilidad medio ambiental, por estas y otras razones se están buscando recuperar la energía del proceso realizados o nuevas fuentes de energías renovables.

En atención a lo expuesto, la falta de energía ha impulsado a la creación y desarrollo de nuevos métodos y tecnologías capaces de mejorar la eficiencia energética de aquellos sistemas que pierden gran parte de energía a ser disipadas en forma de ondas. Estas tecnologías proponen la captura de recolección de parte de la energía que se pierde en los procesos, como

consecuencia de elevar la eficiencia energética (Medina, 2015).

Según el artículo Sistema de Monitoreo y Control Orientado a IoT. Gestión, Competitividad e innovación, el Internet de las cosas tiene el potencial de cambiar el mundo como ya lo hizo Internet. O incluso más.” Ashton (1999). A través de esta frase, el profesor del MIT realizó la primera introducción de la expresión Internet of Things (IoT) de forma pública en el RFID JOURNAL, y desde entonces el crecimiento y la expectación alrededor del término ha ido en aumento de forma exponencial. (Mendoza, J., & Marín, M., 2018)

2. Antecedentes

Existen gran cantidad de fuentes de energía como la solar, la eólica que pueden ser cosechadas, pero tiene un limitante que es el tiempo y la duración de ellas, pero la que se encuentra en forma abundante y permanente en el medio ambiente son las ondas de radio frecuencia, la propuesta es utilizar una bobina (reactancia positiva) y el condensador (reactancia negativa) lo cual permitiría generar una onda sinusoidal, esto hará que el sistema resuene y funcione a su eficiencia máxima. (Sukhjinder, Ankur, s.f).

Existe gran cantidad de fuentes de señal RF que pueden ser posibles fuentes para la recolección de energías, tales como las señales de difusión digital de televisión terrestre (DVB-TDT), señal celular (GSM), señal de radio (AM, FM), redes inalámbricas (WLAN), televisión análoga (VHF) y otras. La propuesta es la de agrupar una serie de antenas en fase que utilice varios rectificadores optimizados para las diferentes frecuencias y transformarla en corriente continua (C.C.). (Ivanov, Allem, s.f).

En la última década la demanda de los sistemas auto-alimentados ha generado aumento en la investigación de cosecha de energía, ya que los desarrollos electrónico han permitido que los dispositivos consuman menos energía, la propuesta es utilizar material piezoeléctrico para que transforme las vibraciones ambientales en energía eléctrica, para ser almacenada y luego utilizada por otros dispositivos y se hizo prueba con tres dispositivos piezoeléctricos como son: piezoeléctrico monolítico, el actuador bimorfo quick pack y el compuesto de monofibra. (Sodano, Inman, 2005).

Se cree que la recolección de energía es una alternativa para la sostenibilidad energética, en los últimos años ha habido un creciente interés en el desarrollo de redes sensoricas que puede ser utilizados en muchas de las actividades del ser humano, la propuesta es diseñar un sistema que permita recolecta energía de las redes inalámbrica de banda ancha, se establecen dos sistemas, uno de frecuencia única y el otro de múltiples frecuencias que permita alimentar a los nodos sensores. (Pavone, Domenico, 2012).

El termino energy harvesting describe los sistemas de recolección de energía ambiental, por medio de diversas fuentes, señales de Radio Frecuencia (RF), energía térmica, movimiento cinético y vibraciones mecánicas, la propuesta es un circuito con un dipolo de antena y un circuito de captación, detección y transmisión de energía (Pérez, Gómez y Gómez, 2016).

3. Formulación del problema

Los sensores inalámbricos requieren una potencia necesaria para su buen funcionamiento, sin esa potencia, se generan problemas de confiabilidad y falla, para lo cual se requiere una fuente finita (batería), esta fuente tiene varios limitantes como son: tiempo de carga, capacidad de carga, la duración de ellas y la contaminación ambiental por poseer elementos

no degradables. Sin embargo, presenta problema cuando se agota el ciclo de vida de la fuente y ella debe ser remplazada. Solo en algunas aplicaciones es posible su reemplazo.

4. Objetivos

Implementar un método o un sistema de recolección y almacenamiento de energías que mejore la eficiencia, que otorgue la potencia necesaria para lograr aumentar la vida útil de los sistemas embebidos inalámbricos.

5. Marco teórico

Los sistemas embebidos inalámbricos con recolección de energía son aquellos que son dotados con la capacidad de extraer energía del ambiente circundante.

Característica de los sistemas embebidos inalámbricos con recolección de energía.

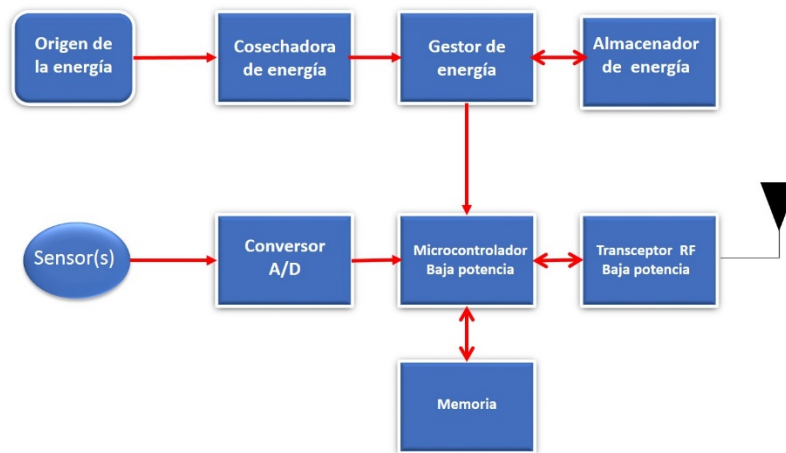


Figura 1: Arquitectura de sensor con cosecha de energía. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La arquitectura de un sistema embebido inalámbrico con cosechador o recolector de energía incluye los siguientes componentes (Figura: 1), los cosechadores de energía, encargados de convertir la energía externa o la energía generada por el ser humano en electricidad; 2) un módulo de gestión de energía, que recolecta energía eléctrica de la cosechadora y la almacena o la entrega a los otros componentes del sistema para su uso inmediato; 3) almacenamiento de energía, para conservar la energía recolectada para uso futuro; 4) un microcontrolador; 5) un transceptor de radio, para transmitir y recibir información; 6) equipo sensorial; 7) un convertidor A / D para digitalizar la señal analógica generada por los sensores y la pone a disposición del microcontrolador para su posterior procesamiento, y 8) una memoria para almacenar la información detectada, los datos relacionados con la aplicación y el código.

Modelos de hardware

Figura 2. El subsistema de energía incluye una o varias cosechadoras que convierten la energía disponible del medio ambiente en energía eléctrica. La energía obtenida por la cosechadora puede usarse para suministrar energía a través del super capacitor o de la batería al sensor o puede almacenarse para uso posterior. Aunque en alguna aplicación es posible alimentar directamente el sensor utilizando la energía recolectada, sin almacenamiento de

energía (Sudevalayam, Kulkarni, 2011).

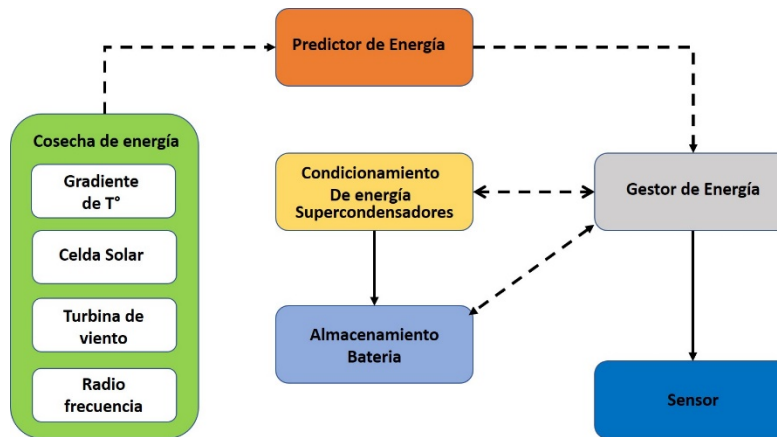


Figura 2: Arquitectura de sensor con predictor. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

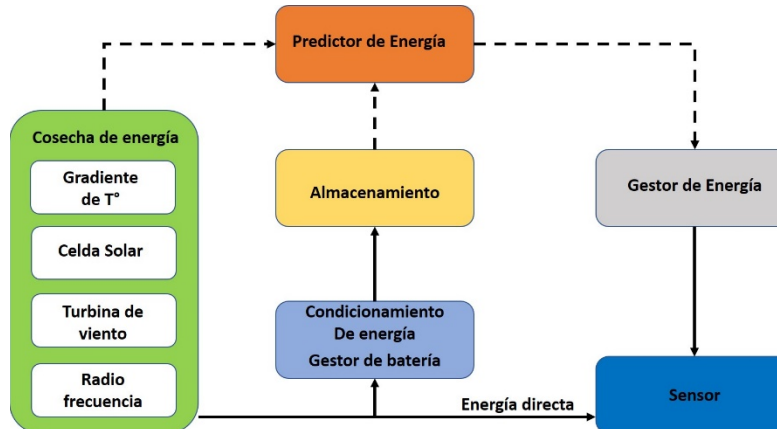


Figura 3: Arquitectura ideal. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

Una arquitectura más razonable permite al nodo utilizar directamente la energía recolectada. Figura 3, pero también incluye un componente de almacenamiento que actúa como un depósito de energía para el sistema, con el principal propósito de acumular y conservar la energía recolectada. Cuando la tasa de recolección es mayor que el uso actual, el componente de depósito puede almacenar energía sobrante para uso posterior (por ejemplo, cuando no existen oportunidades de cosecha), soportando así variaciones en el nivel de potencia emitido por la fuente ambiental.

Ventajas y desventajas de las fuentes de almacenamiento de energía

Considerar la corriente de fuga es importante cuando se trata de sistemas de recolección de energía, especialmente si el escenario de aplicación requiere que la energía recolectada se almacene durante largos períodos de tiempo, la corriente de fuga de los super capacitores es mayor que la de la batería electroquímica, el patrón de fuga se determina experimentalmente dependiendo de su capacitancia. Los supercondensadores son similares a los condensadores normales, pero tienen una capacitancia muy alta en un tamaño pequeño. (Jiang, Culler 2005).

Los supercapacitores tienen varias ventajas con respecto a las baterías recargables: en primer lugar, pueden recargarse y descargarse prácticamente un número ilimitado de veces, mientras que los tiempos de vida típicos de una batería electroquímica son inferiores a 1000 ciclos, en segundo lugar, se pueden cargar rápidamente utilizando circuitos de carga sencillos, lo que reduce la complejidad del sistema y no necesita circuitos de protección de carga completa o de descarga profunda. También tienen una mayor capacidad de carga y descarga que las baterías electroquímicas (Zhu, Gu, 2009).

Las baterías se consideran generalmente como dispositivos ideales del almacenamiento de energías, conteniendo una cantidad dada de unidades de energías. Las baterías reales, sin embargo, funcionan de manera diferente. Como se mencionó anteriormente, todas las baterías sufren de auto descarga, Incluso una batería que no se está utilizando experimenta una reducción de carga causada por la actividad química interna. Las baterías también tienen una carga y una descarga estrictamente menor que 1, es decir, se pierde cierta energía al cargar y descargar la batería. Además, las baterías tienen algunas propiedades no lineales. (Rao, Vrudhula, 2003).

Por otra parte, el aspecto de considerar la comparación del super-capacitor frente a las baterías en varios escenarios de aplicación, no se es posible utilizar la energía total almacenada en el supercondensador, ya que el voltaje de un super-capacitor cae completamente a cero linealmente, sin la curva en que es típico de la mayoría de las baterías electroquímicas. (Rao, Vrudhula, 2003).

Técnicas de cosecha y recolección de energía



Figura 4: técnicas de cosecha de energía. (Adaptación de la gráfica: Joel maza)

La Figura 4 muestra la gran variedad de tipos de energías del ambiente que se pueden recolectar o cosechar. En este aparte, haremos una pequeña descripción y las referencias más relevantes de las técnicas de obtención de energías del ambiente. La recolección de energía es el proceso de conversión de energía mecánica en electricidad mediante el uso de vibraciones, esfuerzos mecánicos y presión, tensión de la superficie del sensor, motores de alta presión, movimientos de rotación de residuos, fluido y fuerza. El principio detrás de la

recolección de energía mecánica es convertir la energía de los desplazamientos y oscilaciones de un componente de masa. (Mitcheson, Yeatman, 2008).

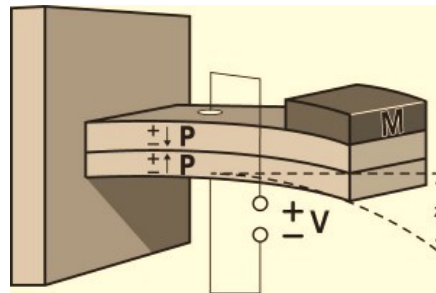


Figura 5: Elementos piezoeléctricos (Adaptado de: <https://constructorelectrico.com/energia-que-emerge-al-paso/>).

La recolección de energía piezoeléctrica (figura 5), se basa en el efecto piezoeléctrico para el cual la energía mecánica de la presión, la fuerza o las vibraciones se transforma en energía eléctrica mediante el estiramiento de un material piezoeléctrico. La tecnología de una cosechadora piezoeléctrica suele basarse en una estructura en forma de alero con una masa sísmica unida a un haz piezoeléctrico, que tiene contactos en ambos lados de los materiales. En particular, las deformaciones en el material piezoeléctrico producen separación de la carga a través de la cosechadora, creando un campo eléctrico y por tanto voltaje proporcional a la tensión generada, tiene una gran ventaja que genera la tensión deseada directamente sin una fuente de tensión diferente a ella. Sin embargo, tiene una desventaja que los materiales son frágiles y puede tener fuga de carga (Torres, 2010).

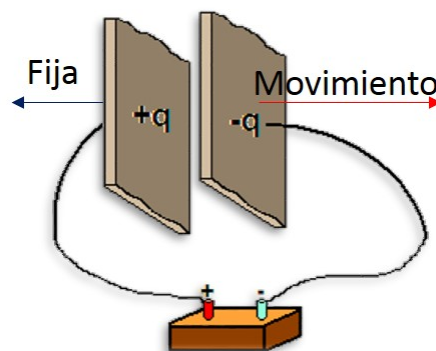


Figura 6: Energía electrostática. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La recolección de energía electrostática se basa en el cambio de la capacitancia de un condensador variable dependiente de la vibración. Para cosechar la energía mecánica se crea un condensador variable por oposición a dos placas, una queda fija y la otra en movimiento, cargándose inicialmente. Cuando las vibraciones separan las placas, la energía mecánica se transforma en energía eléctrica a partir del cambio de

capacitancia, esta cosechadora es compatible con los circuitos integrado, pero requiere de fuente adicional. (Moghe, Yang, 2009).

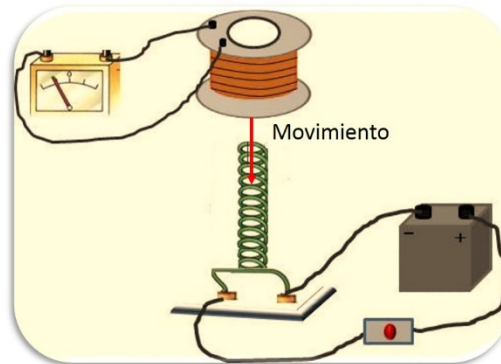


Figura 7: Energía electromagnética. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La recolección de energía electromagnética (figura 7), se basa en la ley de inducción electromagnética de Faraday. Una recolectora electromagnética utiliza un sistema inductivo de masa de resorte para convertir la energía mecánica en eléctrica. Induce el voltaje moviendo una masa de material magnético a través de un campo magnético creado por un imán estacionario.

Específicamente, la vibración del imán unido al muelle dentro de una bobina cambia el flujo y produce una tensión inducida. Las ventajas de este método incluyen la ausencia de contacto mecánico entre las partes y de una fuente de tensión separada, lo que mejora la fiabilidad y reduce el amortiguamiento mecánico en este tipo de cosechadoras. Sin embargo, es difícil integrarlos. (Chalasan, Conrad, 2008).

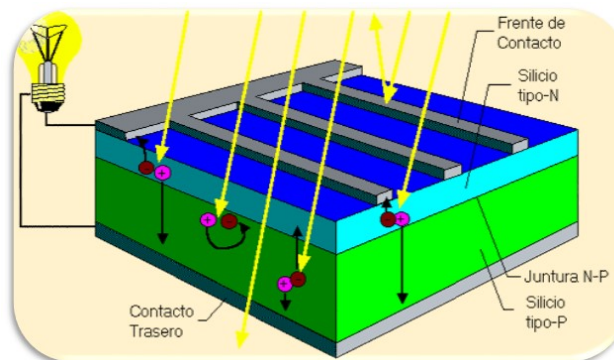


Figura 8: Energía fotovoltaica. (Adaptación de la gráfica: Joel maza)

La recolección de energía fotovoltaica (figura 8), es el proceso de convertir las fuentes entrantes como la de la luz solar o luz artificial en electricidad. La energía fotovoltaica puede aprovecharse mediante el uso de células fotovoltaicas. Estos consisten en dos tipos diferentes de materiales semiconductores llamados n-tipo y p-tipo. Un campo eléctrico se forma en el área de contacto entre estos dos materiales, llamada la unión P-N.

Al exponerse a la luz una célula fotovoltaica libera electrones. Proporciona niveles aceptables

de energía. Sin embargo, los niveles de energía dependen de las condiciones ambientales, de los materiales utilizado para las celdas fotovoltaicas. (Chalasaní, Conrad, 2008).

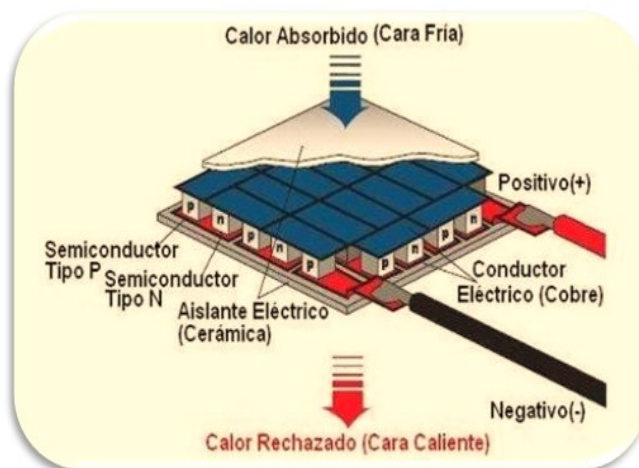


Figura 9: Energía termoeléctrica. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La recolección de energía termoeléctrica (figura 9), es el proceso de creación de energía eléctrica a partir de diferencias de temperatura (gradientes térmicos) utilizando generadores termoeléctricos. El elemento central es una termopila formada por matrices de dos conductores disímiles, es decir, un semiconductor de tipo p y tipo n (termopar), colocado entre una placa caliente y una placa fría y conectado en serie.

Una cosechadora termoeléctrica recolecta la energía basada en el efecto Seebeck, que establece que el voltaje eléctrico se produce cuando dos metales disímiles unidos en dos cruces se mantienen a diferentes temperaturas, esta recolección funciona mientras se mantenga en cambio de temperatura. (Snyder, 2009).

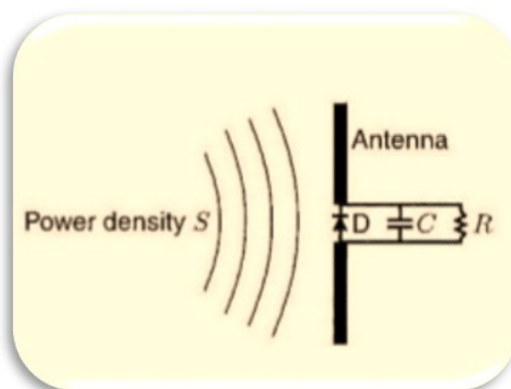


Figura 10: Recolección de energía por radiofrecuencia. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La recolección de energía RF (Radio Frecuencia), (Figura 10), es el proceso de convertir ondas electromagnéticas en electricidad mediante una antena rectificadora o rectena. La energía puede ser cosechada a partir de la energía de radio frecuencias de fuentes ambientales tales como: radiodifusión y televisión, teléfonos celulares, comunicaciones wlan y

microondas, o de señales electromagnéticas generadas a una longitud de onda específica.

Sin embargo, su recolección de energía es extremadamente baja porque la energía disminuye rápidamente a medida que la señal se aleja de la fuente. Por lo tanto, con el fin de eliminar ese inconveniente, la fuente de recolección debe permanecer cerca de la fuente de RF. Otra posible solución es usar un transmisor de RF dedicado para generar señales electromagnéticas más potentes simplemente con el propósito de alimentar los sensores. (Mandal, Turicchia, 2010).

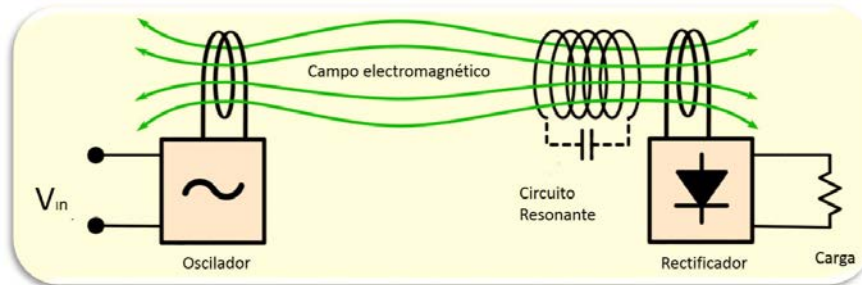


Figura 11: Recolección de energía resonante. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La recolección de energía resonante (figura 11), también llamada acoplamiento inductivo resonante, es el proceso de transferencia y recolección de energía eléctrica entre dos bobinas, que son altamente resonantes a la misma frecuencia. Específicamente, un dispositivo de transformador inductivo externo, acoplado a una bobina primaria, puede enviar potencia a través del aire a un dispositivo equipado con una bobina secundaria.

La bobina primaria produce un flujo magnético de tiempo variable que cruza la bobina secundaria, induciendo un voltaje. En general, existen dos posibles implementaciones de acoplamiento inductivo resonante: Acoplamiento inductivo débil y acoplamiento inductivo fuerte. En el primer caso, la distancia entre las bobinas debe ser muy pequeña (pocos centímetros). Sin embargo, si la bobina de recepción está debidamente sintonizada para que coincida con la bobina externa, puede establecerse un "acoplamiento fuerte" entre dispositivos resonantes electromagnéticos y la alimentación, haciendo posible que haya transferencia de energía a distancias más largas. (Reinisch, Gruber, 2011).

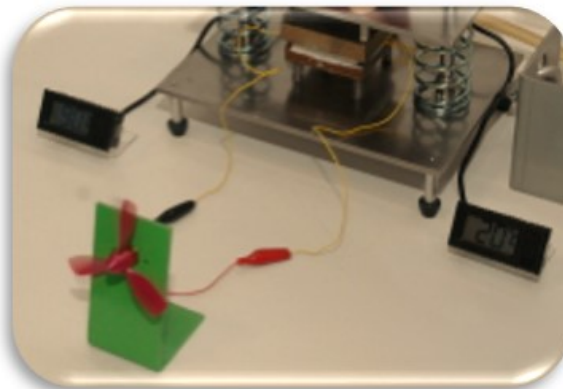


Figura 12: energía eólica. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La recolección de energía eólica (Figura 12), es el proceso de convertir la energía del flujo de aire (por ejemplo, el viento) en energía eléctrica. Una turbina eólica de tamaño adecuado se utiliza para explotar el movimiento lineal procedente del viento para generar energía eléctrica. Existen turbinas de viento en miniatura que son capaces de producir suficiente energía para alimentar sensores, sin embargo, es dependiente del estado del ambiente, y de los obstáculos físicos que puede existir. (Sardini, Serpelloni, 2011).

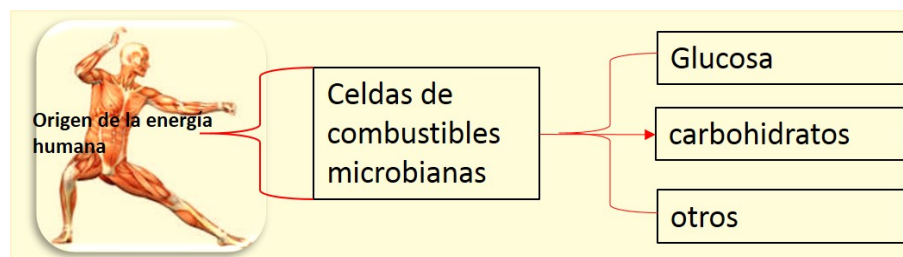


Figura 13: Energía microbiana. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La energía bioquímica (figura 13), es convertir el biofluido en energía eléctrica. Los fluidos corporales humanos incluyen muchos tipos de sustancias que tienen potencial de cosecha. Entre éstos, la glucosa es la fuente de combustible usada más comúnmente. En teoría, libera 24 electrones libres por molécula cuando se oxida en dióxido de carbono y agua. A pesar de que la recolección de energía bioquímica puede ser superior a otras técnicas de recolección de energía en términos de potencia continua de salida y biocompatibilidad, su rendimiento depende del tipo y la disponibilidad de las pilas de combustible. (Sue, Tan, 2012).

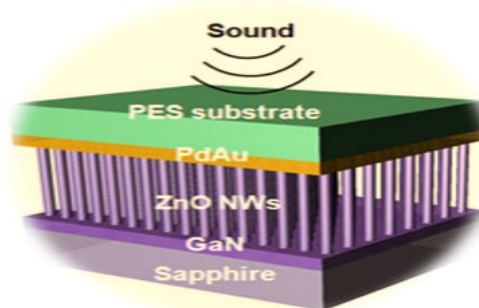


Figura 14: Energía acústica. (Adaptación de la gráfica: Joel maza).

La recolección de energía acústica (Figura 14), es el proceso de convertir ondas acústicas altas y continuas del medio ambiente en energía eléctrica usando un transductor acústico o resonador. Las emisiones acústicas cosechables pueden ser en forma de ondas longitudinales, transversales, de flexión e hidrostáticas que van desde frecuencias muy bajas hasta altas. Por lo general, la recolección de energía acústica se utiliza cuando la energía a largo plazo local no está disponible, como en el caso de lugares aislados, o donde el cableado y el fluido eléctrico son difíciles de usar, como dentro de los sistemas cerrados o rotativos. Sin embargo, la eficiencia de la potencia acústica recolectada es baja y tal energía sólo puede ser cosechada en entornos muy ruidosos. (Sherrit, 2012).

6. Método de la investigación

En la presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y una metodología explicativa la cual se describirán procesos de medición numérica, que nos permita exponer los fenómenos físicos de tal forma que puedan ser cuantificados y medibles.

7. Resultados

En la Tabla 1 vemos que para cada técnica de recolección de energía se muestra su densidad de potencia y la eficiencia de conversión. La densidad de potencia expresa la energía cosechada por unidad de volumen, área o masa. Las medidas comunes de unidad de densidad de potencia incluyen vatios por centímetro cuadrado y vatios por centímetro cúbico. La eficiencia de conversión se define como la relación de la potencia eléctrica recolectada a la potencia de entrada cosechable. La eficiencia de conversión de energía es un número adimensional entre 0 y 100%.

Tabla 1: Técnica, eficiencia y densidad.

Técnica de recolección de energía	Densidad de potencia	Eficiencia
Fotovoltaica	Exterior (directa al sol) 15 mW/cm ² Exterior (día nublado) 0,15 mW/cm ² Interior < 10 μW/cm ²	Más alto 32 ± 1,5 % Normal: 25 ± 1,5%
Piezoeléctrica	250 μW/cm ³ 330 μW/cm ³ en un zapato	± 0,1% ± 0,3%
Electromagnética	Movimiento humano: 1 a 4 μW/cm ³ Industrial 306 a 800 μW/cm ³	Muy baja eficiencia dependiendo del origen
Electrostática	50 a 100 μW/cm ³	Muy baja eficiencia
Radio frecuencia	GSM 900/1800 Mhz : 0,1 μW/cm ² Wlan 2,4 Ghz 0,01 μW/cm ²	50% dependiendo del transmisor
Eólica	380 μW/cm ³ con velocidad de 5m /s	5%
Ruidos acústico	0,96 μW/cm ³ a 100 dB 0,003 μW/cm ³ a 785dB	Muy baja eficiencia dependiendo de la densidad del ruido y es un valor teórico

Inferencias

Todas las técnicas de recolección mencionadas anteriormente pueden ser combinadas, dependiendo del ambiente circundante (cosecha de energía híbrida). Sin embargo, para lograr que se pueda prolongar la vida útil de los sensores inalámbricos por un largo periodo sin que se deteriore la batería ni el super capacitor se necesita que los dispositivos se han eficiente en el uso de la energía según su estado (escucha, dormido o en espera) y que puedan predecir la capacidad de la energía que existe en el ambiente, saber cuándo hacer su tarea dependiendo de su energía, poder establecer el protocolo que más se adecua con respecto al consumo y el aprovechamiento de la energía en el transporte de información entre los sensores embebidos de la red de IoT.

Esto no demuestra que se puede hacer cosecha de energía a muy bajo costo, pero con el limitante que la energía cosechada es muy baja, lo cual requiere que los sensores embebidos se han más eficiente en su uso de energía.

Recomendaciones

Se deben no solo analizar las técnicas de recolección de energía, sino también el comportamiento de los sensores individualmente y en red, se deben identificar los protocolos que le permiten el menor desperdicio de energía.

Conclusiones

En el presente artículo se muestra el desarrollo de un proyecto tecnológico en curso donde se diseña e implementa un sistema de monitoreo y control el cual a través de múltiples instalaciones en un entorno doméstico tendrá un acercamiento al Internet de las Cosas IoT. El prototipo desarrollado es aplicable para sistemas de seguridad en tiempo real en hogares, automatización y sistemas de control y monitoreo remotos.

Las aplicaciones de este proyecto pueden ser mejoradas al usar diferentes sensores y dispositivos a controlar dentro de un entorno doméstico. Otras características, como el apagado automático de dispositivos al tiempo que se envían notificaciones de emergencia hacia un celular o tablet pueden ser muy útiles al momento de realizar un proceso de monitoreo y control más detallado dentro del hogar.

Una de las ventajas de esta aplicación es que puede compartirse con todos los miembros de la familia del hogar a monitorear. Cuando un miembro monitorea un evento específico de un dispositivo desde Blynk, la acción será evidente para todos los demás miembros que comparten la aplicación. De manera similar, se pueden obtener datos históricos y en tiempo real de mediciones de temperatura, humedad, concentración de gases, porcentaje de iluminación desde cualquier lugar utilizando la aplicación.

Además, este sistema puede emplearse en muchos lugares, como bancos, hospitales, laboratorios, estaciones de tráfico, apartamentos residenciales, casas, calles, granjas avícolas, invernaderos, etc. En pocas palabras, este sistema se puede usar en múltiples campos y áreas para hacerlos operar de manera inteligente.

Debido a que la popularidad de los smartphones es muy amplia hoy día, este sistema que cuenta con una interfaz de usuario amigable, puede ser usado para el beneficio de las personas, no sólo desde el punto de vista económico al automatizar su sistema, sino también en aras de impactar positivamente al medio ambiente con la minimización del consumo de energía eléctrica en el hogar.

Los trabajos futuros para este proyecto incluyen: 1) Implementación de la solución en un ambientes residenciales e industrias de pequeña escala. 2) Minimización de la carcasa y dimensiones del dispositivo final. 3) Integración de sensores inalámbricos para formar una WSN. 4) Análisis de Big Data de los datos recolectados a través de herramientas y técnicas pertinentes.

Referencias

Arduino. [Online]. Disponible: <https://www.arduino.cc/en/Guide/MKR1000>

Ashton, K. (1999). That 'Internet of Things' Thing, RFID Journal

- Chalasan, S., & Conrad, J. M. (2008, April). A survey of energy harvesting sources for embedded systems. In Southeastcon, 2008. IEEE (pp. 442-447). IEEE.
- Computer Magazine, 36(12):77-87, December 2003.
- DEOL, SUKHJINDER SINGH, and ANKUR MAHADIK. "RADIO FREQUENCY ENERGY HARVESTING."
- Ericsson Mobility Report, (Junio de 2018). <https://www.ericsson.com/assets/local/mobility-report/documents/2018/ericsson-mobility-report-june-2018.pdf>
- EVANS, Dave. (2011) Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo, Recuperado de http://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/executive/assets/pdf/internet-of-things-iot-ibsg.pdf [junio 6, 2017].
- Ivanov, Ivan, and Ben Allen. "Radio Frequency Energy Harvesting."
- Mandal, S., Turicchia, L., & Sarpeshkar, R. (2010). A low-power, battery-free tag for body sensor networks. IEEE Pervasive Computing, 9(1).
- Medina Medina, M. (2015). Recolección de energía eléctrica del sistema de freno de un ascensor.
- Mendoza, J., & Marín, M. (2018). Sistema de Monitoreo y Control Orientado a IoT. Gestión, Competitividad e innovación (Julio-Diciembre), 52-66.
- Mitcheson, P. D., Yeatman, E. M., Rao, G. K., Holmes, A. S., & Green, T. C. (2008). Energy harvesting from human and machine motion for wireless electronic devices. Proceedings of the IEEE, 96(9), 1457-1486.
- Moghe, R., Yang, Y., Lambert, F., & Divan, D. (2009, September). A scoping study of electric and magnetic field energy harvesting for wireless sensor networks in power system applications. In Energy Conversion Congress and Exposition, 2009. ECCE 2009. IEEE (pp. 3550-3557). IEEE.
- Montes H., Pacheco A., Ramos H. (2017). Monitoreo del Consumo de Energía Eléctrica Doméstica con Arduino-. Universidad Católica de Santa María. Perú
- OpenEnergyMonitor Documentation [Online]. Disponible: <http://openenergymonitor.org/emon/>
- Pavone, Domenico, et al. "Design considerations for radio frequency energy harvesting devices." Progress In Electromagnetics Research B 45 (2012): 19-35.
- Pérez, David Jiménez, Rolando Guerra Gómez, and Jorge Torres Gómez. "A survey of energy harvesting circuits: research issues and challenges." Revista Telemática 15.2 (2016): 73-90.
- R. Rao, S. Vrudhula, and D. N. Rakhmatov. Battery modeling for energy aware system design.
- Reinisch, H., Gruber, S., Unterassinger, H., Wiessflecker, M., Hofer, G., Pribyl, W., & Holweg, G. (2011). An electro-magnetic energy harvesting system with 190 nW idle mode

- power consumption for a BAW based wireless sensor node. *IEEE Journal of solid-state circuits*, 46(7), 1728-1741.
- S. Sudevalayam and P. Kulkarni. Energy harvesting sensor nodes: Survey and implications. *IEEE Communications Surveys Tutorials*, 13(3):443{461, Third quarter 2011.
- SALAEY FERNÁNDEZ, S. T. É. P. H. A. N. E., & ROCA JUSMET, J. O. R. D. I. (2010). Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO₂: Algunos posibles escenarios futuros de emisiones. *Revista Galega de Economía*, 19(1).
- Sardini, E., & Serpelloni, M. (2011). Self-powered wireless sensor for air temperature and velocity measurements with energy harvesting capability. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 60(5), 1838-1844.
- Sherrit, S. (2008, November). The physical acoustics of energy harvesting. In *Ultrasonics Symposium, 2008. IUS 2008. IEEE* (pp. 1046-1055). IEEE.
- Snyder, G. J. (2009). Thermoelectric energy harvesting. In *Energy Harvesting Technologies* (pp. 325-336). Springer US.
- Sodano, Henry A., Daniel J. Inman, and Gyuhae Park. "A review of power harvesting from vibration using piezoelectric materials." *Shock and Vibration Digest* 36.3 (2004): 197-206.
- Sonandkar, V., Bhati, A., Gupta, D., Chouchan, S., Kinhekar, N. y Padhy N. (2016). Power measurement using arduino for effective demand response. *IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS)*. India.
- Srividyadevi, P., Pusphalatha, D. y Sharma, P., (2013). Measurement of Power and Energy Using Arduino. *Research Journal of Engineering Sciences*. India.
- Sue, C. Y., & Tsai, N. C. (2012). Human powered MEMS-based energy harvest devices. *Applied Energy*, 93, 390-403.
- Swart, H. P. y James, A. (2015). A customizable energy monitoring system for renewable energy systems. Conference: SAUPEC 2015, At Resolution Circle Towers in Napier Road in Milpark – Johannesburg, Milpark – Johannesburg,
- T. Zhu, Z. Zhong, Y. Gu, T. He, and Z.-L. Zhang. Leakage-aware energy synchronization for wireless sensor networks. In *Proceedings of ACM MobiSys 2009*, pages 319{332, New York, NY, 2009.
- Tamkittikhun, N., Tantidham, T. y Intakot, P. (2015). AC power meter design based on Arduino: Multichannel single-phase approach. *International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*. India.
- Torres, E. O. (2010). An electrostatic CMOS/BiCMOS Lithium ion vibration-based harvester-charger IC. *Georgia Institute of Technology*.
- Vega A., Santamaría P. y Rivas E. (2014). *Internet de los objetos*. Univesidad EAN. Colombia.
- X. Jiang, J. Polastre, and D. Culler. Perpetual environmentally powered sensor networks. *Proceedings of ACM/IEEE IPSN 2005*, pages 463{468, April 25{27 2005.