

APLICACIÓN DE LAS REDES INTELIGENTES PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS REDES ELÉCTRICAS

Lenin Agustín Cuenca Alava, ¹Universidad Técnica de Manabí, Ave. Urbina y Che Guevara Portoviejo, Ecuador

Abstract— In the presented work stands as a short time ago, the dominant paradigm consisted of universal service and its centralization. In this sense refers to the electricity grid of the future requires a radical and qualitative leap due to the need to better manage energy resources, promote the protection of the environment and respond to increasingly stringent quality of service and product requirements. Arises the concept called smart electricity networks (Smart Grids) which is based in the traditional grid forming electronic devices such as gauges, sensors and controls, among others, linked through different communication technologies, achieving the centralization and the use of the information for the benefit of all stakeholders, optimizing the functioning of the electrical system. In this way, it is possible that service companies can efficiently manage their assets and end users to manage their consumption in a rational manner. Is required to enhance it efficiency energy of them networks electric, a management of the energy timely and effective. you are available in a given natural site, due to the limitations explained above. Although she is holding reserves of renewable energy sources, its practical implementation would affect the dynamic performance of power plant front shocks.

Index Terms—smart grids, efficiency energy, renewable energy sources, networks electric

I. INTRODUCCIÓN

La situación energética a escala mundial ha comenzado a presentar los primeros síntomas de crisis, encabezados por los elevados precios del barril de petróleo y las actuales contiendas bélicas en el Medio Oriente por el dominio de los yacimientos, algo que muestra la desesperación de las grandes Transnacionales Petroleras ante el agotamiento de hidrocarburos en otros territorios [1]. Se debe enfocar la mirada hacia la naturaleza y aprovechar la energía limpia e inagotable que esta ofrece. En la década pasada, los temas sobre la conservación de recursos naturales y la protección del ambiente han logrado gran importancia. El empleo de fuentes energéticas renovables es un indicador del grado de desarrollo de una nación.

La energía renovable es cualquier tecnología que exclusivamente depende de una fuente de energía que se regenera naturalmente durante un tiempo corto y se deriva directamente e indirectamente del sol, o del agua u otros elementos naturales y mecanismos del ambiente. En palabras más simples, se deriva la energía renovable de recursos inagotables por ejemplo; el sol (energía solar), los ríos y

corrientes de agua dulce (energía hidráulica), los mares y océanos (energía mareomotriz), el calor de la tierra (energía geotérmica), las olas (energía undimotriz), los desechos orgánicos (energía biomasa) y el viento (energía eólica).

Además, con la utilización de la energía renovable podemos evitar fácilmente los problemas de energías relacionados con el ambiente, como la lluvia ácida que “es una forma de la reducción de contaminación en la cual SO₂ y NO producidos por la combustión de combustibles fósiles son transportados sobre grandes distancias a través de la atmósfera y depositados vía la precipitación sobre la tierra”, capa ozono, cambio climático global, y la energía nuclear.

Sin embargo, siendo la electricidad un movilizador de avances tecnológicos en todas las ramas de la actividad humana y que la llegada de la red eléctrica fue, de por sí, un símbolo de progreso y mejora en la calidad de vida de las personas, hoy se evidencia que a pesar de los cambios en los aportes de la generación por fuentes alternativas, la red eléctrica estructuralmente no ha sufrido una transformación sensible que la adapte a las nuevas necesidades del mercado eléctrico.

Hasta poco tiempo atrás, el paradigma dominante consistió en la universalización del servicio. La red eléctrica del futuro requiere un salto cualitativo debido a la necesidad de administrar mejor los recursos energéticos, favorecer la protección del medioambiente y responder a los requerimientos cada vez más exigentes de calidad de servicio y producto.

Surge entonces así el concepto denominado Redes Eléctricas Inteligentes (Smart Grids) que se basa en incorporar a la red eléctrica tradicionales dispositivos electrónicos tales como medidores, sensores o mandos, entre otros, vinculados a través de distintas tecnologías de comunicación, logrando la centralización y el uso de la información para provecho de todos los actores involucrados, optimizando el funcionamiento del sistema eléctrico. De esta forma, es posible que las empresas de servicios puedan administrar eficientemente sus activos y que el usuario final gestione su consumo en forma racional.

II. MATERIALES Y METODOS

En América Latina, la conversión de energía solar a través de celdas fotovoltaicas y el aprovechamiento de la energía hidráulica son los dos recursos renovables más ampliamente disponibles y difundidos para generar electricidad. Los sistemas

de suministro eléctrico en islas, para asentamientos aislados o, incluso, pueblos enteros son algunos ejemplos de aplicación. Según estimaciones de la Unión Europea (UE), en Europa existen ya unas 300000 granjas y edificios que no están conectados a la red eléctrica pública. En estas zonas, el uso de sistemas fotovoltaicos aislados suele ser la solución más económica.

Para la planificación, el diseño y la selección de un sistema aislado se deben tener en cuenta varias restricciones. El diseño óptimo de un sistema de suministro eléctrico depende de la potencia de conexión necesaria, del consumo de energía, del tipo de consumidores, del período de uso y de las restricciones meteorológicas.

Las redes aisladas se utilizan principalmente para suministrar energía a cargas alejadas de la red. Esta energía se debe facilitar en una forma adecuada para su uso por parte de los consumidores. Para las redes aisladas acopladas a corriente alterna esto significa que todas las fuentes funcionan sobre la base de unos niveles de tensión y frecuencia definidos.

En la red eléctrica inteligente aislada se pueden conectar varios generadores de energía diferentes, por ejemplo: instalaciones fotovoltaicas, instalaciones de energía eólica, centrales hidroeléctricas y generadores diesel. En este trabajo proponemos aplicar técnicas de inteligencia artificial al trabajo de una red eléctrica inteligente aislada buscando el máximo aprovechamiento de la energía eléctrica.

Ahora bien, para tener una idea exacta de la red eléctrica inteligente, la definimos como aquella capaz de integrar las acciones de todos los agentes, productores o consumidores, para distribuir energía de forma eficiente, sostenible, rentable y segura.

"La red", es la red eléctrica, una red de líneas de transporte y distribución, subestaciones y transformadores que suministran electricidad desde la central eléctrica a su hogar o negocio. Lo que hace a la red "inteligente" es la tecnología digital que permite la comunicación bidireccional entre la empresa suministradora de electricidad y sus clientes.

La red inteligente utiliza productos y servicios innovadores, así como tecnologías avanzadas de monitorización, control, y comunicación, que aportan beneficios tanto al medio ambiente como a los clientes.

En este sentido, debemos enfocarnos en un estudio en el que convergen tres situaciones que se listan a continuación:

La generación de energía fotovoltaica y otras fuentes de energía renovable para ser utilizada en viviendas.

La gestión de ésta energía al interior de la vivienda a través de un sistema basado en inteligencia distribuida (sistemas multi-agente)

El análisis de las conexiones a la red eléctrica pública para abastecer la vivienda, o proveer a la red pública en caso de que existan excedentes de energía, a través de redes inteligentes (Smart Grid, en inglés).

Se trazan entonces para justificar el presente trabajo tres miradas importantes, que son:

el uso de la energía solar en las viviendas,

la domótica como herramienta para la gestión energética,

las redes inteligentes como integradoras de la generación de energía distribuida.

Los tres enfoques, finalmente confluyen para una integración real del trabajo que se plantea.

"La necesidad cada vez mayor de generación distribuida de energía eléctrica, es en la actualidad, una de las soluciones generalmente aceptadas para el ahorro energético y el desarrollo sostenible a nivel social y económico", [2]. Esta generación distribuida, implica la generación de energía desde los hogares y edificios para solucionar sus necesidades particulares, y que interactúan permanentemente con la red pública, en flujo bidireccional de energía e información. La instalación en una vivienda, de sistemas de generación de energía solar o de otra naturaleza, debe ser analizada desde varios enfoques, considerando la arquitectura de la vivienda, los materiales utilizados y las tecnologías de conversión y distribución de energía.

Muchos países en especial los de la Unión Europea, han implementado normativas a la construcción de edificios relacionados a las energía renovables, en las que se obliga a que dichos inmuebles deben de disponer, de lo que se denomina un "certificado energético", cuya implicación no solo está relacionado a la eficiencia energética, sino también a la generación de energías no contaminantes, al menos aquellas destinadas a la alimentación de la climatización de ambientes (acondicionador de aires y calefacción). Según se aprecia en el artículo [3]), en las que las normas son de aplicación voluntaria mientras que las disposiciones legales son de obligatorio cumplimiento.

Bajo este breve análisis, se puede justificar los requerimientos del estudio de las energías renovables, para su aplicación en viviendas y edificios dentro de las urbes, y demás ciudades del Ecuador, y que no se ha encontrado literatura que aborde estudios de esta naturaleza en este contexto, que atendiendo al avance de normativas en otros países, en el mediano plazo podrían incorporarse en las principales ciudades del Ecuador.

En una segunda mirada, los sistemas domóticos satisfacen fundamentalmente tres necesidades dentro del hogar: confort, seguridad y gestión energética. En la gestión energética está implícito el fomentar los sistemas amigables con el medio ambiente, no solo a través de la eficiencia energética sino también en la generación de energías por medios no contaminantes.

La domótica debe ser vista y analizada dentro de la vivienda como un sistema integrado y no como un grupo de sistemas o dispositivos aislados. Muchos de los sistemas denominados "domóticos" instalados en edificios y viviendas actualmente, constituyen sistemas aislados, es decir que puede haber

sistemas contra incendios, sistemas de seguridad, control de acceso, control de luces, etc., los cuales no están interconectados a través de una red, no hay un sistema de control (sea centralizado o distribuido) que permita gestionar las diferentes funciones de la domótica en virtud de los sensores y actuadores existentes en el inmueble. Peor aún, no existe un sistema inteligente que los supervise, controle y gestione el sistema a fin de proveer confort, seguridad y ahorro energético en la vivienda de forma eficiente, que constituyen las salidas o los beneficios de estas redes integradas al sistema.

El uso de redes de comunicaciones inteligentes para sensores y actuadores es muy viable dentro de entornos domóticos, inclusive a través de agentes inteligentes, que generan sistemas muy robustos y rápidos. Esto lo confirman muchas investigaciones como el citado en [4], que estudió un modelo de inteligencia ambiental facilitado por la integración de Redes de Sensores Inalámbricas (Wireless Sensor Networks, WSN) con agentes inteligentes, el cual tiene la capacidad de ofrecer aspectos tales como conocimiento de contexto (sensible al entorno en el que actúa) y redes inalámbricas más inteligentes.

Además, de una nueva clasificación del contexto que permite deducir más fácilmente la situación actual del entorno y su consecuente adaptación, así como la definición de una arquitectura para desarrollar sistemas de Inteligencia Ambiental, sin embargo, no se ha descrito la implementación de los agentes en los sensores que permitan mejorar el rendimiento en el sistema. En [5] atendiendo a los sistemas multi-agentes se plantea que: “un enfoque distribuido dota a la arquitectura de una elevada capacidad de recuperación ante errores, así como una mayor flexibilidad para adaptar su comportamiento en tiempo de ejecución.”

Existen múltiples trabajos que de forma similar, califican a los sistemas basados en inteligencia distribuida, como robustos, versátiles, con una capacidad de adaptabilidad muy buena al contexto, con tiempo de respuesta muy bajos, en [6] se afirma que “La teoría de agentes inteligentes permite obtener una colaboración entre ellos para resolver complejos procesos y manipular importantes cantidades de información con una precisión y fiabilidad que de otra forma no sería posible.”. Así mismo afirma, que los sistemas basados en agentes inteligentes se emplean cada vez más en las empresas debido a que permiten manejar con facilidad datos actuales, proporcionan monitorización y visibilidad continua de forma interrumpida; son flexibles, ejecutan procesos orientado a los objetivos planteados; temporizan o retardan en caso de requerirse la toma de decisiones; incrementan la velocidad de decisión y permiten el replanteo dinámico de la situación, en el caso de trabajos continuos.

Una tercera mirada es el análisis de las redes inteligentes. Un sistema domótico, en lo referente a la gestión energética, debe procurarse su propia energía (generación de energías limpias y renovables) y la capacidad de poder gestionar la producción de la misma con la red pública, de tal forma que pueda proveerse

cuando la producción interna no sea suficiente, almacenarla en caso de tener acumuladores de energía o proveer a la red pública de energía, en caso de que esta lo permita.

En [7] se realiza un análisis de lo que son las redes eléctricas inteligentes y una proyección a corto y mediano plazo de sus avances en cuestiones tecnológicas y de integración. Se afirma que “Gracias a la gran cantidad de proyectos que se están llevando a cabo en el mundo, las redes inteligentes son ya una realidad. Esto demuestra la concientización de las personas, empresas y gobiernos con el medio ambiente, lo cual viene reflejado en el Plan horizonte 2020, en el documento Plan de Energía y Cambio Climático Horizonte 2020 (2014) de la ciudad de Madrid. Se apuesta entonces a una generación distribuida en lugar de una centralizada, lo que permitirá que la generación de energía sea mucho más sostenible y eficiente, en la búsqueda de que el cliente pueda generar su propia energía, reduciendo los centros de generación con elevada potencia.

Los nuevos modelos de red inteligente, impulsan la generación distribuida, la autonomía en su control y las integraciones de tecnologías de la información para la transmisión y el manejo de datos, constituyen según [8] una solución cercana a los problemas actuales. Además, la reducción de costes de las telecomunicaciones, los avances en sensores y sistemas más inteligentes y procesadores más potentes y rápidos, está haciendo que la generación, distribución y gestión de energía sea más barata, ecológica y permita ofrecer una serie de nuevos servicios a los usuarios finales, confirmando la factibilidad de la implementación de energía solar, desde el punto de vista técnico y económico.

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Entre los beneficios de las redes inteligentes, podemos plantear:

- Aumentan el nivel de fiabilidad y calidad en el suministro de energía eléctrica. Cuando hay una avería, las tecnologías de la red inteligente pueden detectar y aislar el problema y contribuir a que la recuperación de la electricidad sea rápida y se desarrolle estratégicamente, devolviendo la electricidad a los servicios de emergencia en primer lugar, por ejemplo. Además, la red inteligente saca mayor provecho de los generadores de energía propiedad del cliente cuando no se dispone de electricidad procedente de la compañía eléctrica. Esto es, si la demanda es mayor que la oferta de la empresa eléctrica, el cliente que genera energía por un medio no convencional (fotovoltaica, eólica, hídrica, acumuladores de energía como los coches eléctricos), le venden energía a la empresa eléctrica para que de cobertura energética a esa demanda. Aquí el cliente se convierte en vendedor.

- Facilitan a los clientes instrumentos que les permiten optimizar su propio consumo eléctrico y mejorar el funcionamiento del sistema global (gestión activa de la demanda). Las redes inteligentes dan al usuario la información y las herramientas necesarias para tomar decisiones sobre su uso de la energía: el cliente podrá ver cuánta electricidad

consume, cuándo la utiliza y cuánto le cuesta, y ahorrar dinero generando su propia energía y eligiendo el mejor momento para consumir electricidad, es decir, trasladar su consumo en diferentes horarios del día, diurno, nocturno, horario de pico.

- Contribuyen a mantener la sostenibilidad ambiental, integrando la generación distribuida de fuentes renovables. y desplegando la infraestructura de recarga para la movilidad eléctrica, contribuyendo a la reducción de las emisiones de CO₂. Facilitan el almacenamiento de la electricidad.

- Mejoran la eficacia en la distribución de los flujos de energía y la flexibilidad en la gestión de los picos de demanda, con la consiguiente disminución de las necesidades de nuevas instalaciones de generación.

En el caso de la llamada "distribución inteligente" se refiere a la parte de la red inteligente que se ocupa del sistema de distribución de la electricidad, es decir, los cables, interruptores y transformadores que conectan la subestación eléctrica con el cliente.

Un componente clave de la distribución inteligente es la detección de los cortes de distribución. Actualmente muchas compañías eléctricas dependen de las llamadas de los clientes para saber qué áreas de su sistema de distribución están siendo afectadas por un corte de energía. Junto con los contadores inteligentes, la distribución inteligente ayudará a identificar rápidamente el origen de un corte de energía para que los equipos de reparación puedan acudir inmediatamente a la zona afectada.

La mayoría de las compañías cuentan con complejos esquemas de distribución e interruptores manuales para mantener el flujo de energía a sus clientes, incluso cuando las líneas eléctricas están dañadas o destruidas. Este método tiene sus limitaciones; en muchos casos un sistema automatizado podría responder más rápidamente y mantener el flujo de energía a más clientes.

La red inteligente cuenta con sensores que pueden alertar de que ciertas partes del sistema de distribución han perdido energía, y mediante la combinación del control automatizado con un sistema inteligente que determina la mejor manera de responder a un corte de luz, se puede restaurar el suministro de electricidad a la mayoría de los clientes en cuestión de segundos, o tal vez incluso milésimas de segundo.

Uno de los aspectos claves que entran en las prestaciones y aportaciones del trabajo con redes inteligentes son las casas inteligentes (domótica) y los edificios inteligentes (inmótica), los cuales gestionan y gerencian su energía a partir del ahorro energético al interior, y se gestiona por tanto la venta de la energía disponible al tener la red una demanda.

La casa inteligente utiliza avanzadas soluciones tecnológicas para un uso más racional de la energía. Permite mejorar el bienestar, garantiza el ahorro energético, y asegura la conservación de los recursos naturales.

La interacción de los hogares con la red eléctrica es un punto clave para una gestión optimizada de los consumos domésticos. La compañía eléctrica pone a disposición del cliente dispositivos de vanguardia capaces de interactuar por un lado con la red eléctrica y por el otro con los aparatos eléctricos

presentes en el hogar. El objetivo principal es el de "unir en red" los electrodomésticos de la casa y vincularlos al mismo tiempo a los otros dispositivos electrónicos y tecnológicos existentes, con el fin de optimizar fácilmente sus consumos y funcionalidades, incrementando el confort de las personas y respetando el medio ambiente.

Es necesario que las viviendas y demás inmuebles comiencen a prepararse para lo que es una nueva generación de sistemas y equipos inteligentes, que han comenzado a invadir nuestro entorno y que su adecuado uso no solo mejorará la calidad de vida de los habitantes, sino que serán sistemas más amigables con el medio ambiente. En el Ecuador, a través del ministerio de Electricidad y Energía Renovable, a inicios del 2015 ha puesto en marcha un programa de Redes Inteligentes, según el titular del Ministerio, "busca incorporar un nuevo modelo de gestión del sistema eléctrico, sustentado en tecnologías avanzadas de medición, monitoreo y comunicación, y que involucre desde la producción hasta el consumo de la energía eléctrica". Es necesario iniciar estudios de esta naturaleza, para determinar su aplicabilidad en sus ciudades, asegurar una conectividad eficiente con los sistemas domóticos y fomentar el diseño de sistemas en función de las necesidades reales de la población, y no repetir como en el caso de muchas otras tecnologías, que han llegado al país y es la población y el medio, quienes han tenido que adaptarse a ellas, impidiendo su máximo aprovechamiento.

En las tres miradas que se ha dado al proyecto planteado, queda claro la necesidad de abordar temas relacionados con las energías renovables, la domótica y las redes inteligentes. Pero es mucho más importante la necesidad de integrar estos tres enfoques en uno solo, un sistema integral, que sea controlado por sistemas con inteligencia distribuida, que sea robusto, versátil y sensible al contexto (inteligencia ambiental), con la capacidad de interactuar con otros sistemas o redes e inclusive integrarse a sistemas más grandes, en proyecto tales como "Smart City", [9]

En resumen, la casa inteligente permitirá al consumidor:

Convertirse en una parte activa del mercado de la energía, consumiendo y produciendo en respuesta a señales oportunas de precio.(puede vender la energía que no consume)

Aumentar el propio conocimiento sobre el uso de la energía.

Ahorrar optimizando el consumo, programando el encendido y apagado de los electrodomésticos en línea con las tarifas adoptadas y las propias necesidades.

Mejorar el confort en la vivienda mediante una integración de todos los dispositivos electrónicos presentes en ella.

El punto de contacto de la vivienda con la compañía eléctrica es el contador inteligente o telecontador. Este dispositivo, junto a la infraestructura de telegestión, garantiza una mayor rapidez, eficiencia y facilidad de relación entre el proveedor de electricidad y los clientes.

Además del contador inteligente, el proceso de telegestión requiere otros dos elementos:

El concentrador, instalado en los centros de transformación

de media a baja tensión para recoger los datos registrados por los contadores conectados.

El sistema central, para gestionar a distancia los contadores y los concentradores, y servir de conexión con los sistemas comerciales y técnicos de la compañía.

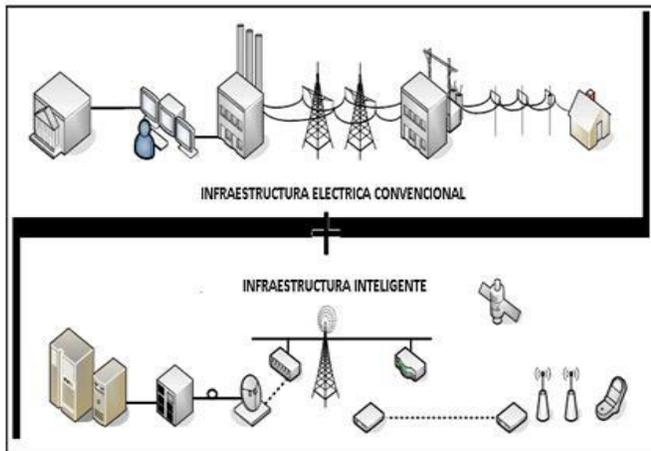


Fig.1 Infraestructura de las redes convencional y las inteligentes

Para poder realizar la aplicación de las Redes Inteligentes, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

Una clara comprensión sobre el diagnóstico de fallas de los equipos que conforman el sistema y los métodos de diagnóstico a emplear en cada caso.

Una base de datos sólida sobre las fallas y el funcionamiento/operación del Sistema Eléctrico de Potencia para que se creen los sistemas de diagnóstico correspondientes que permitan la toma de decisiones de forma automática a la red, o a los operadores en caso necesario. Y estaría este sistema diseñado con inteligencia artificial que pueda brindar la toma de decisión óptima dentro del sistema.

4. CONCLUSIONES

En el caso del análisis realizado como proyección de trabajo con redes inteligentes, si se aplican técnicas de inteligencia artificial a la gestión de la información de una red eléctrica inteligente aislada, con fuentes renovables de energía, se podrá incrementar la eficiencia y la confiabilidad del servicio eléctrico.

Podemos plantear que como fuentes que aportan energía a las redes inteligentes son las fuentes renovables, y otras los autos eléctricos, lo cual forma parte de la generación distribuida, donde cada cliente desde su casa se convierte en un generador de energía a la red, pasando de comprador de la energía a vendedor. En el caso de generación en isla o segmentos aislados, se administra la energía al interior de dicha isla.

La generación se realiza en diferentes puntos a la vez, una generación cercana al consumidor, por lo tanto disminuyendo

en gran medida las pérdidas por transmisión, abaratando el costo del kWh.

Aquí es imprescindible disponer de herramientas desde la informática (crear software) que permitan gestionar esto, para que no entren en conflicto los diferentes aportes de los generadores-usuarios. Hay que determinar en tiempo cuando se conecta un usuario para comprar la energía y cuando para vender a la red. El balance entre disponibilidad energética y la demanda en cada momento con una herramienta para la toma de decisión oportuna y eficaz.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Barrio Félix, J.: “Perspectivas de las Redes Eléctricas Inteligentes en Europa”, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), Relaciones Internacionales y Cooperación, Asunción (Paraguay), Mayo 2010.
- [2] Sánchez Pacheco, C. (2010). Sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a viviendas residenciales en entorno urbano (Trabajo Doctoral). Universidad Internacional de Adalucía (UNIA).
- [3] Sánchez, C. M. G., & Martín, F. M. (2013). Una panorámica de la inteligencia artificial aplicada a la domótica, Trabajo Final de Carrera. Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de informática.
- [4] Restrepo Medina, S. E. (2012). Modelo de Inteligencia Ambiental basado en la integración de Redes de Sensores Inalámbricas y Agentes Inteligentes (Trabajo Doctoral, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín).
- [5] Tapia Martínez, D. I. (2009). Arquitectura multi-agente para entornos de Inteligencia Ambiental, Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca, Departamento de Informática y Automática.
- [6] Abarca, Antonio (2011). Sistemas de agentes para control de stock de almacén basado en identificación por radiofrecuencia. Universidad de castilla - la mancha. Departamento de ingeniería Eléctrica, electrónica u Automática.
- [7] Martínez Ochoa, S. (2012). Smart grids: presente y futuro del sistema eléctrico, Proyecto de fin de carrera. Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- [8] González Gonzáles, Á. J. (2012). Propuesta de la introducción de la energía renovable en la vivienda mexicana. Trabajo de fin de Master. Instituto Politécnico Nacional, Escuela superior de Ingeniería y Arquitectura.
- [9] Al-Hader, M., & Rodzi, A. (2009). The smart city infrastructure development & monitoring. Theoretical and Empirical Researches in Urban Management, 4(2), 87-94.