

**ESTADO DEL ARTE DE LOS ALGORITMOS DE LOGICA ADAPTATIVA DE
LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN EL ENFOQUE DE REDES
INTELIGENTES.**

**CESAR JULIÁN MENESES ZAMBRANO
JUAN CARLOS ZAMBRANO OLARTE**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAICAS
ESCUELA DE INGENIERA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2011

**ESTADO DEL ARTE DE LOS ALGORITMOS DE LOGICA ADAPTATIVA DE
LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN EL ENFOQUE DE REDES
INTELIGENTES.**

CESAR JULIAN MENESES ZAMBRANO

JUAN CARLOS ZAMBRANO OLARTE

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de Ingeniero Electricista**

Director

Ing. MANUEL JOSE ORTIZ RANGEL

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECAÑICAS

**ESCUELA DE INGENIERA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2011

DEDICATORIA

A Dios

Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.

A ti Adorada Madre "María G Zambrano."

A quien le debo todo en la vida, por haberme educado y soportar mis errores. Gracias a tus consejos, por el amor que siempre me has brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad.

¡Gracias por darme la vida!

Te quiero mucho!

A ti Padre "Mario Meneses".

Le agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindó para culminar mi carrera profesional.

A mis Hermanos "Jenny A. y Jorge M."

Porque siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido, por el apoyo y amistad

¡Gracias!

A mi Novia

Gracias por tu apoyo, tu comprensión y por brindarme el ánimo necesario de lucha y perseverancia.

A mis Familiares.

Que me brindaron su compañía y su colaboración y en especial su lazo de amor y calor familiar.

(Familia de P.E.Z).

A mis maestros.

Gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros.

Que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino y que hasta el momento, seguimos siendo amigos.

¡Gracias!

CE'SAR, JULIAN MENESES ZAMBRANO

Dedicatoria.

A Dios. Por permitir hasta el momento con las metas propuestas durante mi vida y por la salud que me ha brindado en todo momento, por su carisma y por llevarme hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinito amor.

A mis padres Pedro y Yasmína que me dieron su apoyo incondicional brindándome sus consejos, valores y enseñanzas buscando la perseverancia y constancia para la culminación de todas mis metas.

A mis hermanas por estar pendientes de los avances de este proyecto y por ser el ejemplo que tengo a seguir para ser un profesional exitoso como ellas lo son.

A todo el grupo de profesores de la UIS por sus enseñanzas durante toda mi carrera.

A mis amigos que me acompañaron durante todo el proceso de formación Profesional con sus ayudas y consejos.

A la Universidad Industrial de Santander y en especial a la facultad de Fisicomecánicas y la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para este País.

Juan Carlos Zambrano Olarte

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. JUSTIFICACION	21
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.	22
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	22
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
3. MARCO TEÓRICO.....	23
3.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	23
3.2 EL CALENTAMIENTO GLOBAL.....	24
3.3 DESARROLLO SOSTENIBLE.....	26
3.3.1 AGUA	29
3.3.2 RESIDUOS.....	29
3.3.3 ATMOSFERA	30
3.3.4 ENERGIA	31
3.4 OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS Y URE	33
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	36
4.1. REDES INTELIGENTES (SMART GRID).....	36
4.2. TECNOLOGÍAS DE REDES INTELIGENTES.....	37
4.2.1. REDES INTELIGENTES CASERAS	41
4.2.2. SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES.....	44
4.2.3. GESTION INDIVIDUAL DE LA DEMANDA	45
4.2.3.1. RESPUESTA A LA DEMANDA (DR)	45
4.2.3.2. ENFOQUE RESIDENCIAL.....	46
4.2.4. TECNOLOGÍAS QUE CONVERGEN EN LAS REDES INTELIGENTES	47
4.3. HARDWARE.....	47
4.3.1. INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI)	48

4.3.2. TOMAS DE POTENCIA MULTISALIDA INTELIGENTE (SMPT)	48
4.3.3. SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE	49
4.4. SOFTWARE	50
4.5. PROPOSITOS	51
4.6. FUENTES ALTERNATIVAS	53
5. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	54
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.....	55
5.2 ORDEN Y CLASIFICACIÓN DEL DOCUMENTO.....	56
6. ALGORITMOS DE LÓGICA ADAPTATIVA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS DE LA VIDA DIARIA.	58
6.1 ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA	58
6.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL	59
6.3. ALGORITMOS: “LÓGICA DIFUSA Y REDES NEURONALES”	61
6.3.1. LOGICA DIFUSA.....	61
6.3.1.1. COMO HACER LA LÓGICA DIFUSA	65
6.3.1.2. DETECCIÓN DE ACTIVIDAD ENFOCADA EN LÓGICA DIFUSA.	67
6.3.2. REDES NEURONALES	71
7. VENTAJAS Y DEVENTAJAS.....	78
8. COMPARACION.....	80
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.....	81
REFERENCIAS.	82

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. El uso de todas las fuentes de energía se incrementa con el tiempo del caso de referencia IEO2009.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2 Energía y desarrollo sostenible: vínculos profundos.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3 Arquitectura de un sistema de Administración de energía inteligente en tiempo real con Smart Grid y aparatos inteligentes.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4 Arquitectura de Servicio Verde e Inteligente KT.</i>	<i>43</i>
<i>Figura 5 Estructura de un sistema de medición inteligente.....</i>	<i>50</i>
<i>figura 6 Metodología utilizada en el proyecto de grado.....</i>	<i>55</i>
<i>figura 7 Orden y clasificación del documento</i>	<i>57</i>
<i>Figura 8 Pasos Difusos de interferencia del sistema (Control de Lógica Difusa).</i>	<i>65</i>
<i>Figura 9 Vista general de una instrumentación típicamente en el hogar.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 10 Arquitectura de software de la plataforma de reconocimiento de ADL.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 11 Lectura y grabación de activación durante un tiempo de los sensores.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 12 Mapa GSOM generado con los datos anteriores.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 13 GSOM cambiando los parámetros del factos de propagación y la tasa de aprendizaje.</i>	<i>77</i>

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Resumen sobre las cumbres climáticas</i>	28
Tabla 2 <i>Lista de reconocimiento de ADL's</i>	68
Tabla 3 <i>Ejemplo de las actividades en forma de una secuencia de activación y desactivación de eventos binarios</i>	75
Tabla 4 <i>Distribución de las actividades por cada clase</i>	75
Tabla 5 <i>Tabla de Ventajas</i>	78
Tabla 6 <i>Tabla de Desventajas</i>	79
Tabla 7 <i>Comparación entre Redes Neuronales y Lógica Difusa</i>	80

RESUMEN

TITULO:

ESTADO DEL ARTE DE LOS ALGORITMOS DE LOGICA ADAPTATIVA DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN EL ENFOQUE DE REDES INTELIGENTES.*

AUTORES:

CESAR JULIAN MENESES ZAMBRANO **

JUAN CARLOS ZAMBRANO OLARTE **

PALABRAS CLAVES:

Redes Inteligentes, Algoritmos, Actividades de la vida diaria ADL´s, Lógica Adaptativa.

DESCRIPCION:

La energía ha sido un componente esencial para el desarrollo de la humanidad. La explotación de las fuentes primarias permitió el asentamiento de comunidades que evolucionaron gracias a los descubrimientos y a las nuevas aplicaciones de las tecnologías de uso cotidiano. Sin embargo el desarrollo tecnológico también ha propiciado cambios negativos. La masificación de las tecnologías y el afán de proveer bienestar a una población con crecimiento exponencial tienen un lado menos benéfico como son el deterioro de los servicios que provee el ecosistema global. El cambio climático es tan solo uno de los efectos que se ha manifestado de diversas maneras con cambios generalmente irreversibles. Por tal motivo es necesario implementar el uso de nuevas tecnologías que permitan disminuir en gran parte el aporte a la contaminación que actualmente se está emitiendo y que contribuye con el efecto invernadero. La detección y clasificación de las actividades de la vida diaria (ADL´s) es necesaria para ser implementadas en la utilización de nuevas tecnologías que permitan transformar las redes eléctricas convencionales en redes eléctricas capaces de tomar decisiones que ahorren y optimicen el consumo de las diferentes demandas. Esta clasificación se puede detectar por medio de dispositivos como sensores y cámaras de vigilancia que detecten los diferentes patrones de uso de los electrodomésticos del usuario final, generando información para brindar un ahorro de consumo reflejado en tarifas de facturación. Por tal motivo se realiza el presente trabajo identificando los diferentes tipos de algoritmos de lógica adaptativa que permitan automatizar la detección y clasificación de las actividades de vida diaria a partir de información obtenida por la base de datos IEEE, entregando una evaluación reflejada en los beneficios de los costos y demandas del usuario final.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Manuel José Ortiz Rangel. Codirector: Gabriel Ordoñez Plata.

ABSTRACT

TITLE:

STATE OF THE ART OF LOGIC ALGORITHMS FROM THE ADAPTATIVE LOGIC OF THE HUMAN ACTIVITIES IN THE INTELLIGENT NETWORK APPROACH.*

AUTHORS:

CESAR JULIAN MENESES ZAMBRANO **

JUAN CARLOS ZAMBRANO OLARTE**

KEYWORDS

Smart Grids, Algorithms, Activities of Daily Living's, Adaptive Logic.

DESCRIPTION

Energy has been an essential component for the development of mankind. The exploitation of primary sources allowed the settlement of communities that evolved thanks to the discoveries and new technology applications for everyday use. But technological development has also led to negative changes. The popularization of technologies and the desire of providing comfort to an exponentially growing population have a less beneficial side such as the deterioration of services provided by the global ecosystem. Climate change is just one effect that has manifested itself in different ways with changes generally irreversible. Therefore it is necessary to implement the use of new technologies to greatly reduce the contribution to pollution currently being broadcast and contributes to the greenhouse effect. Detection and classification of Activities of Daily Living (ADL's) is needed to be implemented using new technologies to transform the conventional power grid in power grid capable of making decisions to save and optimize the use of different demands. This classification can be detected by devices such as sensors and surveillance cameras to detect different patterns of use of end-user appliances, generating information to provide consumer savings reflected in billing rates. For this reason this research project is done by identifying the different types of adaptive logic algorithms to automate the detection and classification of Activities of Daily Living based on information obtained from the IEEE database, providing an assessment of the benefits reflected in costs and demands of end users.

* Thesis.

** Faculty of Physic-Mechanical Engineering's. College Electric, Electronic and Telecommunications Engineering. Director

INTRODUCCIÓN

La energía ha sido un componente esencial para el desarrollo de la humanidad. La explotación de las fuentes primarias permitió el asentamiento de comunidades que evolucionaron gracias a los descubrimientos y a las nuevas aplicaciones de las tecnologías de uso cotidiano. Sin embargo el desarrollo tecnológico también ha propiciado cambios negativos. La masificación de las tecnologías y el afán de proveer bienestar a una población con crecimiento exponencial tienen un lado menos benéfico como son el deterioro de los servicios que provee el ecosistema global. El cambio climático es tan solo uno de los efectos que se ha manifestado de diversas maneras con cambios generalmente irreversibles.

En la década de 1970 se acuñó el concepto de sociedad sostenible como aquella que satisface sus necesidades actuales sin comprometer los recursos de las generaciones futuras¹. La energía es fundamental para la búsqueda del desarrollo sostenible; en los aspectos sociales es necesaria para suplir necesidades y servicios humanos básicos, en los económicos es el motor del crecimiento de los individuos y las sociedades, en los aspectos ambientales las fuentes convencionales son las principales causas de la contaminación y el crecimiento de la huella ecológica. Propiciar el uso de las fuentes sostenibles y las fuentes de energía renovable es el camino correcto para lograr la disminución de los gases de efecto invernadero emitidos al medio ambiente y por consiguiente la reducción al calentamiento global².

La creciente preocupación por los temas ambientales y energéticos se concentra primordialmente en el uso racional de los recursos y en el crecimiento de la demanda. El equilibrio que debe existir entre la capacidad de generación de energía y la dinámica del consumo está muy ligado a la disponibilidad de los recursos energéticos y al costo de las fuentes primarias de energía. La disminución de las fuentes de carbón y petróleo incrementa el

costo de los combustibles fósiles y la paradoja se conjura al considerar el desmedido incremento de la demanda. El análisis de estos dos aspectos supone la adopción de estrategias transversales donde convergen aspectos legales, reglamentarios, normativos, técnicos, culturales y de gestión. La adopción de múltiples y mejores tecnologías son los principales agentes de cambio donde la calidad y confiabilidad de los servicios comparten escenarios con tecnologías de comunicación, los sistemas de información y las fuentes de energía limpia.

El sistema energético actual resulta insostenible por muchos aspectos y mantiene ciertas restricciones al acceso de combustibles avanzados y la electricidad. Adicionalmente se considera el rezago tecnológico de los sistemas eléctricos y el impacto ambiental que ocasiona el uso intensivo de los combustibles fósiles. El foro climático europeo advirtió que el esquema tradicional de las redes eléctricas y el incremento de la demanda exponen a la infraestructura a un estrés que compromete la calidad y confiabilidad del suministro. Adicionalmente estableció la necesidad de redefinir o reinventar la arquitectura de los sistemas eléctricos hacia redes que permitan satisfacer las necesidades y demanda de las próximas décadas en donde se soporten los cambios económicos hacia modelos independientes de los combustibles fósiles y que permitan el cumplimiento de las metas propuestas.

Las redes inteligentes [Smart Grid's] son parte de una estrategia tecnológica global con la cual se persigue minimizar los efectos del uso intensivo de las fuentes de energía a base de combustibles fósiles. Una red inteligente involucra al usuario en la gestión individual del recurso energético sin sacrificar los parámetros de calidad de servicio y del suministro. Se basan en la aplicación de múltiples tecnologías para optimizar el consumo e integrar las fuentes de energía renovables. El propósito clave es entonces satisfacer las necesidades de los usuarios garantizando la conservación del medio ambiente y protegiendo el ciclo de los recursos aun disponibles.

La reunión del G8 celebrada en el 2009, declaró que avanzar en el desarrollo y la implantación de nuevas tecnologías es una de las estrategias para evitar la

dependencia de los combustibles fósiles. La declaración del liderazgo responsable para un futuro sostenible establece la importancia de promover la investigación, el desarrollo y las inversiones en redes inteligentes, como medios para acelerar la integración eficiente y segura de las fuentes de energía renovable, la incorporación de la generación distribuida en los sistemas eléctricos y la mejora de la eficiencia energética.

En una red inteligente conviven varios componentes tecnológicos. Aun cuando se mantiene la presencia de las fuentes tradicionales, se incorporan a pequeña, mediana y gran escala mecanismos de cogeneración con fuentes renovables y se permite la interacción con los vehículos eléctricos y la gestión individual de la demanda. Todos los componentes se soportan en los servicios de telecomunicaciones que proveen información en tiempo real. Las redes de transmisión y distribución se mantienen como el camino para que los flujos de energía se dirijan en todos los sentidos de acuerdo a los perfiles de la demanda y la disponibilidad de energía más barata y de menor impacto ambiental. El sistema de medición inteligente es un método eficaz para mejorar los patrones de consumo y para predecir y controlar la producción y la demanda de energía reduciendo los costos de facturación y el desperdicio.

Los sistemas de generación y distribución de energía enfrentan un gran desafío técnico para mejorar su utilización y promover el uso de los recursos energéticos sostenibles y las fuentes de energía renovable. En lo que respecta al medio ambiente y el incremento del consumo energético, las empresas de servicios públicos están buscando estrategias rentables para mejorar el funcionamiento de las redes eléctricas y optimizar el consumo individual de los usuarios.

Desde la perspectiva del usuario final, el componente tecnológico más importante es la infraestructura de medición avanzada AMI (Advanced Metering Infrastructure) que consta de un medidor inteligente, un canal de comunicaciones, una plataforma local o virtual de información y los puertos y/o artefactos inteligentes. Uno de los requisitos importantes es comprender la manera como el usuario final interactúa con el sistema eléctrico. Esta

información es clave para lograr la gestión individual de la demanda. La caracterización de los parámetros de uso se basa en la información obtenida la operación de los artefactos eléctricos. La información de cada usuario define una traza que alimenta las rutinas lógicas para la gestión individual o automatizada de las cargas. Este requisito supone el desarrollo de algoritmos de lógica adaptativa que permitan la caracterización del uso cotidiano de los sistemas en escenarios donde la respuesta del sistema sea consistente con la intención de su uso.

Los resultados de algunas investigaciones han demostrado que una manera de reducir el consumo individual de energía eléctrica es obtener información en tiempo real del uso que cada usuario hace de sus artefactos eléctricos. Este es un camino directo para involucrar al usuario en la gestión de la demanda ya que sensibiliza y propicia parámetros de uso adecuado. Con la información precisa y oportuna el usuario reacciona, reduce su consumo de energía y adopta parámetros que persisten en el tiempo. Es decir, el usuario final adquiere un papel esencial es el escenario de gestión. Sin embargo esto depende de cierto grado de interés y de la calidad de la información que se pueda obtener.

El propósito de mejorar la percepción del consumidor para involucrarlo efectivamente en la gestión de la demanda depende de la medición de ciertos parámetros en los artefactos de uso cotidiano. A partir de dichos parámetros cada aparato tendrá un perfil individual de su uso. Cada perfil puede variar dependiendo del índice de ocupación de una vivienda y de los parámetros de uso de cada usuario. Con el fin de resolver este problema, las empresas del servicio de energía deben promover la adopción de los equipos que permitan la caracterización de la demanda espontánea y la adopción de tecnologías de energía limpia (Green Energy). En este sentido, el suministro eficiente de la energía y la optimización de la demanda en un entorno doméstico es prioritario para el desarrollo de nuevas y mejores formas de vida.

Un objetivo importante de una red inteligente es lograr la respuesta a la demanda (DR) la cual fue definida por La Comisión Federal de Reglamentación

Energética (FERC) de los EE. UU. Como “Los cambios en el uso de la electricidad por parte de los usuarios finales respecto de la conducta de consumo normal en respuesta a los cambios en el precio de la electricidad a lo largo del tiempo, o al pago de incentivos diseñados para inducir un menor uso de electricidad en épocas en las que los precios de mercado mayoristas son elevados o cuando la fiabilidad del sistema está en riesgo”. En otras palabras, la respuesta a la demanda proporciona la información que permite el control del consumo de energía y la reducción de los picos de carga aplanando la curva de la demanda en las horas donde tradicionalmente se presenta el mayor consumo.

Algunos de los beneficios de las redes inteligentes se relacionan a continuación:

- Facilitar y flexibilizar la operación de las fuentes de generación sin importar su tamaño y naturaleza.
- Permitir que los consumidores se involucren en la optimización del sistema.
- Proporcionar a los consumidores alternativas en tiempo real para la selección de una mejor oferta energética.
- Reducir significativamente el impacto ambiental de las plantas tradicionales de generación de energía eléctrica.
- Elevar los niveles de confiabilidad y calidad del suministro.

El presente trabajo de investigación es una aproximación al estado del desarrollo de los algoritmos de lógica adaptativa que permiten la integración del usuario final a una red inteligente. Dada la importancia de esta participación y la complejidad que supone la interacción con las actividades humanas cotidianas este es un eslabón que permite la convivencia con los demás componentes tecnológicos.

En el primer capítulo contiene un planteamiento del problema donde se dará a conocer diferentes temas que llevaron a tomar decisiones contra los problemas actuales del calentamiento Global y la contaminación Ambiental, el siguiente

capítulo se dará a conocer los objetivos de la investigación, el tercer capítulo muestra el contenido de la investigación y los algoritmos encontrados para la caracterización de ADLs y por último Conclusiones y Observaciones.

1. JUSTIFICACION

El hombre dedica gran parte de su tiempo buscando soluciones a problemas de la vida cotidiana intentando mejorar las comodidades de vida buscando confort y ahorro. Al emplear las Redes Inteligentes se busca optimizar la distribución y el uso final de la Energía Eléctrica. De esta manera se pueden establecer medidas para la construcción de modelos capaces de administrar el consumo a nivel residencial. La solución del problema se encuentra manipulando el comportamiento del usuario final buscando caracterizar las actividades de la vida diaria. El motivo de esta investigación es comparar y estudiar algoritmos competentes con la caracterización de las actividades de vida diaria concluyendo con la implementación de tecnologías basadas en la auto organización de la actividades de vida diaria automatizando el consumo de Energía Eléctrica en el usuario final.

2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

2.1 OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar y sintetizar la información bibliográfica relacionada con las alternativas lógicas de la caracterización de las actividades humanas en el enfoque de redes inteligentes de energía eléctrica en un artículo.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Clasificar y categorizar la bibliografía recopilada estableciendo el grado y nivel de importancia dentro del enfoque propuesto.
- Identificar con la bibliografía obtenida los diferentes algoritmos de lógica adaptativa que permitan una evaluación comparativa para el buen uso residencial de la energía.
- Estudiar cada uno de los algoritmos de lógica adaptativa desde los diferentes puntos de vista del consumo y costo residencial buscando la satisfacción del cliente identificando los pros y/o contras para sintetizar la información en un artículo.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 EL CAMBIO CLIMÁTICO

Con el afán de suplir las necesidades de las personas que se presentan día a día se ha venido desarrollando e implementando tecnologías y nuevas formas de vida que garanticen confort y utilidad para llevar a cabo diferentes actividades en nuestro diario vivir sin tener en cuenta que detrás de estas comodidades y servicios suministrados se encuentran involucradas diferentes fuentes que permiten el desarrollo del entorno. Nuestra civilización global actual está en un camino que es ambientalmente insostenible, un camino que nos lleva hacia la decadencia económica, el colapso y el deterioro total de la sociedad. Debido a estas consecuencias causadas por el descuido del uso desmedido de los recursos naturales, ambientalistas han estado reiterando desde hace algún tiempo que la economía global está decayendo lentamente por las tendencias de destrucción del medio ambiente y sus trastornos, incluyendo la reducción de los bosques, desiertos, la caída de las capas freáticas, suelos erosionados, los residuos tóxicos, colapso de la pesca, el aumento de las temperaturas, el deshielo en los polos, elevación de los mares y tormentas cada vez más destructivas, lo cual ha empezado a captar la atención científica y popular debido a que hay tendencias ambientales que amenazan con alterar radicalmente el planeta amenazando la vida de muchas especies incluyendo la humana. Muchos de los problemas de agotamiento de los recursos y el estrés ambiental surgen de la disparidad de poder económico y político, como por ejemplo en la industria cuando esta se sale de los niveles inaceptables llegando a la contaminación del aire y del agua, y así mismo a la contaminación mundial y regional.

Cada año, 6 millones de hectáreas de tierras secas productivas, se convierten en desierto sin valor, lo que en tres décadas equivaldría a un área aproximadamente del tamaño de Arabia Saudita. Más de 11 millones de hectáreas de bosques son destruidas cada año, y en tres décadas, equivaldría a un área aproximadamente del tamaño de la India. En Europa, la lluvia ácida mata los bosques, los lagos y daña el patrimonio artístico y arquitectónico de las

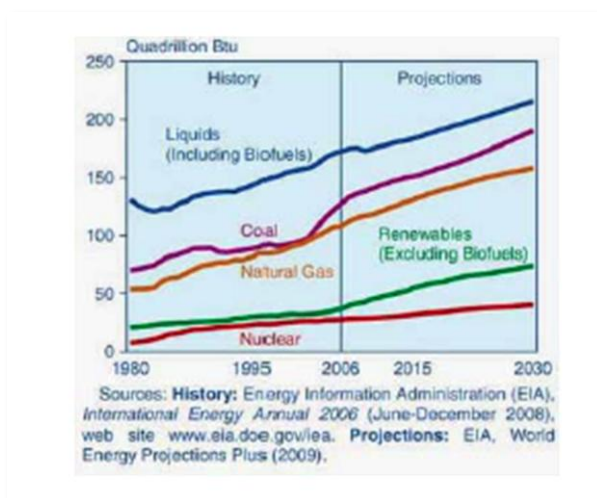
naciones sin esperanza de reparación, debido al dióxido de carbono emitido por combustibles fósiles en la atmósfera y otros gases industriales debilitando la capa de ozono y causando el calentamiento global gradual, como consecuencia los cánceres humanos y animales aumentaría considerablemente al igual que las sustancias tóxicas afectarían, debilitando la cadena alimenticia. Este efecto con el aumento global de la temperatura elevaría los niveles del mar causando las inundaciones de las ciudades costeras y afectaría directamente a las áreas de producción agrícola interrumpiendo como tal a las economías nacionales.³ Estados Unidos con el 5% de la población mundial consume un tercio de los recursos del mundo. China es el mayor consumidor de la mayoría de los recursos básicos como granos y cárnicos; petróleo, carbón y acero. La escasez de los recursos naturales y de los recursos no renovables requiere una reestructuración de la economía hacia nuevos modelos que garanticen la sostenibilidad en muchos sentidos. Aspectos claves de este nuevo modelo es la erradicación de la pobreza, el control demográfico de la población, detener la destrucción del medio ambiente. A nivel mundial se pueden mencionar varios ejemplos que contribuyen a esta visión como los parques eólicos de Europa occidental, los techos solares de Japón, el crecimiento del uso de autos con motores híbridos en los EE. UU., la reforestación de las montañas de Corea del Sur y el uso masivo de bicicletas en Amsterdam.⁴

3.2 EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global es el efecto más importante del cambio climático propiciado por el deterioro de los servicios que proveen los ecosistemas. La explosión demográfica supone un uso intensivo de recursos para abastecer una demanda también creciente y desmedida. La energía aporta su cuota en el deterioro de los recursos naturales aparte de que es un servicio esencial para el desarrollo de las actividades cotidianas, el funcionamiento de las instituciones sociales y el motor económico de las naciones. Dado que la población con el paso del tiempo ha venido aumentando, de la misma manera

ha incrementado el uso de este servicio energético y con ello las producciones y las industrias cambiando el modo de vida de las personas. Debido al exceso de la población se han venido ocasionando problemas como lo es el desabastecimiento de alimentos y la escases de los recursos naturales, entre otros se encuentra el mal uso de los mismos recursos, el desfalco y el desperdicio lo que con el tiempo ha ocasionado un gran impacto ambiental, dentro de cuyos efectos el calentamiento global y la contaminación ambiental son los más importantes ya que afecta el modo de vida de todas las personas. Debido a esta gran problemática se ha propiciado una creciente necesidad por el cumplimiento de las normas ambientales, de sus estrategias principales como es la conservación de la energía, el uso eficiente y racionamiento de esta y la gestión de la demanda a lo que no se le ha dado importancia durante mucho tiempo y a la que en estos momentos acudimos como la solución a este gran impacto.⁵ Se estima que la demanda mundial de energía aumentará en un 44 por ciento para el año 2030. Como se muestra en la Figura 1, con el fin de satisfacer esa demanda, las fuentes renovables de energía son la fuente de más rápido crecimiento de la energía mundial, con el aumento del consumo en un 3,0 por ciento anual, mientras tanto, esta tasa es del 1,7% para el carbón y el 2,1% para el gas natural.⁶

Figura 1. El uso de todas las fuentes de energía se incrementa con el tiempo del caso de referencia IEO2009



Fuente: Intelligent Decision Support System for Including Consumers' Preferences in Residential Energy Consumption in Smart Grid.

3.3 DESARROLLO SOSTENIBLE

El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades humanas con la protección del aire, el suelo, el agua y todas las formas de vida del presente, asegurando una vida saludable y productiva reduciendo la pobreza ecológica sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades, así mismo, se tiene como concepto clave la idea de las limitaciones impuestas por el estado de la tecnología y la organización social del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras. Para poder satisfacer estas necesidades se requiere adoptar nuevos estilos de vida dentro de los medios ecológicos del planeta como por ejemplo en el uso racional de la energía, además que con el rápido crecimiento de la población al mismo tiempo aumenta la presión sobre los recursos y la disminución de los niveles de vida, lo que daría el desarrollo sostenible con el crecimiento armónico garantizando igualdad de oportunidades para todos, acceso equitativo a los recursos ya limitados, reorientar los esfuerzos tecnológicos y mejorar la capacidad de carga de los recursos, reduciendo la pobreza generalizada ya que esta puede poner en peligro el medio ambiente. Como otra consecuencia de los problemas del medio ambiente como defecto institucional ha sido el fracaso de los gobiernos para impedir la degradación por parte de la política tras la Segunda Guerra Mundial hasta el punto que presionados por sus ciudadanos, vieran la necesidad de establecer ministerios del medio ambiente y organismos para la reparación de entorno como es: la reforestación, la recuperación de tierras desérticas, la reconstrucción de entornos urbanos, la restauración de los hábitats naturales, y la rehabilitación de las tierras silvestres. Muchas autoridades ambientales locales y globales trabajan en la reforestación de los bosques, la recuperación de tierras desérticas, la adaptación de los entornos urbanos, la restauración de los hábitats naturales, y la rehabilitación de las tierras silvestres.⁵

El desarrollo sostenible fue un tema importante en la cumbre climática de Estocolmo en 1972, donde se aportaron todos conceptos y propósitos

importantes en la declaración de Estocolmo y el plan de acción de Estocolmo. Se destacan tres recomendaciones importantes relacionadas con la energía; La recomendación 57 la cual hace un llamado a la Secretaria General a "tomar medidas para garantizar la adecuada recopilación, medición y análisis de datos relativos a los efectos ambientales del uso y la producción de la energía"; La recomendación 58 se enfoca en el intercambio de información sobre energía la cual está motivada por la necesidad de la racionalización y la integración de la gestión de los recursos energéticos mediante la búsqueda de mecanismos (como el intercambio de experiencias nacionales, estudios, seminarios, reuniones, y registros permanentes y actualizados sobre las diferentes investigaciones del mejoramiento de la utilización de este recurso) para acceder a esta información y poder conocer en particular sobre las consecuencias ambientales de los diferentes recursos energéticos y poder tomar decisiones para mejorar el uso energético; La recomendación 59 ha sido citada con el fin de presentar informes sobre las fuentes de energía disponibles, la implementación de nuevas tecnologías y tendencias de consumo, con la finalidad de ayudar al medio ambiente proporcionando un desarrollo efectivo de los recursos energéticos del mundo teniendo en cuenta los efectos ambientales tanto de la producción como del uso de la energía para poder tener un mejor desarrollo sostenible.⁶

En las cumbres que se llevaron a cabo en Rio de Janeiro y Johannesburgo, se trataron aspectos energéticos según lo expuesto en el siguiente cuadro resumen:

Tabla 1 Resumen sobre las cumbres climáticas.

	Medio ambiente (energía como una fuente de estrés ambiental)	Económica (la energía como motor del crecimiento macroeconómico)	Social (de energía como requisito para las necesidades humanas básicas)
Estocolmo 1972	El tema principal de los "efectos ambientales" de la energía		
Rio de Janeiro 1992	El foco principal en el equilibrio de los aspectos ambiental y económica del suministro de energía y el uso		
Johannesburgo. 2002	El tema se amplía para incluir tres dimensiones, la energía está directamente relacionada con los objetivos del desarrollo del milenio y la erradicación de la pobreza, la necesidad de considerar las necesidades de los demás pobres se convierte en la coacción social añadida.		

Fuente: Energy and sustainable development at global environmental summits: an evolving agenda.

Debido a la explosión demográfica se requiere mantener la dinámica de la generación de energía eléctrica de manera que esta pueda abastecer las necesidades de todas las personas y que además de prestar un servicio benéfico a la sociedad, no estén exentas de impactos negativos sobre el medio ambiente. Para lograr un desarrollo sostenible es necesario tener en cuenta las consecuencias que causan los diferentes tipos de generación de energía en algunos componentes claves, en los recursos renovables y no renovables tales como el agua, la atmósfera y los residuos generados por las pequeñas y grandes industrias ya que estos son afectados directamente por la generación de la energía eléctrica.

Para evaluar e interpretar la dimensión global del desarrollo sostenible, se establecen cuatro componentes transversales importantes los cuales se exponen a continuación.

3.3.1 AGUA

El agua es un recurso renovable vital de la naturaleza, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de vida, sin embargo el abuso de este puede generar que la reproducción natural sea interrumpida y se convierta así en un recurso limitado y vulnerable, la alteración de su ciclo natural y el agotamiento de las fuentes de agua son un problema de ámbito global⁷. “El agua es un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural imprescindible en la configuración de los sistemas medioambientales” y así como es fundamental para el ser humano, también es un medio fundamental en las actividades económicas y productivas del hombre. El costo económico de mantener el suministro de agua potable es cada vez mayor y aun cuando hay varias formas de potabilizarla la desaparición de los cuerpos naturales de agua ocasionan un impacto irreversible con un costo ambiental alto. En el aspecto energético es una de las fuentes más aprovechable. La construcción de embalses para la operación de centrales hidroeléctricas, el calentamiento de los lechos de agua por el funcionamiento de las plantas térmicas y la contaminación por radiación del agua en las plantas nucleares son uno de los ejemplos más comunes donde este recurso se expone a cambios ambientales importantes. Es decir que el agua “es un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento imprescindible en la configuración de los sistemas medio ambientales”⁸.

3.3.2 RESIDUOS

El manejo adecuado de los residuos es importante para mitigar los costos ambientales, ya que al aprovechar lo que nadie utiliza se puede recuperar parte

de la cadena del suministro de materias primas para nuevos productos. El manejo tradicional de los residuos es invasivo y nocivo. La clasificación adecuada y la disposición final adecuada de los elementos tóxicos, peligrosos y con largos periodos de degradación es necesario para mitigar impactos en escenarios donde surgen nuevas ideas productivas. En el aspecto energético, los residuos eléctricos y electrónicos son una importante fuente de minerales y elementos valiosos, cuyo tratamiento adecuado significa rendimientos tan satisfactorios como la extracción tradicional en minas de cielo abierto o las cavernas, y con un costo ambiental menor. La selección de artefactos requiere la evaluación de aspectos diferentes a los económicos. La eficiencia, el rendimiento, la vida útil y la facilidad para la disposición final son algunos de los aspectos que deben ser parte de las decisiones de compra y aportan de manera directa al propósito la sostenibilidad⁹. El hombre utiliza muchos artefactos eléctricos y electrónicos de manera desmedida especialmente en las grandes urbes donde los residuos, proliferación de manera ininterrumpida y el manejo de los mismos influyen en la contaminación del aire, el agua y el suelo.

3.3.3 ATMOSFERA

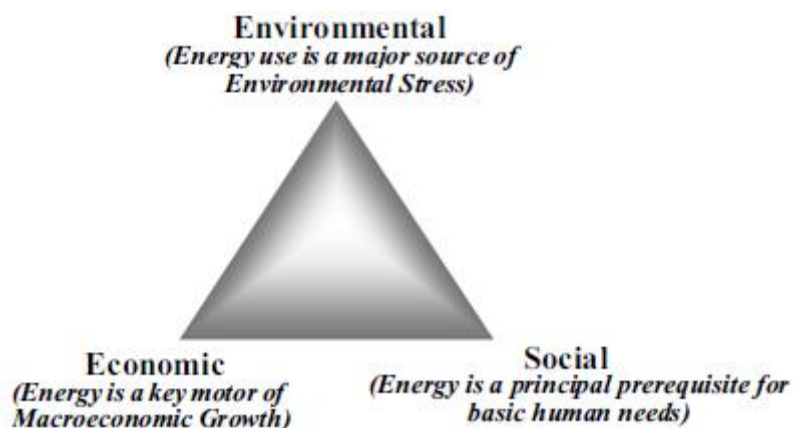
La composición y estructura de la atmósfera permite el desarrollo de vida en el planeta protegiéndolo de las radiaciones ultravioleta evitando que se generen distintos tipos de enfermedades como la del cáncer de piel. La atmósfera es un medio continuo en el que los gases emitidos por las diferentes actividades, como el gran desarrollo industrial, los avances de la industria química y en general, los patrones de consumo han producido gran cantidad importante de gases que se acumulan ocasionando efectos nocivos para el medio ambiente y la salud de las personas. Unas de las consecuencias más conocidas y con un impacto global en el planeta son la disminución de la capa de ozono y el efecto invernadero¹⁰.

El uso mundial de energía primaria, está fuertemente basado en la combustión de hidrocarburos. A partir de recursos sólidos como el carbón, líquidos (petróleo y sus derivados) y gas natural, se genera el 88 % de la energía empleada por el hombre. Son altamente contaminantes para la atmósfera, por la emisión de agentes tóxicos como humos, hollines y otras partículas en suspensión, CO en las combustiones incompletas, y CO₂. Las emisiones atmosféricas de los combustibles fósiles en sistemas de energía comprenden el 64 % de las emisiones antropogénicas mundiales de dióxido de carbono, el 89 % de las emisiones antropogénicas mundiales de azufre y el 17% de las emisiones Globales de metano antropogénico. La combustión de energías fósiles también libera grandes cantidades de óxido de nitrógeno¹¹.

3.3.4 ENERGIA

El desarrollo sostenible depende en gran medida del uso eficiente de la energía y de los suministros, es decir que sean fiables, asequibles y menos contaminantes. De cualquier manera se tienen en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales (figura No. 2).

Figura 2 Energía y desarrollo sostenible: vínculos profundos.



Fuente: Energy and sustainable development at global environmental summits: an evolving agenda.

Una importante conexión entre la energía y el desarrollo sostenible se refiere a la relación que existe en la dimensión ambiental en términos de la extracción de energía, los procesos intermedios y el uso final ya que son fuentes importantes del estrés ambiental. El problema más importante del cambio climático es uso excesivo de combustibles fósiles para obtener energía¹¹.

La dinámica de la industrialización, el desarrollo agrícola y el crecimiento demográfico suponen un incremento inusitado de la demanda energética. Actualmente una persona promedio en una sociedad capitalista desarrollada utiliza 80 veces más de energía que una persona en el África subsahariana. Adicionalmente en los sectores demográficos menos favorecidos se advierte el uso intensivo de fuentes de bajo poder energético y más contaminante como la madera y el carbón. En un escenario futuro es necesario suplir la dependencia energética por medio de alternativas menos nocivas y renovables dado que el ecosistema no podría soportar un aumento en el uso de combustibles fósiles. Otra alternativa importante es mejorar la eficiencia energética de los sistemas y propiciar el uso racional de este recurso sin sacrificar el confort que esta provee. En todos los casos las fuentes renovables son una cifra importante en las expectativas de la capacidad del suministro de energía durante el resto del siglo 21³.

3.4 OPTIMIZACIÓN DE SISTEMAS Y URE

Con el cambio constante de tecnologías para suplir con las necesidades de las personas se ha decretado reglamentos y leyes necesarias para tener un buen uso de los recursos naturales, evitando en lo menor posible las pérdidas tanto de energía como recursos naturales que son necesarios para producirla. De esta manera se utiliza el término de Uso Racional de la Energía (URE) que es necesario para cualquier tipo de generación, transmisión, distribución e instalaciones de energía Eléctrica. Por lo tanto se tendrán en cuenta las normativas en Colombia como el RETIE y la NTC 2050 seguidas de la Ley 697 de 2001 y el Decreto 3683 de 2003 los cuales especifican que se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones¹².

La definición de URE “Es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades de la cadena el desarrollo sostenible”¹³.

Cuanto más se analiza la experiencia internacional, las dificultades en la implementación de políticas de URE, más claridad se obtiene acerca de que la mayor complejidad que encierra el diseño de las políticas para promover una mayor eficiencia energética, entre ellas los programas específicos de URE. Por ejemplo, en los Estados Unidos la fijación de estándares para los equipos de uso en los sectores residencial y comercial, ha sido uno de las principales fuentes de ahorro energético. En Colombia se constituyó un comité coordinado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) con las entidades provenientes de sector energético, los gremios, entidades encargadas de la regulación y normalización y empresas de energía del país, con el objetivo de elaborar una propuesta regulatoria en el tema de uso racional y eficiente de energía. La Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE, tiene como objetivo

“asesorar y apoyar al Ministerio de Minas y Energía en la coordinación de políticas sobre uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales en el sistema interconectado nacional y en las zonas no interconectadas”. Se observan casos exitosos con empresas de gas en la costa Atlántica y comercializadores de energía eléctrica en centro y sur del país; como también esquemas exitosos de comercializadores de equipos eficientes (Bombillería, motores) y gremios (Asocaña) y centros de desarrollo tecnológico. Es importante resaltar que Universidades y centros de desarrollo tecnológico han manifestado su interés de agruparse alrededor de un ente privado para ofrecer sus servicios a la industria, existe por ejemplo una red de grupos de investigación Red colombiana de grupos de Investigación en Eficiencia energética constituida por Colciencias en donde se han evaluado esquemas y mecanismos con énfasis en el desarrollo tecnológico y la innovación, en donde también participan entidades como la ANDI y la Universidad de la Salle¹⁴.

Con el continuo estudio tanto en la parte residencial como en la industria por parte de las diferentes entidades energéticas en la búsqueda de soluciones basado en el uso racional de la energía eléctrica debido a que la demanda energética no ha crecido solo en la industria para cumplir con la finalidad de sus proyectos, sino también por parte del consumidor para cumplir con sus propias exigencias y/o necesidades para tener un completo confort que incrementa tanto la generación como la oferta de energía, el Departamento de Energía de EE.UU. (DOE) publica “La Red Inteligente: una introducción”, explica que una red inteligente utiliza la tecnología digital para mejorar la fiabilidad, la seguridad y la eficiencia del sistema eléctrico de la gran generación presentada actualmente para suplir las diferentes necesidades, a través de los sistemas de suministro a los consumidores de electricidad y los recursos de almacenamiento. Además las redes de distribución tendrán que ser adaptadas para activar los flujos de energía bidireccional para poder llevarse a cabo como tal la implantación de las redes inteligentes¹⁷.

No es de extrañar, que uno de los parámetros más importantes para clasificar el grado de desarrollo de un país, sea su gasto energético para poder llevar a

cabalidad sus grandes metas y desarrollo del mismo. Debido a este gran avance y desarrollo de los países, la energía entonces con el paso del tiempo ha pasado de ser una fuente de servicio al cliente para satisfacer las necesidades básicas humanas, a ser la más importante amenaza y eje de los diferentes impactos ambiental y grandes problemáticas, reduciendo la existencia de generaciones venideras. La razón de que los gobiernos y las compañías eléctricas están invirtiendo grandes cantidades de dinero tanto en la dotación de grandes centros generadores de energía para satisfacer la gran demanda requerida como en el desarrollo e implementación de la tecnología de las redes inteligentes (Smart Grid) buscando reducir y modificar los perfiles del uso eficiente de la electricidad. El objetivo es también promover la introducción de la generación de energía distribuida a partir de diferentes fuentes por parte de los recursos no renovables que puede generar electricidad limpia y libre de carbono que sean libres de contaminación evitando el continuo deterioro del entorno evitando el derroche de energía y aprovechando al máximo la producción realizada¹⁷.

Como consecuencia del uso desmedido de los diferentes recursos renovables y no renovables como base de la producción energética, son tres los problemas que se presentan actualmente debido al creciente consumo y derroche de la energía: En primer lugar, el deterioro del entorno y la sociedad; en segundo lugar, un paulatino agotamiento de los recursos naturales; y en tercer lugar, un desequilibrio irracional en el reparto del consumo y uso de la energía.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1. REDES INTELIGENTES (SMART GRID)

Como una solución para el uso eficiente de la energía, reducción de los costos y generación de electricidad limpia, se propuso llevar a cabo la reestructuración de las redes actuales implementando nuevos dispositivos que forman una red más eficiente que brinda seguridad y eficiencia a la hora de prestar el servicio denominada “red inteligente”. La red inteligente es una tecnología que dota de inteligencia a las redes de distribución eléctrica para permitir un mejor aprovechamiento y una mayor eficiencia en la distribución de la energía eléctrica. Una red inteligente entrega electricidad desde los proveedores hasta los consumidores que utilizan artefactos digitales con tecnología de comunicaciones de dos vías para controlar el ahorro energético para reducir y aumentar la fiabilidad y la transparencia de los costos. Las redes inteligentes utilizan equipos y servicios innovadores con nuevas tecnologías de comunicación, control, monitorización y autodiagnóstico.¹⁵

Las tecnologías integradas en una red inteligente permiten la trazabilidad de los patrones de consumo de energía eléctrica e involucran al usuario final en la gestión de la demanda por medio de servicios contextuales de información y la capacidad de interacción remota con las cargas. Debido al uso de las fuentes alternativas, las redes inteligentes reducen las pérdidas de energía en el proceso de distribución eléctrica.¹⁶

Una red inteligente sería entonces un sistema energético apoyado de la tecnología digital¹⁷ que:

- Predicen las posibles contingencias de los sistemas eléctricos.
- Optimizan el uso de las fuentes de energía detectando las de menor costo económico y ambiental.
- Incorporan medidas para el diagnóstico y el control de la generación haciendo que el sistema sea más estable después de las interrupciones o contingencias.

- Adoptan sistemas de protección para anticipar las condiciones cambiantes del sistema.
- Cambian los patrones de la demanda y mejoran los perfiles de la carga.
- Habilitan las transacciones energéticas de las fuentes distribuidas de generación.
- Se diseñan y operan con estrictos criterios de confiabilidad y seguridad.
- Proporcionan a los operadores del sistema herramientas de visualización para mejorar la capacidad de supervisión del sistema.
- Incrementan el monitoreo a través de sensores de bajo costo.
- Propicia la segmentación de los sistemas de distribución en micro redes dinámicas de energía.¹⁸

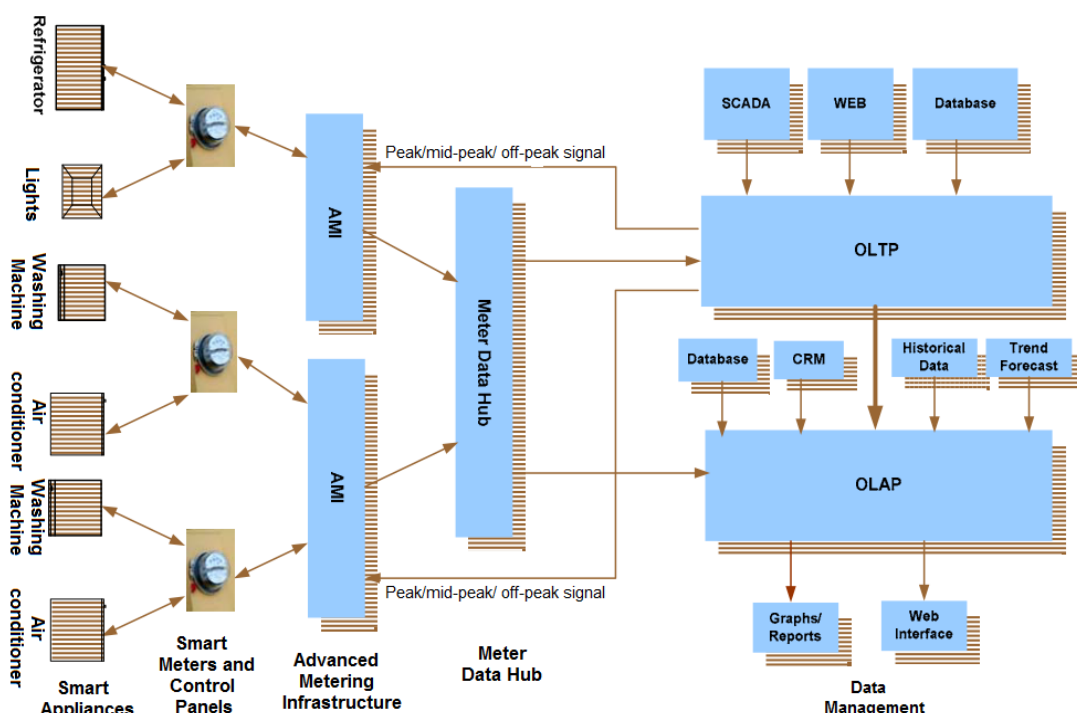
Al utilizar las redes inteligentes es importante tener en cuenta algunos aspectos para la medición de la energía denominado medidas inteligente en micro-redes eléctricas.¹⁹

4.2. TECNOLOGÍAS DE REDES INTELIGENTES

A continuación se describen diferentes tecnologías para llevar a cabo la implementación de las redes inteligentes en las zonas residenciales.

En busca de complementar y lograr una red eléctrica inteligente eficiente, se involucran nuevas tecnologías y topologías con esquemas de monitorización y automatización de procesos a nivel del usuario final. La figura 3 muestra la arquitectura de una red inteligente donde la gestión de la energía se realiza hasta el nivel de los artefactos inteligentes que permanentemente comunican sus parámetros de uso en tiempo real para facilitar las respuestas del sistema de manera automática e individualizada. La monitorización se logra por medio de una infraestructura de medición avanzada (AMI por sus siglas en inglés) que consta de medidores inteligentes, paneles de control, canales de comunicaciones y un centro de gestión bidireccional de información que alimenta diversos algoritmos de gestión energética.

Figura 3 Arquitectura de un sistema de Administración de energía inteligente en tiempo real con Smart Grid y aparatos inteligentes.



Fuente: A Real-Time Architecture for Smart Energy Management.

Esta arquitectura permite una distribución más eficiente de la demanda y la optimización de la red para mejorar las condiciones de confiabilidad y eficiencia del consumo energético. Una red de distribución inteligente es más segura y sostenible y de cualquier manera garantiza el equilibrio en los aspectos económico, ambiental y social. Los flujos de información en tiempo real del consumo energético en los artefactos eléctricos garantizan beneficios tanto a los proveedores como al usuario final, permitiendo así tener un óptimo control sobre la demanda. De esta manera aumenta la confiabilidad de las transacciones en la red involucrando el uso de fuentes energéticas alternativas de menor costo tanto económico en las tarifas como ambiental.²⁰

Aparatos inteligentes y Paneles de control (Smart appliances and control panels): Los aparatos inteligentes, juegan un papel crucial en el Sistema de Gestión de la Energía Inteligente, los cuales deben ser capaz de generar, transmitir y compartir información de consumo, además deben reaccionar a las

señales de los servicios locales, que fluyen a través de los paneles de control. Los aparatos inteligentes también tienen la capacidad de retrasar algunas operaciones de demanda en horas pico, controlando la utilidad de la carga y beneficiando al usuario final en su factura.

Medidores inteligentes (Smart meters): Una red inteligente utiliza medidores inteligentes en los lugares de servicio al cliente, basados en microprocesadores los cuales registran e informan sobre los datos de intervalo (kilovatio-hora, kiloVARhours) y corte (pérdida de tensión) mediante una pantalla de información. Cada medidor estará en capacidad de almacenar datos, detectar las fallas, controlar mediante la conexión / desconexión de los artefactos a través de comunicación bidireccional logrando de esta manera una confiabilidad y una mejor gestión de activos. También recibirán señales de la utilidad, cambiando automáticamente a las tasas de costo en tiempo real a través del suministro de energía. La mayor ventaja de los medidores es la reducción la demanda máxima y la igualación de los patrones de distribución de carga mediante la interacción con dispositivos inteligentes para recoger información sobre el consumo y depositarla en el AMI, que por medio de la información de precios transmitirá de nuevo a los electrodomésticos inteligentes.

Infraestructura de medición avanzada (Advanced Metering Infrastructure): La Infraestructura de Medición Avanzada es la base central de la arquitectura de administración de energía inteligente. AMI recopila los datos de consumo de los medidores inteligentes y los trasmite al centro de medición. AMI es la interface para la comunicación entre los medidores inteligentes, centros de datos de los medidores y los sistemas OLTP. Los recolectores de datos deben ser instalados en lugares estratégicos para permitir la comunicación óptima con el número máximo de contadores inteligentes, para la recolección y transmisión de los datos a los centros de datos del medidor.

Centro de datos medidos (Meter Data Hubs): Los Centros de datos de los medidores recogen los datos de consumo de energía de los aparatos a través de los medidores inteligentes con la ayuda del AMI y los transmiten al sistema

OLAP. Los Centros de datos de los medidores obtienen los datos en tiempo real, almacenando enormes cantidades de datos generados en intervalos de tiempo muy pequeños.

OLTP: Un sistema OLTP contiene un módulo de medición para el procesamiento de los datos de oferta y demanda, un módulo de facturación para el seguimiento del perfil del usuario final y de su facturación, el módulo de gestión de activos para la gestión de los activos fijos, una variabilidad de precios en tiempo real para el cálculo de los precios que reflejen los verdaderos costos de las condiciones de carga.

Interface entre el centro de medición y (OLTPInterface between Meter Data Hub and OLTP): Los datos del consumo total de energía por cada aparato en cada segmento de tiempo de los distintos clientes se cargan en el centro de datos de los medidores con la ayuda del IAM. Un proceso de transformación de los datos de consumo de los aparatos eléctricos a través de los grupos de usuarios finales en el centro de datos del medidor envía los datos al sistema OLTP para llegar al consumo agregado.

SCADA: Es una aplicación de software especialmente diseñada para proporcionar comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Comprende todas aquellas soluciones a la captura de información (valores instantáneos) de un proceso para que sea posible realizar una serie de análisis o estudios que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso.

Interface entre SCADA y OLTP (Interfaces between SCADA and OLTP): Los datos medidos por las fuentes (generadores/líneas de transmisión/subestaciones) de potencia y energía, es necesaria para decidir sobre la demanda de energía en tiempo real. SCADA permite monitorear y controlar los generadores, líneas de transmisión, subestaciones, líneas de distribución, dispositivos y equipos en línea. Por lo general, la función de adquisición de datos recopila en tiempo real mediciones de voltaje, corriente, potencia real,

potencia reactiva, el estado del interruptor, tomas del transformador, etc. Para el procesamiento en tiempo real, la comunicación de banda ancha es necesaria entre el SCADA y los sistemas OLTP, la base de datos de OLTP debe ser capaz de proporcionar acceso a datos extremadamente rápido.

Interface entre OLTP y AMI (Interface between OLTP and AMI): El OLTP debe obtener información de suministro en los centros de distribución de SCADA y la información de los clientes de la demanda agregada de los datos en intervalos predefinidos. Dependiendo de la demanda, el sistema OLTP decide si la carga es máxima (pico), transmitiendo la información de precios al usuarios finales, identificados con algoritmos inteligentes para redistribuir la demanda. Una vez que el AMI recibe la señal de la demanda y la información de precios de OLTP, se envía a los contadores inteligentes que a su vez envía una señal de control al panel del dispositivo (HAN) a las que se encuentran conectados múltiples dispositivos inteligentes.

Beneficio de la arquitectura: La arquitectura en tiempo real proporciona numerosos beneficios a los proveedores y clientes, aumentando la fiabilidad de las operaciones de la red y obteniendo la energía eléctrica a costos más bajos a través de la previsión de la demanda y de la obtención de los datos en tiempo real por parte del usuario final. La Predicción a corto plazo de la demanda se pueden mejorar mediante el análisis de la información presente en el panel de control inteligente (HAN). El margen de capacidad que se observa durante un período de tiempo puede ayudar a los inversores y proveedores a tomar decisiones informadas acerca de la expansión de capacidad.

4.2.1. REDES INTELIGENTES CASERAS

El componente más importante de la topología de una red inteligente es el usuario final. La naturaleza de sus actividades está asociada al consumo y en este recae la gestión de la demanda. Una casa inteligente, incorpora varios dispositivos electrónicos en los sitios donde existen cargas importantes para

monitorizar y gestionar. Los artefactos o tomas inteligentes tienen la capacidad de transmitir y recibir información del medidor inteligente. En este mismo sentido los patrones de consumo asociados a las rutinas cotidianas de los usuarios se transmiten al medidor con el propósito de automatizar la gestión o para proveer servicios contextuales de información por medio de dispositivos móviles. Estos servicios propician la adopción de parámetros culturales enfocados al ahorro energético.

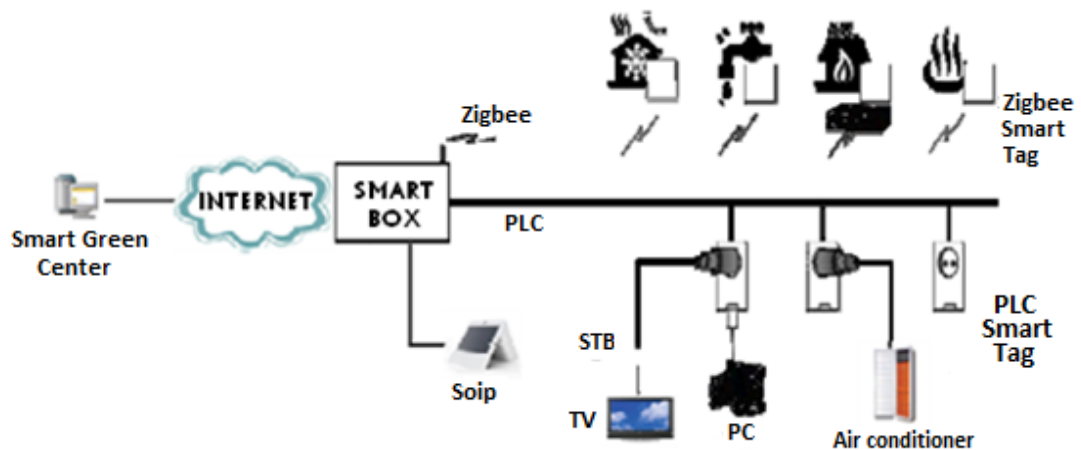
Varias alternativas tecnológicas permiten la adopción de redes inteligentes caseras. Varias oportunidades se advierten en nuevos escenarios de negocio. Por ejemplo, la empresa Coreana KT, es el más grande proveedor de servicios de telecomunicaciones en este país. Esta empresa desarrollo una arquitectura de red inteligente denominada KT Verde basada en la incorporación de la información del uso de de la red eléctrica residencial por medio de una etiqueta inteligente para medir el consumo de energía y para permitir el control del uso de los distintos artefactos eléctricos de manera individual. El sistema se compone de:

- Una etiqueta inteligente (Smart Tag) para la medición del consumo de energía y el control de cada uno de los dispositivos eléctricos.
- Una caja inteligente (Smart Box) para la transferencia de los datos del uso y para el control de los artefactos.
- Un medidor inteligente (Smart Meter) para tomar una medida precisa del uso de electricidad de la casa de la facturación.
- Un centro verde inteligente (SGC) para el análisis y el almacenamiento de los datos medidos.

Para controlar y monitorear dispositivos eléctricos de forma remota, los clientes pueden acceder a al Centro verde Inteligente (SGC) a través de diversos dispositivos de usuario final, como los dispositivos de mano incluidos los teléfonos inteligentes. La figura 4 muestra la arquitectura inteligente Servicio KT Verde, que incorpora equipos de redes inteligentes, los dispositivos

anteriormente nombrados para tener una red que pueda brindar confort, seguridad y soluciones para el consumidor.²¹

Figura 4 Arquitectura de Servicio Verde e Inteligente KT.



Fuente: Smart Grid Solutions, Services, and Business Models Focused on Telco

Las redes inteligentes permiten la convergencia de varias tecnologías para lograr el uso racional y eficiente de la energía evitando las pérdidas en los procesos de gestión energética. Los contadores inteligentes son dispositivos basados en microprocesadores que proveen dos vías de comunicación mediante los cuales se podrá optimizar ayudando a los usuarios a gestionar su consumo energético devolviendo a la red la energía sobrante evitando que esta se pierda y pueda ser utilizada por otro usuario.⁹

Las tecnologías basadas en IP, y los enfoques orientados al servicio, en particular, tales como servicios Web, son requeridos para la interconexión de todos los componentes de una red inteligente que permite transmitir la información del consumo de energía a los usuarios. El objetivo de la integración de tecnologías como las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en

las redes inteligentes tiene como objetivo permitir la comunicación eficiente de información entre los diferentes dispositivos y las fuentes que ayuden a alcanzar la respuesta a la demanda para suplir las necesidades del consumidor haciendo uso eficiente de la energía.¹

4.2.2. SERVICIOS DE TELECOMUNICACIONES

Con el fin de obtener una interacción entre el usuario final y la red inteligente para tener un control y conocimiento de la demanda, es preciso implementar sistemas de comunicación. Los servicios de telecomunicaciones proveen múltiples alternativas de información. La masificación del acceso a Internet facilita los servicios contextuales de una red inteligente para involucrar al usuario final en la gestión de la demanda por medio de indicadores relacionados al consumo energético y a los patrones de uso. En este escenario el usuario se mantiene informado sobre la tendencia de su consumo y puede adelantar acciones para evitar el desperdicio. Uno de los sistemas mediante el cual se puede transmitir la información al usuario del consumo de energía eléctrica es mediante un dispositivo móvil (como un teléfono celular o un dispositivo de mano), el cual le permite reaccionar con mayor agilidad y eficacia ante el desperdicio posible del recurso energético. Estos dispositivos actuarán manual o automáticamente para ejecutar comandos de ON/OFF en los interruptores de los diferentes aparatos seleccionados. Por medio de un módem GSM, en el hogar se podrá conocer los datos del consumo eléctrico por medio de los medidores inteligentes al servidor, el cual es el encargado de recibir los datos para poder ser visualizados por medio de diferentes dispositivos de mano.¹⁰

4.2.3. GESTION INDIVIDUAL DE LA DEMANDA

Para planificar e implementar medidas destinadas que influyan en el modo del consumo de la energía se adopta el término de Gestión Individual de la Demanda. Esta gestión implica cualquier acción en el lado de los usuarios finales con base en los patrones de uso de la energía produciendo un ahorro ante la demanda pico, cambiando como tal el perfil de consumo de los clientes para obtener un uso energético eficiente y para reducir el costo total de la energía. Los consumidores residenciales se benefician a través de estrategias mediante el uso de tecnologías de control que faciliten (automaticen) las tareas de gestión de la demanda sin comprometer la satisfacción de necesidades y preferencias del usuario.²²

Existen topologías y herramientas habituales para implementar la gestión de la demanda tales como: 1) la reducción del consumo a través de la introducción de mejoras en la eficiencia de equipos y procesos; y mediante la concienciación del usuario final sobre un consumo energético más responsable. 2) la reducción del consumo en las horas pico del sistema a través de la interrupción del servicio, mediante la gestión automática de cargas y habilitando la participación activa de la demanda a través de señales de precio. 3) desplazamiento del consumo del pico al valle mediante el desplazamiento del uso por discriminación horaria.²³

4.2.3.1. RESPUESTA A LA DEMANDA (DR)

Por medio de la gestión individual de la demanda y con base en la estructuración de las redes inteligentes, se busca la respuesta a la demanda (DR) que consiste en mecanismos para administrar el consumo energético de los clientes en respuesta a las condiciones en las cuales se encuentre operando su red eléctrica, estas actividades se definen como las acciones tomadas voluntariamente por el usuario para ajustar su demanda máxima y el

precio de su energía utilizada para tener un uso eficiente de la energía. La Comisión Federal de Reglamentación Energética (FERC) de los EE. UU. define la “respuesta a la demanda” como: Los cambios en el uso de electricidad por parte de los usuarios finales respecto de la conducta de consumo normal en respuesta a los cambios en el precio de la electricidad a lo largo del tiempo, o al pago de incentivos diseñados para inducir un menor uso de electricidad en épocas en las que los precios de mercado mayoristas son elevados o cuando la fiabilidad del sistema está en riesgo²⁴. Lo que quiere decir que en la actualidad la respuesta a la demanda se centra en los clientes residenciales mediante el uso de sistemas de control para la eliminación de carga en respuesta a las condiciones de uso y significativamente al precio. El objetivo principal de la respuesta a la demanda en los consumidores es la reducción de la demanda máxima para evitar desequilibrio que causen inestabilidad, fallos en la red, y generalmente en situaciones de emergencia dentro del sistema e incremento en el costo, involucrando activamente al usuario final en la modificación de su consumo en respuesta a las señales emitidas desde los diferentes puntos de medición y así poder tener un control dinámico de su consumo energético.⁹

4.2.3.2. ENFOQUE RESIDENCIAL

La desregulación y el compromiso con la sostenibilidad han impulsado un programa de transformación a gran escala para todo tipo de compañías energéticas en lo que se refiere a la red eléctrica inteligente que debe ser complementada con los aparatos inteligentes programados en los sitios de los clientes de manera eficiente a re-distribuir la demanda para proporcionar los

beneficios de costos más bajos para el usuario final y la eficiencia operativa de los proveedores.¹²

A nivel de hogar, las redes inteligentes además de proporcionar información detallada sobre el consumo de electricidad a los usuarios y operadores de red previene el desperdicio de electricidad, permitiendo que los recursos renovables que optimizan la energía eléctrica formen parte de la red⁹.

4.2.4. TECNOLOGÍAS QUE CONVERGEN EN LAS REDES INTELIGENTES

Para el usuario final tener una gestión individual de la demanda que cumpla a cabalidad las necesidades enfocadas en una respuesta a la demanda, son adoptadas tecnologías que conduzcan a una red inteligente. Mediante la aplicación de las tecnologías ya nombradas, se da paso a un Sistema de Manejo de Energía Inteligente (SEMS) que tiene múltiples elementos, como aparatos inteligentes, contadores inteligentes, la infraestructura de medición avanzada (AMI), facilidad de comunicación, recolectores de datos, interfaces, automatización de la distribución, FACTS, sistemas de hardware y software. Un sistema de gestión de energía inteligente debe ser capaz de integrar eficazmente la información de los diferentes nodos de la red eléctrica.¹²

4.3. HARDWARE

Para reducir costos y tener información acerca del consumo de energía, se han diseñado diferentes sistemas que permiten el control y el ahorro. Para cumplir con el propósito anteriormente mencionado se han desarrollado diferentes componentes físico tecnológicos que conforman un solo sistema de medición. Las Redes Inteligentes (SG) se basan en una Infraestructura de Medición

Avanzada (AMI) que consta de un medidor inteligente, un canal de comunicaciones, una plataforma local o virtual de información y los puertos y/o artefactos inteligentes. Lo principal es que el usuario pueda interactuar con el sistema eléctrico para lograr una gestión individual de la demanda, caracterizando los datos obtenidos por los aparatos inteligentes usados en la infraestructura.

4.3.1. INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI)

Para lograr algunos de los objetivos de las redes inteligentes es adoptado como solución de medición avanzada la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI). La infraestructura de medición avanzada se define como un sistema de medición que registra el consumo de energía del usuario final por horas o con más frecuencia dependiendo de patrones para automatización y obtener una gestión individual de la demanda²⁵. Este sistema de comunicación bidireccional permite la comunicación en las instalaciones del usuario final, servicio de conexión/desconexión para obtener la información sobre las lecturas debido a los medidores inteligentes que sirven para medir y grabar datos en tiempo real que son usados para facturación y otros propósitos²⁶. Esto permite que el usuario final permanezca informado del comportamiento de la red dentro de su hogar generando oportunidad de reducir el tiempo de interrupción de una falla.²⁷

4.3.2. TOMAS DE POTENCIA MULTISALIDA INTELIGENTE (SMPT)

La gestión de energía ha comenzado a ser uno de los servicios emergentes en las redes de servicio residencial. El medidor inteligente es el principal elemento de una Infraestructura de medición avanzada (AMI) que conecta el sistema de gestión de energía en el hogar de residencias individuales y una red inteligente (SG) que optimiza la generación, distribución y consumo de la potencia

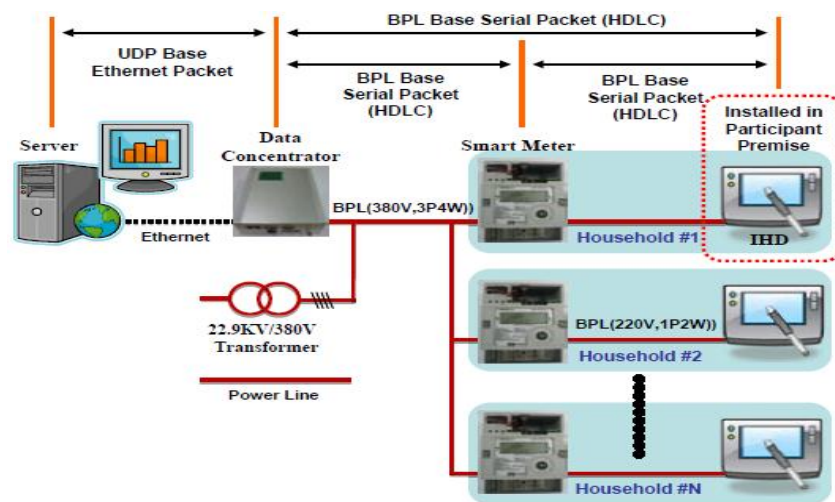
eléctrica. Una toma de potencia multisalida inteligente, smart multipower tap en inglés (SMPT) es una regleta inteligente que da información de posición de los aparatos así como de su consumo temporal y control de alimentación. Esto hace que la toma normal en los hogares se transforme ahora a una toma inteligente que permite dar a conocer en tiempo real todo acerca del consumo energético de cada aparato que sea conectado. Los SMPT hacen un control para hacer una disminución de los tiempos picos de la demanda reduciendo los precios de picos críticos. Por lo tanto su importancia para una infraestructura de medición avanzada es elemental. Se dice que en experimentos internacionales en Australia, usando los precios de picos críticos retroalimentados con un sistema de lectura de medición automática se han disminuido de un 5 – 15 % el consumo de Energía y en California la aplicación de los precios de picos críticos que controla los termostatos o suministro de potencia a los aires acondicionados²⁸.

4.3.3. SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE

Como complemento de las redes inteligentes (Smart Grid) se añaden diferentes sistemas para llevar a cabo la medición inteligente, estas se pueden clasificar en dos tipos de sistemas principales a través de la revisión de ejemplos en otros países. Uno es el sistema de AMI relacionados con el objetivo de llevar a fin el ahorro de energía en tiempo real. El objetivo de este sistema es mejorar la eficiencia de la red de distribución de energía mediante el control de los picos de potencia para lograr la respuesta a la demanda, en dicho sistema se integra una pantalla en casa (IHD) convirtiéndose en un sistema simple de manejar en donde se muestra la información del consumo de energía y la variación en la tasa de precios, de manera que el usuario tenga una buena apreciación de los acontecimientos del consumo dentro del hogar. El otro es el Sistema de gestión y administración de Energía (EMS) sistema que no requiere cambio de clasificación arancelaria, pero induce un ahorro de energía propia, supervisando la información detallada del consumo de energía con respecto al tiempo para su análisis y control del sistema. Este sistema requiere la

instalación de EMS en las casas o edificios, en donde el usuario, propietario o administrador puede recibir información de la variabilidad del consumo de energía por IHD y así mismo reducir su propio consumo optimizando la utilización de sus activos y a su vez reduciendo los costos. En el siguiente esquema del sistema de medición inteligente muestra que en cada hogar hay una pantalla de información IHD y un medidor inteligente para el registro periódico de información sobre el consumo de energía, un concentrador de datos, que se comunica con los componentes del grupo familiar. El IHD, el contador inteligente y concentrador de datos tiene un módem integrado y un PLC los cuales se comunican entre sí a través de la línea eléctrica. Un servidor se instala para recopilar las estadísticas de cada hogar y actualizar la información adicional. El servidor se conecta al concentrador de datos a través de la red TCP / IP Ethernet para lo que se requiere conexión a internet²⁹.

Figura 5 Estructura de un sistema de medición inteligente.



Fuente: Analysis of Energy Savings using Smart Metering System and IHD (In-Home Display).

4.4. SOFTWARE

Para el manejo de los diferentes sistemas de hardware compañías han implementado métodos capaces de mantener un funcionamiento eficiente de

una red inteligente tal como Google que presenta Google Power Meter, que recibe información de los medidores de servicios inteligentes y dispositivos de gestión de la energía, proporcionando a los clientes el acceso a su consumo de electricidad de origen en su página de inicio iGoogle personal⁹. Así como Google ha generado sistemas de manejo e información de energía, Microsoft propone un modelo tecnológico que permite a los sistemas controlar el consumo al usuario final denominado Microsoft Hohm permitiendo ver la cantidad de energía eléctrica y gas que consumen en un mes determinado, proporcionando sugerencias para la reducción del consumo³⁰.

4.5. PROPOSITOS

Debido a la gran demanda mundial de energía, la escases de las fuentes no renovables, la problemática a nivel mundial sobre el deterioro tanto del ecosistema como del medio ambiente y en general del entorno en el cual nos encontramos, se han venido implementando sistemas de tecnologías, los cuales proporcionan nuevos métodos para la obtención de energía. Los objetivos de estos nuevos sistemas es hacer que las personas, las diferentes empresas y procesos de mercadeo sean flexibles y dinámicos, complementándolos con nueva tecnología denominada Red Inteligente que permite integrar acciones del usuario final a la red con el fin de entregar de manera eficiente el suministro de electricidad sostenible, económico y seguro⁶. Para la implementación de las redes inteligentes se ha llevado a cabo investigaciones y desarrollo de arquitecturas en diferentes países permitiendo soluciones para el consumidor final teniendo un mejor manejo del consumo energético y convergiendo a un sistema que pueda integrarse fácilmente con la infraestructura de distribución de electricidad actual³¹.

Para que las redes inteligentes actuales tengan un buen funcionamiento se han modificado manteniendo como objetivo la medición del consumo de la energía. Por tal motivo se han diseñado pilotos para la obtención de datos de medición, que se han modificado desde los medidores electromecánicos, pasando por la

Lectura de Medición Automática (AMR's) y terminando en una Infraestructura de Medición Avanzada.³² Las redes inteligentes buscan manejar la energía de manera bidireccional, haciendo que el usuario además de consumir, almacenen y produzcan energía que pueda ser utilizada evitando pérdidas y haciendo uso más eficiente, aprovechando la energía en las horas pico. De esta manera, los consumidores y los generadores de energía trabajan en conjunto para administrar el costo, la entrega y el impacto ambiental de la generación de energía junto con la prestación de los servicios energéticos. Esto es apoyado por Schneider Electric, que establece una gestión en las necesidades energéticas de inteligencia, no sólo para reducir el consumo de energía, sino también para reducir los costes operativos. Una vez desarrolladas estas necesidades se enfoca a los consumidores a cambiar su comportamiento para el consumo de sus hogares y lograr una eficiencia energética⁹.

Después de todo esto se busca que los aparatos inteligentes que conforman la red eléctrica del futuro utilizados en el hogar, se encarguen automáticamente de las medidas correctivas para la reducción del consumo y así mismo la reducción de la demanda¹². De igual manera se busca optimizar las preferencias del consumidor, la producción y distribución de energía para tener un equilibrio en la red eléctrica, especialmente en el contexto de la nueva diversidad de fuentes de energía. Así los clientes tendrán el control sobre sus propios activos decidiendo sobre las acciones a tomar apropiadas para sus necesidades. Al final los hogares son capaces de aceptar un cambio del consumo de energía en horas no pico, por tal motivo se requiere que los consumidores sean³³:

- Informados en tiempo real de las fluctuaciones en el costo la disponibilidad y calidad de la energía.
- Compatible con medidores de energía inteligentes y dispositivos controlables.

- El apoyo de herramientas y servicios respectivos que les permita gestionar su consumo y el pago respectivo.

4.6. FUENTES ALTERNATIVAS

Uno de los aspectos más importantes a tratar son las fuentes de Energía alternativa que son fuentes de energía renovables. Como primera instancia la eólica utilizada por grandes empresas generadoras de energía una de ellas Siemens, instalando alrededor de 9000 generadores de energía eólica en todo el mundo con una capacidad de generación de 11000 Megawatts³⁴. Estas plantas de energía ecológicamente limpia, ayudan a salvar varios millones de toneladas de dióxido de carbono cada año, en comparación con las plantas que todavía hacen uso de la quema de combustibles fósiles.

Otra manera de generar Energía es por medio de plantas de biomasa. La biomasa se considera una fuente amigable con el clima de energías renovables, ya que generalmente es el dióxido de carbono neutral: La cantidad de dióxido de carbono que las plantas necesitan para el crecimiento es igual a la cantidad liberada durante la combustión³⁵.

Así también la energía solar juega un papel importante para la generación de energía eléctrica aprovechando la energía de la radiación solar. Este tema se ha venido estudiando desde el año 1970. También como con el sol, se ha sacado provecho del agua, realizando plantas de generación hidráulica que aprovecha la caída de agua para hacer girar turbinas que generan la electricidad. Además se han realizado plantas de energía geotérmicas, la primera fue instalada en Italia en el año 1904 y actualmente se encuentra en uso. Países como USA, Islandia, Filipinas, El Salvador, Rusia, Kenia y el Tibet se encuentran entre los 24 países que utilizaron 8900 megavatios de electricidad en el año 2005³⁶. Y por último las plantas de generación oceánicas, que son las más caras de construir, por lo tanto se deben tener en cuenta los costos para estudiar la viabilidad de su construcción. En estos momentos la planta mareomotriz más conocida se encuentra ubicada en La Rance Station

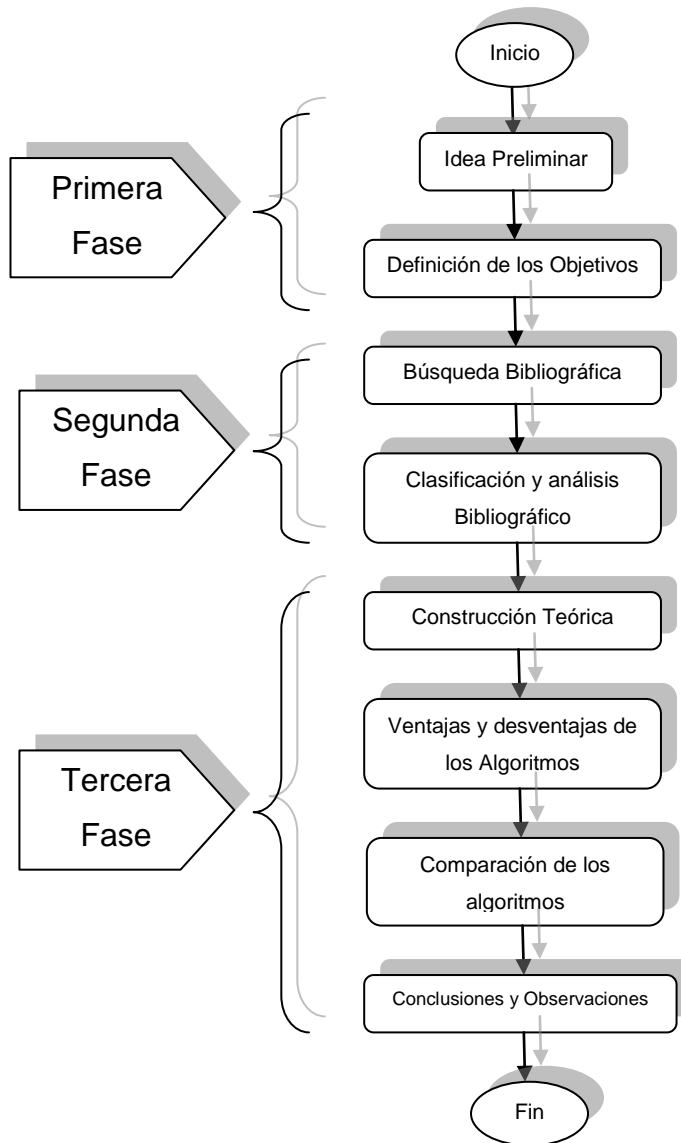
en Bretaña, así como en otros países se pueden encontrar otras plantas: Nueva Escocia, Canadá, y también plantas en Rusia, China, India y Gales.

5. DESARROLLO METODOLÓGICO

Este trabajo se realizó con el objetivo de promover y consolidar la investigación, con el fin de originar la participación activa en procesos de cambio que conlleven al progreso y desarrollo científico, que permita dar solución a problemas de tipo social, económico y cultural ante una de las más grandes problemáticas que se presenta en la época actual como es el calentamiento global. Esta investigación se enfoca en el nivel del uso residencial de la energía eléctrica, buscando optimizar el consumo por parte del usuario final. Por tal motivo se decide abordar un estudio respecto al estado del arte de los algoritmos de lógica adaptativa de las actividades humanas en el enfoque de redes inteligentes.

La metodología empleada para la realización del siguiente estudio se plantea por los estudiantes Cesar Julián Meneses Zambrano y Juan Carlos Zambrano Olarte la cual fue supervisada y revisada por el director y tutor Manuel José Ortiz Rangel, y por el codirector y tutor Gabriel Ordoñez Plata, esta metodología se puede apreciar en la siguiente figura.

figura 6 Metodología utilizada en el proyecto de grado.



Fuente: Autores del proyecto.

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La elaboración del proyecto de grado se divide en tres fases. La primera de estas fases, se relaciona con una idea preliminar definiendo un problema e

identificando los objetivos de la investigación. Esta primera fase inicia con una idea propuesta por el profesor Manuel José Ortiz Rangel, en la cual se decide iniciar con una investigación enfocada a los causantes del calentamiento global determinando un nivel de investigación llevado al consumo de energía eléctrica por parte de los usuarios finales en las zonas residenciales. Luego de la exploración, se estableció el enfoque del proyecto, el cual se definió como la elaboración del estado del arte de los algoritmos de lógica adaptativa de las actividades humanas en el enfoque de redes inteligentes. Llevando a cabo el estudio de esta investigación se desarrollan los objetivos mencionados.

La segunda fase corresponde como tal a la exploración por medio de documentos bibliográficos respectivamente a la clasificación de la investigación que se ha llevado a cabo para el cumplimiento del primer objetivo específico. Debido a que el tema de redes inteligentes se está estandarizando a nivel mundial esta búsqueda se realizó en la base de datos de la IEEE que actualmente se encuentra realizando una revisión documental relacionada con este tema.

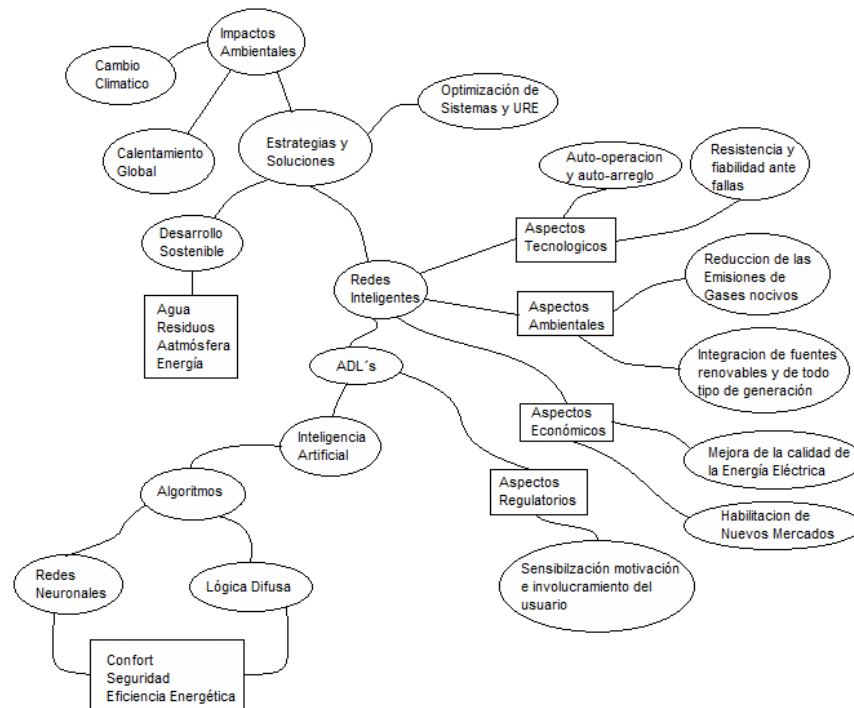
La tercera fase inicia a partir de la interpretación, análisis y clasificación de la información proporcionada por la base de datos de la IEEE con el fin de realizar el estado del arte. El análisis de los algoritmos como tal busca los diferentes beneficios que pueden obtener los usuarios finales como el consumo, el ahorro y la contribución con el medio ambiente, entre otras.

5.2 ORDEN Y CLASIFICACIÓN DEL DOCUMENTO

Para llevar a cabo la investigación se han tenido en cuenta distintas variables que han sido estudiadas y categorizadas con base en las ADL's (Actividades de la Vida Diaria) buscando un confort, una seguridad y un mejor manejo del consumo energético que lleva a la adaptación e implementación de algoritmos como "La Lógica Difusa y Las Redes Neuronales" las cuales brindan facilidades para la caracterización de las actividades de la vida diaria en tecnologías que

puedan comparar las diferentes acciones en determinados tiempos y obtener resultados exactos ante cualquier situación que se presente o que puedan aprender ante las situaciones de las necesidades y el comportamiento del ser humano. En la siguiente figura se lleva a cabo un seguimiento de los temas e información relacionada para la elaboración del proyecto de grado y así poder tener una facilidad de entendimiento, manejo de dicha información y del tema en general.

figura 7 Orden y clasificación del documento



Fuente: Autores del proyecto.

6. ALGORITMOS DE LÓGICA ADAPTATIVA EN LA CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS DE LA VIDA DIARIA.

6.1 ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA

Uno de los aspectos importantes para la gestión individual de la demanda es la caracterización de los patrones de uso de los artefactos eléctricos. Esto incluye conocer la frecuencia e intensidad del uso de luminarias, electrodomésticos y en general de todos dispositivos que utilizan la energía eléctrica para proveer trabajo útil o confort. El proceso de caracterización de los patrones de uso se logra por medio de diversos dispositivos de monitorización. Por ejemplo los sensores de un sistema de detección de intrusos pueden aportar información sobre la ocupación de los recintos donde estos se encuentran instalados mientras no están actuando como dispositivos de seguridad. Adicionalmente los puertos o artefactos inteligentes transmiten información de sus patrones de uso de acuerdo a las variables técnicas monitorizadas para construir los perfiles individuales de las cargas. Las actividades de la vida diaria (ADL's por sus siglas en inglés) se definen inicialmente en un contexto médico para referirse a las acciones individuales temporales que satisfacen las necesidades para el mantenimiento de la vida, el funcionamiento saludable, el desarrollo personal, y para obtener bienestar y calidad de vida. Las ADL's dependen de los contextos sociales y de los recursos disponibles por cada persona e incluyen respirar, comer y beber, trasladarse, reposar, dormir, eliminar, evitar peligros, prevenir riesgos, comunicarse e interactuar socialmente, trabajar y divertirse³⁷.

Los patrones de consumo energético son un reflejo de las ADL's, la cuales se configuran a partir de rutinas cotidianas individuales y se soportan en gran medida en la infraestructura energética. Es decir cada actividad o conjunto de actividades implica el uso de la energía y por supuesto de los sistemas eléctricos.

Monitorizar las variables eléctricas de diversos artefactos y caracterizar las ADL's permiten alimentar diversos tipos de algoritmos para cuantificar el comportamiento individual en ámbitos domésticos.

Por tal razón a continuación se hablara de varios algoritmos que pueden alcanzar la meta de la caracterización de las actividades humanas de la vida diaria.

6.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La caracterización de las actividades de la vida diaria ADL's es necesaria para el desarrollo de tecnologías de hardware y software que permitan el reconocimiento y control de la red dentro de un hogar. Por tal motivo la Inteligencia Artificial es necesaria para que el sistema se comporte de manera automática, tomando decisiones arbitrarias como si fuera el comportamiento de un individuo. El término de inteligencia Artificial (AI) fue acuñado por John McCarthy en el año de 1956 y la define como la ciencia e ingeniería de hacer maquinas inteligentes³⁸. La mayoría de las técnicas en el área de la inteligencia artificial están muy lejos de competir con los procesos neurológicos de los seres humanos o incluso algunos animales, aunque existen sistemas computacionales diseñados para interpretar imágenes, sonidos y el lenguaje su utilidad está limitada a aplicaciones con propósitos genéricos y específicos. La inteligencia artificial se puede definir como el conjunto de procesos lógicos computacionales con la capacidad de emular cierto razonamiento con el conocimiento de un dominio limitado.

Los programas pueden no sólo aproximarse a la forma actual humana, si no que a veces lo superan. Fundamentalmente hay dos enfoques principales en el campo de la inteligencia artificial (IA) para implementar inteligencia humana en las máquinas. Una es la IA simbólica, la cual está caracterizada por un alto nivel de abstracción y un punto de vista macroscópico. El segundo enfoque está basado en los modelos biológicos de nivel microscópico. Las redes

neuronales artificiales y los algoritmos genéticos son los ejemplos primordiales de este último enfoque. Ellos se originaron del modelo del cerebro y la evolución. Las redes neuronales son una nueva generación de sistemas de procesamiento de información que son construidos deliberadamente para hacer uso de algunos de los principios organizacionales que caracterizan al cerebro humano. La inteligencia natural es abundante en todos los ámbitos de la naturaleza. Las redes neuronales extraen sus principios de las ciencias del cerebro para modelar reconocimiento, aprendizaje, y procesos de planeación. La lógica difusa refleja muy cercanamente la manera en que razonamos los humanos con reglas aproximadas. La lógica difusa (FL) está relacionada con la imprecisión, las redes neurales (NN) con el aprendizaje, y el razonamiento probabilístico con la incertidumbre. Y en general se puede decir que estas técnicas diferentes son complementarias en lugar de competitivas. Por esta razón, ha resultado ventajoso el empleo de FL, NN, en combinación, en lugar de usar alguno exclusivamente en el diseño e implementación de sistemas inteligentes. El concepto de sistema inteligente ya no se aplica solamente a las computadoras, sino que su ámbito abarca un número creciente de aplicaciones que van desde los sistemas de control difusos, hasta los modelos que emulan sistemas complejos como los económicos, políticos, sociales etc., pasando por los edificios inteligentes, carreteras inteligentes entre otros. Los sistemas difusos y las redes neuronales han tenido un interés creciente de los investigadores en varias áreas científicas y de ingeniería. El número y variedad de aplicaciones de la lógica difusa y las redes neuronales ha ido en aumento. Variando desde productos de consumo popular y control de procesos industriales hasta instrumentación médica, sistemas de información y análisis de decisión. La lógica difusa está basada en la forma en que el cerebro maneja información inexacta, mientras las redes neuronales están modeladas en la arquitectura física del cerebro. Aunque las inspiraciones fundamentales para estos dos campos son muy diferentes, hay un número de situaciones paralelas que apuntan a sus similitudes. Los sistemas difusos y las redes neuronales son estimadores de modelo libre y sistemas dinámicos. Ellos comparten la habilidad común de mejorar la inteligencia de los sistemas que trabajan en un ambiente

de incertidumbre, imprecisión y ruido. Se ha mostrado que los sistemas difusos y las redes neuronales tienen la capacidad de modelar procesos complejos no lineales a un grado arbitrario de exactitud.

6.3. ALGORITMOS: “LÓGICA DIFUSA Y REDES NEURONALES”

A continuación se abordan los diferentes tipos de algoritmos encontrados en el estudio relacionado con la caracterización de las actividades humanas de la vida diaria desarrollados por diferentes actores expertos en el tema.

La finalidad es poder dar a conocer los algoritmos presentes para una lógica adaptativa desarrollando un análisis crítico.

Dentro de la búsqueda se destacaron los temas relacionados a la Lógica Difusa y las Redes Neuronales como temas que aportan solución al problema.

6.3.1. LOGICA DIFUSA

La inteligencia artificial busca brindarle al ser humano una manera más fácil y más cómoda de realizar todas sus actividades cotidianas del diario vivir (ADL's) a través de la construcción de sistemas inteligentes de monitoreo en el hogar que por medio de pequeños dispositivos inteligentes aprendan y reconozcan dichas actividades. Estas tecnologías de monitoreo son indispensables para el desarrollo de nuevas generaciones y es un canal abierto para la implementación de distintos dispositivos inteligentes en los hogares para el desarrollo de diferentes acciones cotidianas necesarias para tener un uso eficaz de los servicios requeridos, lo que origina la creación de las llamadas casas inteligentes. Una de estas tecnologías basada en el reconocimiento de las actividades es la lógica difusa, la cual pretende emular la habilidad que tienen algunas personas para tomar decisiones correctas a partir de datos

vagos o imprecisos y que están expresados lingüísticamente. La finalidad es implementar un algoritmo de simulación de las estrategias concernientes a la toma de decisiones basado en la experiencia y conocimiento del ser humano para generar un razonamiento a través de sistemas de inteligencia artificial.

El enfoque de la lógica difusa introducida por Lotfi A. Zadeh en 1965, es una extensión de la teoría de conjuntos clásicos para el reconocimiento del comportamiento de los humanos en cualquier medio del hogar está centrado en la interpretación de las ADL's para brindar tanto seguridad como comodidad, estas actividades pueden ser en su mayoría reconocidas por el uso de sensores infrarrojos que detecta la presencia de la persona en un determinado lugar y su postura, también detectan las diversas actividades cotidianas como dormir, limpiar, bañarse, hacer ejercicio, o por medio de sensores que la persona posea para poder identificar individualmente las actividades realizadas por el individuo que pueda medir los datos fisiológicos como el ritmo cardiaco, la actividad humana, la postura, los cuales transmiten estas señales a los centros de información que inteligentemente maneja decisiones adoptadas mediante la programación realizada frente a dichas maneras de actuar. La fusión de los diferentes sensores se ha realizado mediante el uso de lógica difusa la cual permite la identificación y reconocimiento de las ADL's. La lógica difusa es una base muy sólida para realizar el razonamiento automatizado, que refleja el razonamiento humano sobre la base de datos inexactos o incompletos. Por lo tanto la lógica difusa permite tratar la información de cada medidor que es imprecisa para producir resultados exactos. Esta fue diseñada para imitar el comportamiento del ser humano.² En realidad, la intención original del profesor Zadeh era crear un formalismo para manipular de forma más eficiente la imprecisión y la vaguedad del razonamiento humano expresado lingüísticamente, sin embargo causó cierta sorpresa que el éxito de la lógica difusa llegase en el campo del control automático de procesos.

La Lógica Difusa o Lógica Borrosa, se basa en lo relativo de lo observado, permitiendo representar el conocimiento común, que es mayoritariamente del tipo lingüístico cualitativo, en un lenguaje matemático a través de la teoría de conjuntos difusos y funciones características asociadas a ellos. De esta manera, los sistemas de control basados en lógica difusa combinan variables de entrada, definidas en términos de conjuntos difusos, por medio de grupos de reglas que producen uno o varios valores de salida que en muchas ocasiones aportan una información útil para el razonamiento humano. Más formalmente se puede decir que si la lógica es la ciencia de los principios formales y normativos del razonamiento, la lógica difusa se refiere a los principios formales del razonamiento aproximado, considerando el razonamiento preciso (lógica clásica). Así pues, las características más importantes de la lógica difusa son su flexibilidad, su tolerancia con la imprecisión y su capacidad para modelar problemas no-lineales, recalcando que la información que es difusa, borrosa, imprecisa o vaga como estatura media o temperatura baja, en términos de conjuntos borrosos que se combinan en reglas para definir acciones: si la temperatura es alta entonces enfriar mucho, entregue un resultado ya modelado. De esta manera, los sistemas de control basados en lógica difusa combinan variables de entrada, definidas en términos de conjuntos difusos, por medio de grupos de reglas que producen uno o varios valores de salida³⁹.

Desde entonces, la lógica difusa ha sido estudiada, y se han desarrollado varias aplicaciones, fundamentalmente. El uso de conjuntos difusos introducidos por Zadeh en 1965 como una forma matemática para representar la vaguedad en lingüística, puede ser considerado como una generalización de la teoría de conjuntos clásicos que puede hacerse principalmente en dos niveles:

- a) Representación de los atributos: Muchas veces sucede que los datos obtenidos son incompletos, poco fiables, o algunos de los atributos son difíciles de medir con precisión o difíciles de cuantificar numéricamente. En ese momento, es natural el uso de conjuntos difusos para describir el

valor de estos parámetros. Por lo tanto una escala numérica de longitud será reemplazado por un conjunto de etiquetas borrosas, por ejemplo (muy pequeña, pequeña, mediana, grande, extra grande), y cualquier medida de longitud, aunque numérica se convierte en esta escala. La idea subyacente es trabajar con el nivel de detalle máximo, es decir, la precisión mínima.

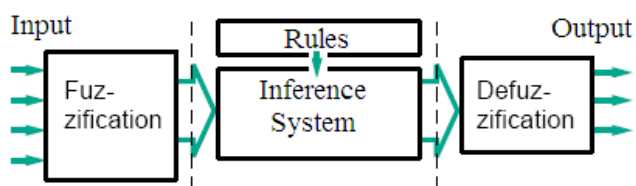
- b) Representación de la clase: Los conjuntos no crean una partición clara del espacio de datos, pero si una partición difusa donde la recuperación permite adaptarse mejor. Un número importante de métodos de reconocimiento de patrones difusos, son sólo una extensión de los métodos tradicionales basados en la idea de la partición difusa. En lugar de crear nuevos métodos de fusión y reconocimiento de patrones basados en enfoques totalmente diferentes, la lógica difusa se adapta de forma natural en la expresión del problema de la clasificación, y tienden a hacer una generalización de los métodos de clasificación que ya existen.
- Descripción de los datos: La lógica difusa se utiliza para describir los datos sintácticos los cuales son secuencias de palabras que pueden ser rechazadas si éstas violan las reglas del lenguaje. Los datos numéricos y conceptuales o de las normas de datos es la contribución más significativa para la descripción de los datos.
 - Análisis de los parámetros discriminantes: En el procesamiento de imágenes, hay muchas técnicas basadas en lógica difusa para la segmentación, la detección, captación de contraste y la extracción.
 - Diseño del discriminador: El discriminador está diseñado para producir una partición borrosa o una clara descripción de los datos. Esta partición corresponde a un conjunto de clases.

6.3.1.1. COMO HACER LA LÓGICA DIFUSA

La arquitectura típica de un control de lógica difusa CLD se muestra en la siguiente figura, la cual comprende cuatro componentes principales: un *fusificador*, una *base de reglas difusas*, un *sistema de inferencia* y un *defusificador*. Si la salida del defusificador no es una acción de control para una planta, entonces el sistema es un sistema de *decisión* lógica. El fusificador tiene el efecto de transformar un dato “duro” en valores lingüísticos adecuados. La base de reglas difusas almacena el conocimiento empírico de la operación del proceso del dominio del experto. La máquina de inferencia es el núcleo de un LD, y tiene la capacidad de simular la toma de decisiones de un experto humano realizando razonamiento aproximado para alcanzar la estrategia de control deseada. El defusificador es utilizado para proporcionar una decisión no difusa o acción de control a partir de la acción de control difusa obtenida por la máquina de inferencia.

El propósito de los CLD es calcular valores de variables de control (o acción) a partir de la observación o medidas de las variables de estado del proceso controlado tal que se alcance una cierta funcionalidad deseada del sistema.

Figura 8 Pasos Difusos de interferencia del sistema (Control de Lógica Difusa).



Fuente: Human Activities of Daily Living Recognition Using Fuzzy Logic For Elderly Home Monitoring

La Lógica Difusa utiliza la experiencia del ser humano para generar un conjunto de normas que permitan seguir una lógica de razonamiento, puede representar el modelo matemático de un sistema mediante el uso de variables lingüísticas y

una serie de condiciones o reglas previamente definidas, sus algoritmos (reglas) hacen uso de instrucciones IF - THEN (SI - ENTONCES), por ejemplo: SI hay mucha demanda de mi producto ENTONCES aumentaré el precio⁴⁰. Se llama reglas difusas al conjunto de proposiciones IF-THEN (SI - ENTONCES) que modelan el problema que se quiere resolver. Una regla difusa simple tiene la forma:

“si u es A entonces v es B ”

Donde A y B son conjuntos difusos definidos en los rangos de “ u ” y “ v ” respectivamente. Una regla expresa un tipo de relación entre los conjuntos A y B cuya función característica sería $U_{A \rightarrow B}(X, Y)$ que quiere decir que el cumplimiento o la verdad de una de las proposiciones tienen como consecuencia el cumplimiento de la otra y representa lo que conocemos como implicación lógica.

Fuzzificación o Bloque Difusor: El primer paso en la lógica difusa es convertir los datos de entrada en un conjunto de variables difusas lo cual consiste en una evaluación subjetiva para transformar los datos medidos a la evaluación de valores subjetivos. Esto se hace para dar valores (estas serán las variables) a cada uno de los conjuntos de funciones de pertenencia. Las entradas son valores concretos de las variables. Este enfoque es ampliamente usado en aplicaciones de control con lógica difusa debido a que simplifica grandemente el proceso de razonamiento difuso. En un caso más complejo donde los datos observados deben ser transformados por un fuzificador, convirtiendo los datos probabilísticos en números difusos, estos es, datos difusos (posibilidad), en donde se asigna un grado de pertenencia (aplicación que asocia a cada elemento de un conjunto difuso el grado con que pertenece al valor lingüístico asociado) a cada uno de los conjuntos difusos que se han considerado. Como objetivo, la fuzzificación es el proceso realizado para convertir un valor tradicional lógico, binario, decimal, y/o exacto, en un valor o cantidad difusa.

Reglas de aproximación y sistema de inferencia: El sistema de inferencia difusa utiliza equivalentes difusos de las operaciones lógicas AND, OR y NOT para construir las reglas de lógica difusa. Un motor de inferencia opera en las reglas que se estructuran en un formato IF-THEN (SI-ENTONCES), reglas en las cuales los antecedentes y los consecuentes involucran variables lingüísticas. La parte IF de la regla se llama el antecedente (dato), mientras que la parte THEN de la regla se llama consecuente (constante). Las reglas se construyen a partir de variables lingüísticas. Estas variables toman valores borrosos o difusos, términos que se representan como palabras y modelados como subconjuntos difusos de un dominio adecuado. Esta colección de reglas de control difusas caracteriza la simple relación de entrada - salida del sistema,

Este bloque es el núcleo del CLD en la modelación de toma de decisiones humanas dentro del marco conceptual de la lógica difusa y el razonamiento aproximado que relaciona conjuntos difusos de entrada y salida que representa a las reglas que definen el sistema, evaluando sobre los antecedentes las normas o reglas que permiten determinar un resultado.

Defuzzificación: El último paso de un sistema de lógica difusa consiste en la transformación de los valores difusos generados por las reglas de la lógica difusa en los valores concretos o reales una vez más que se puede utilizar para realizar alguna acción.

De este bloque se obtienen los valores concretos de las variables de salida, el resultado obtenido en el mecanismo de inferencia, modelación del problema que se quiere resolver.

6.3.1.2. DETECCIÓN DE ACTIVIDAD ENFOCADA EN LÓGICA DIFUSA.

La capacidad de hacer frente a los datos complejos de la información adquirida de los distintos sensores en la detección de la actividad es una de las principales ventajas que resulta de utilizar como herramienta la lógica difusa

junto con la simplicidad del planteamiento. La teoría de los conjuntos difusos ofrece una manera conveniente y más fácil de hacer todas las combinaciones posibles con estos sensores. Con el fin de ofrecer apoyo puntual para la seguridad, la comodidad y la conveniencia, esta teoría de los conjuntos difusos es utilizada en este sistema para vigilar y reconocer las actividades de las personas en el entorno y/o vida cotidiana, principalmente para brindar un mayor confort y un uso eficiente del servicio energético. Esta detección de actividad informara sobre las anomalías referentes a inactividad o a la actividad anormal identificada. En la siguiente tabla se encuentran clasificados los ADL's usando dispositivos y por medio de movimientos del cuerpo humano.

Tabla 2 Lista de reconocimiento de ADL's

<i>ADL's usando dispositivos</i>	<i>ADL's movimiento del cuerpo humano</i>
Levantarse, ir al baño, bañarse, salir de casa, entrar a la casa, lavar los platos, lavar la ropa, ver la televisión, escuchar la radio, asearse, hablar por teléfono, cocinar...	Dormir, estar de pie, caminar, sentarse, hacer ejercicio, permaneces en algún lugar...

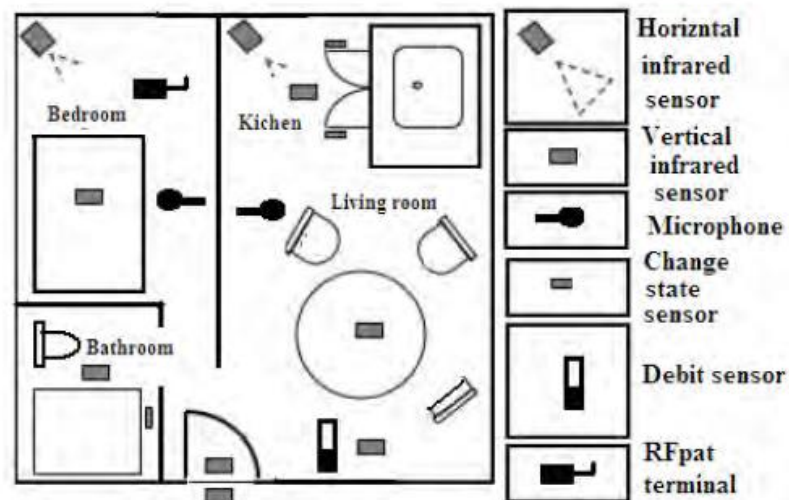
Fuente: Human Activities of Daily Living Recognition Using Fuzzy Logic For Elderly Home Monitoring

Esta metodología trata de emular la experiencia adquirida por uno o más seres humanos a lo largo del tiempo, este sistema tendrá en su memoria una base de datos con múltiples soluciones a un mismo problema, luego el sistema tendrá que escoger de entre esas soluciones a la que mejor pueda aplicarse a fin de lograr los mejores resultados. La elección de la estructura de decisiones a seguir dependerá de las características del trabajo en donde se desee aplicar o en donde se encuentre ubicado el individuo, además el sistema podrá ir aprendiendo con el tiempo y almacenar sus propias experiencias para lo cual

se puede apoyar en algoritmos de redes neuronales y algoritmos genéticos. Esta lógica puede usarse para explicar el mundo en el que vivimos⁴⁰.

Para cada equipo principal en la casa se asocian dos funciones de pertenencia, encender y apagar. La siguiente figura muestra la disposición de algunos sensores para la detección de las diferentes actividades en el hogar y el reparto de la vivienda en las zonas con la finalidad de evaluar y supervisar el sistema para el reconociendo de las ADL's en el diario vivir. Para este reconocimiento de las diferentes actividades de la vida diaria, tendrán que ser calibrados tanto los micrófonos de los sensores de sonido como los sensores infrarrojos a bajas frecuencias para que la información de los datos obtenidos sean más exactos, ya sea dependiendo de la zona de vigilancia especificada para cada uno de ellos.

Figura 9 Vista general de una instrumentación típicamente en el hogar.



Fuente: Human Activities of Daily Living Recognition Using Fuzzy Logic For Elderly Home Monitoring.

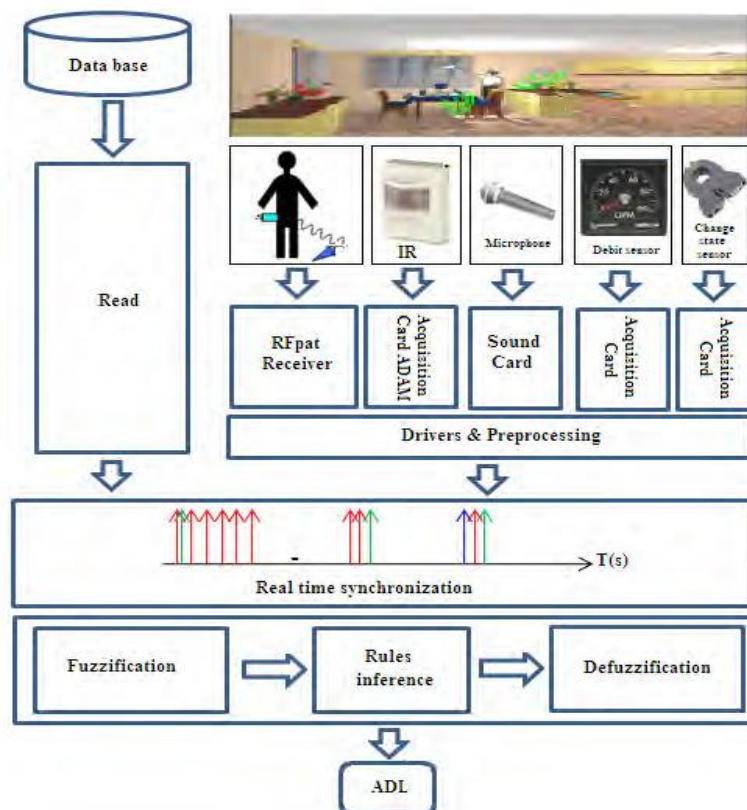
En esta segunda etapa es indispensable el conocimiento y dominio de expertos sobre las actividades detectadas para identificarlas y operar produciendo un nivel de confianza en la aparición de nuevas actividades. Las reglas permiten el

reconocimiento y mejor manejo de las actuaciones comunes de una actividad, así como la capacidad de modelar casos especiales.

6.3.1.3. IMPLEMENTACION

La figura 8 muestra un diagrama de bloques sinópticos de la arquitectura de software de la plataforma de reconocimiento de las ADL's en la que se pueden distinguir tres componentes principales como son el módulo de adquisición, el módulo de sincronización y el componente de inferencia difusa, también se encuentra integrado en el componente de sincronización un módulo de tiempo real para evitar la pérdida durante el procesamiento de los datos.

Figura 10 Arquitectura de software de la plataforma de reconocimiento de ADL.



Fuente: Human Activities of Daily Living Recognition Using Fuzzy Logic For Elderly Home Monitoring.

6.3.2. REDES NEURONALES

El hombre se ha caracterizado siempre por su búsqueda de nuevas vías para mejorar sus condiciones de vida. Estos esfuerzos le han servido para reducir el trabajo en el que la fuerza juega un papel primordial. Para lograr con el objetivo estuvieron construyendo maquinas que permitieron implementar fácilmente algoritmos capaces de resolver problemas que antes eran difíciles de resolver. Por lo tanto se abordó el término de inteligencia artificial, intento por descubrir y describir aspectos de la inteligencia humana para ser interpretados por máquinas. Las redes neuronales son un complemento para emular ciertas características propias de los humanos, como la capacidad de memorizar y asociar hechos. Una red neuronal es “un nuevo sistema para el tratamiento de la información, cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental del sistema nervioso humano: la neurona”.⁴¹ La red neuronal tiene la capacidad de resolver problemas que no ha podido con obtener más información basada en el problema. Por lo tanto las redes neuronales consisten de unidades de procesamiento que intercambian datos e información, se utilizan para reconocer patrones y tienen la capacidad de aprender y mejorar su funcionamiento.

Para el reconocimiento de las actividades de la vida diaria se ha utilizado las redes neuronales con el fin de reconocer el comportamiento humano. Para lograr el objetivo se ha desarrollado una red auto-adaptativa denominada Mapa Auto Organizacional De Crecimiento, Growing Self-Organizational Map en inglés (GSOM), presentando a continuación un método computacional para nuevos análisis de caracterización de las actividades de la vida diaria dentro del ambiente de un hogar inteligente⁴². El GSOM presenta varias características atractivas en el análisis de patrones útiles codificando los datos de las actividades diarias. El GSOM utiliza cuatro nodos iniciales de entrada y factores de comparación para la acumulación de errores y creación de nuevos nodos de comparación. Los cuatro nodos iniciales se denominan neuronas en una red de dos dimensiones y siguen el principio de Mapas de Auto

organización de los mapas de Kohonen que son mapas asociativos utilizados en las redes neuronales enfocados en una arquitectura adaptativa.

Los nodos principalmente se caracterizan por ser nodos de frontera capaces de generar nuevos nodos en direcciones aleatorias. Para que los nodos se carguen de información es necesaria la utilización de tecnología como sensores que determinan el uso y ubicación de cada aparato residencial. Al momento de almacenar los datos de información de cada sensor se prosigue a determinar los parámetros para la caracterización de las actividades. El proceso de aprendizaje del GSOM presenta tres fases que se denominan: inicialización, crecimiento y suavizado⁴³.

El proceso del GSOM es el siguiente⁴⁴:

- Fase de inicialización: Se inician los vectores de peso que generalmente son 4 con valores aleatorios entre 0 y 1.

Luego se calcula el umbral de crecimiento (GT) para los datos de un determinado conjunto de dimensiones D de acuerdo al factor de propagación (SF), utilizando la fórmula:

$$GT = -D \times \ln(SF) \quad \text{Ec 1.}$$

- Fase de crecimiento: Entrada actual a la Red.
Determinar el vector de pesos que es el más cercano al vector de entrada asignada a la función de mapa actual, utilizando la distancia. Este paso se puede resumir como encontrar q' tal que:

$$|v - w_{q'}| \leq |v - w_q| \forall q \in \mathbb{N} \quad \text{Ec 2.}$$

Donde v y w son los vectores de entrada y peso, respectivamente, q es el vector posición de los nodos y \mathbb{N} es el conjunto de los números naturales.

La adaptación de los vectores de peso solo se aplica a los vecinos del nodo principal y al mismo nodo. La cantidad de la tasa de adaptación también se reduce de forma exponencial en las iteraciones. Incluso dentro de la vecindad, los pesos que están más cerca del nodo principal se adaptan más que el de los más alejados. La adaptación de peso puede ser descrito por:

$$w_j(k+1) = \begin{cases} w_j(k) & \text{if } j \notin N_{k+1} \\ w_j(k) + LR(k) \times (x_k - w_j(k)) & \text{if } j \in N_{k+1} \end{cases}$$

Ec 3.

Donde la tasa de aprendizaje $LR(k)$ $k \in \mathbb{N}$, es una secuencia de parámetros positivos convergentes a cero $k \rightarrow \infty$, $w_j(k)$, $w_j(k+1)$ son los vectores de peso del nodo j antes y después de la iteración en la neurona principal. El valor de la disminución de la $LR(k)$ en el GSOM depende del número de nodos existentes en un tiempo k .

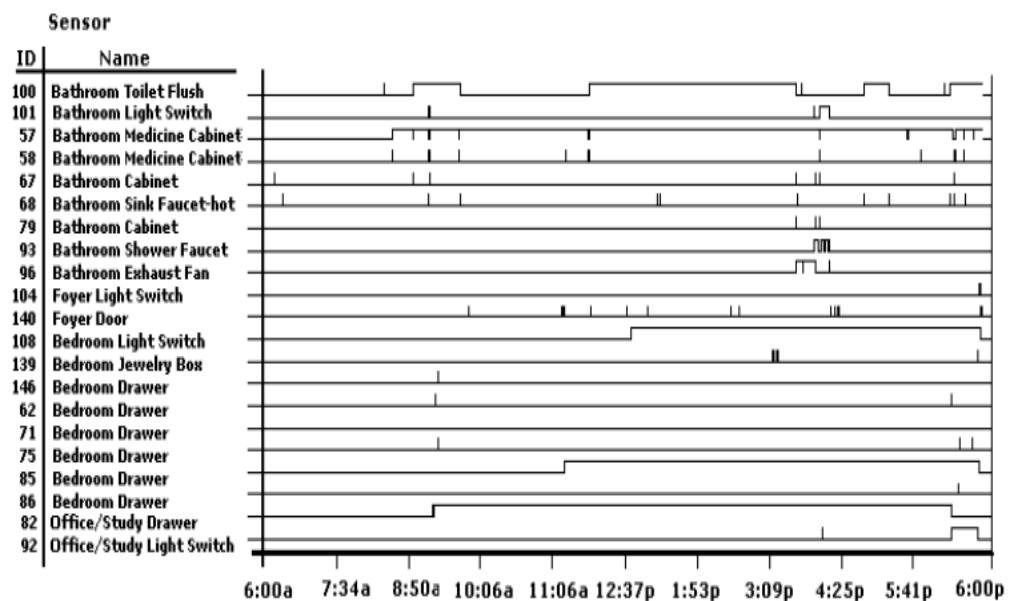
Aumentar el valor del error del nodo (diferencia entre el vector de entrada y el nodo principal).

Cuando $TE_j > GT$ (donde TE_j es el error total del nodo j y GT es el umbral de crecimiento). Se genera un nuevo nodo vecino al nodo frontera. Si no se distribuyen los pesos a los nodos vecinos si este es un nodo sin límite. Luego se reinicia la tasa de aprendizaje a su valor inicial. Por último se vuelve a repetir el mismo procedimiento hasta que todas las entradas se hayan presentado y el crecimiento de los nodos se reduzca hasta un valor mínimo.

- Fase de suavizado: Reduce la tasa de aprendizaje y fija un pequeño nodo vecino de partida. Busca al nodo principal adaptando un peso a él y a los vecinos de la misma manera que en la fase de crecimiento.

Para un estudio realizado durante dos semanas en el hogar de una mujer de 30 años, realizado por Zheng, Wang, y Black se instalaron sensores en diferentes lugares para la obtención de datos y se clasificaron actividades dependiendo del estado de cada sensor. Durante ese proceso de activación de los sensores se obtuvieron datos binarios como los de la siguiente tabla con respecto a su tiempo de uso como se muestra a continuación en la siguiente figura 9.

Figura 11 Lectura y grabación de activación durante un tiempo de los sensores.



Fuente: Human Activity Detection in Smart Home Environment with Self-Adaptive Neural Networks

A medida de la obtención de datos de cada sensor se fueron clasificando las actividades de la vida diaria tales como lavarse, ir al baño y bañarse, tomando la secuencia de activación de cada sensor. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3 Ejemplo de las actividades en forma de una secuencia de activación y desactivación de eventos binarios

Activity				Sensor				
Class	Date	Starting time	Ending time	ID	Object	Room	Activation time	Deactivation time
Toileting	01/04/2003	17:30:36	17:46:41	100	Toilet flush	Bathroom	17:39:37	18:10:57
				68	Sink faucet-hot	Bathroom	17:39:46	17:39:52
Preparing a snack	01/04/2003	23:10:42	23:11:21	88	Sink faucet-cold	Bathroom	23:10:26	23:10:31
				68	Sink faucet-hot	Bathroom	23:10:28	23:10:33
				84	Drawer	Kitchen	23:10:44	23:10:47
				72	Cabinet	Kitchen	23:10:53	23:11:08

Fuente: Human Activity Detection in Smart Home Environment with Self-Adaptive Neural Networks

Así como se mostró en la figura anterior se siguieron diferentes secuencias de activación registrando un total de 295 actividades tales como se muestran en la siguiente tabla.

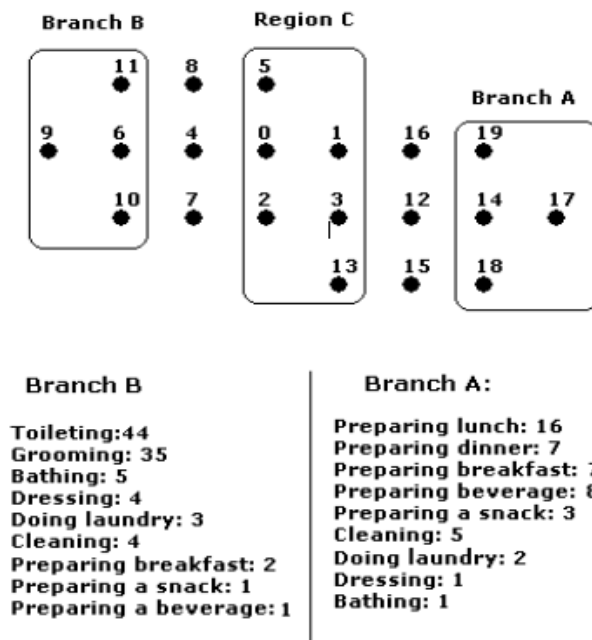
Tabla 4 Distribución de las actividades por cada clase.

Class of Activity	Number of Activities
Washing dishes	8
Toileting	84
Preparing lunch	17
Preparing dinner	8
Preparing breakfast	14
Preparing a snack	15
Preparing a beverage	15
Grooming	37
Going out to work	12
Going out for shopping	3
Going out for entertainment	1
Dressing	24
Doing laundry	19
Cleaning	9
Bathing	18
Washing TV	3
Washing hands	1
Putting away laundry	2
Putting away groceries	2
Putting away dishes	2
Lawnwork	1
Other	1
Total	295

Fuente: Human Activity Detection in Smart Home Environment with Self-Adaptive Neural Networks

Cada actividad encontrada se representó por la actividad de cada sensor ubicado en aparatos, objetos y habitaciones. También se excluyeron las clases que tuvieran menos de 5 actividades en el análisis. Los resultados obtenidos del GSOM se dieron con los siguientes parámetros: 0.9 para el factor de propagación (SF), 4 nodos para el barrido inicial (No) y una tasa de aprendizaje de 0,1 (Ao). En la figura 10 se muestra el orden de la numeración de los nodos del mapa GSOM resultante que resulta ramificándose en dos secciones. El análisis de actividades de cada rama muestra que comparten algo en común. Estas actividades se pueden relacionar con actividades en la cocina o actividades realizadas en el baño. Con esta información se pudo establecer que la mayor cantidad de actividades se realizaron en la cocina y en el baño.

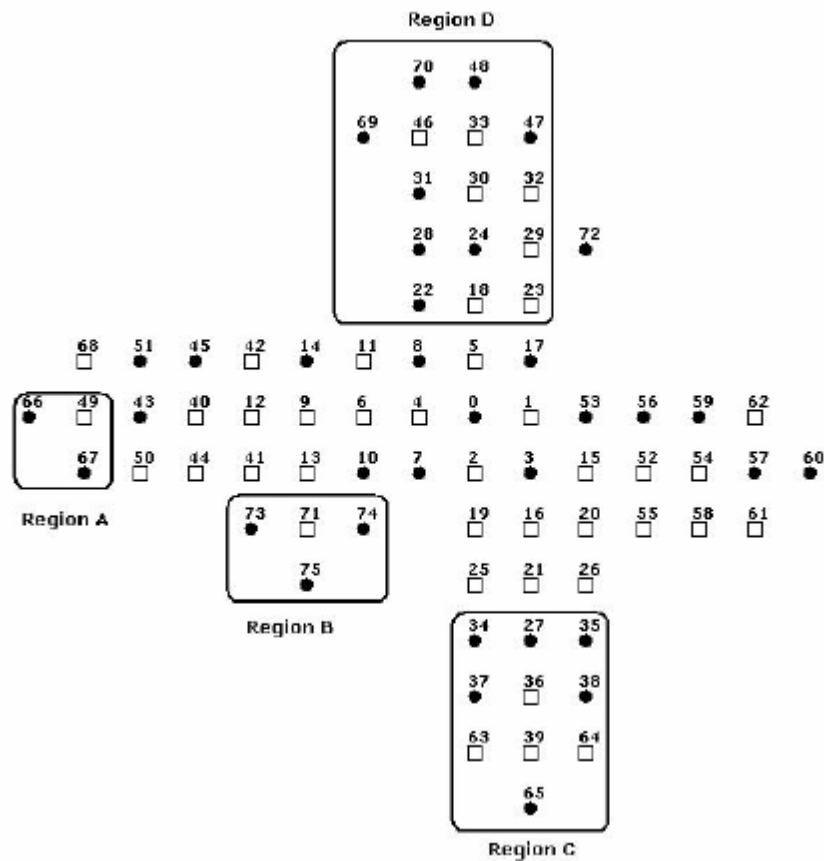
Figura 12 Mapa GSOM generado con los datos anteriores.



Fuente: Human Activity Detection in Smart Home Environment with Self-Adaptive Neural Networks

También se encontró que para áreas donde no se pueden determinar las actividades se puede realizar un cambio de parámetros de entrada haciendo que el mapa GSOM pueda ramificarse de una mejor manera para clasificar la totalidad de las actividades. Por lo tanto con solo cambiar el factor de propagación y la tasa de aprendizaje por los valores de 0,1 y 0,05 respectivamente se clasificaron la totalidad de las actividades como se muestra continuación en la Figura 11.

Figura 13 GSOM cambiando los parámetros del factos de propagación y la tasa de aprendizaje.



Fuente: Human Activity Detection in Smart Home Environment with Self-Adaptive Neural Networks

Este proceso auto organizacional permite caracterizar las actividades humanas de vida diaria utilizando información de sensores ubicados estratégicamente

dentro de un ambiente hogareño. El fin de utilizar las redes neuronales para la caracterización de las actividades de vida diaria es con el objetivo de utilizar la información en algoritmos que se puedan implementar en software ayudando a la automatización, optimizando el consumo de Energía Eléctrica dentro del hogar.

7. VENTAJAS Y DEVENTAJAS

El método propuesto por la lógica difusa se ha logrado experimentalmente mediante el estudio en una simulación de datos con el fin de demostrar su eficiencia, ofreciendo resultados satisfactorios para el reconocimiento de las ADL's. Este primer estudio se dedicó a la evaluación del sistema, teniendo en cuenta las reglas utilizadas en la inferencia difusa. Mediante la realización de varias pruebas con diferentes reglas de combinación, y en base a los resultados obtenidos, se añade una regla para el conjunto seleccionado de normas con el fin de conseguir la detección de pérdidas. Este estudio arroja buenos resultados para el reconocimiento de las ADL's, (alrededor del 97% de buena detección de ADL's) demostrando que este método de lógica difusa mediante los diferentes sensores es experimentalmente factible para la detección de las actividades de la vida diaria en los hogares⁴⁵.

Teniendo en cuenta el propósito y el estudio del tema de investigación de los diferentes algoritmos para buscar la satisfacción del usuario final y un mejor manejo de la energía eléctrica se encuentran algunas ventajas y desventajas propias. A continuación se nombran algunas de estas.

Tabla 5 Tabla de Ventajas

VENTAJAS	
LÓGICA DIFUSA	REDES NEURONALES

<ul style="list-style-type: none"> La principal ventaja del este sistema de control de la Lógica Difusa es su facilidad de implementación (diferentes sensores de detección). 	<ul style="list-style-type: none"> Las redes neuronales tienen la capacidad de aprender a realizar tareas basadas en una experiencia inicial.
<ul style="list-style-type: none"> Estos tipo de sistemas están dando muy buenos resultados en los procesos lineales y de difícil modelización. 	<ul style="list-style-type: none"> Una red neuronal puede crear su propia organización o representación de la información que recibe mediante una etapa de aprendizaje.
<ul style="list-style-type: none"> El modo de funcionamiento es similar al comportamiento humano. 	<ul style="list-style-type: none"> Las redes neuronales son sistemas dinámicos autoadaptativos, pues son capaces de estar en constante cambio para adaptarse a las nuevas condiciones.
<ul style="list-style-type: none"> Es una forma rápida y económica de resolver un problema. 	<ul style="list-style-type: none"> Las redes neuronales emplean su capacidad de aprendizaje adaptativo para auto-organizar la información que reciben durante el aprendizaje y/o la operación.
<ul style="list-style-type: none"> No se necesita conocer el modelo matemático que rige su funcionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> Facultad de las redes neuronales de responder apropiadamente cuando se les presentan datos o situaciones a las que no había sido expuesta anteriormente.
<ul style="list-style-type: none"> La lógica difusa ofrece salidas de una forma veloz y precisa. 	

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 6 Tabla de Desventajas

DESVENTAJAS	
LÓGICA DIFUSA	REDES NEURONALES
<ul style="list-style-type: none"> Ante un problema que tiene solución mediante un modelo matemático, obtenemos peores resultados usando Lógica Difusa. 	<ul style="list-style-type: none"> En las redes neuronales se precisa de un tiempo de aprendizaje para obtener los mejores resultados en la salida. (Al igual que ocurre con los humanos).

· Dificultad de interpretación de valores difusos (semántica no clara) ante la Lógica Difusa.	
---	--

Fuente: Autores del proyecto.

8. COMPARACION

Con base en el estudio de los diferentes algoritmos de Lógica Difusa y Redes Neuronales y debido a su importancia para los beneficios que cada uno de estos ofrece tanto al usuario final como al medio ambiente, se obtiene algunas diferencias y similitudes en cuanto al funcionamiento que permite la caracterización de las actividades de la vida diaria.

A continuación se presenta un cuadro de comparación entre la lógica difusa y las Redes Neuronales.

Tabla 7 Comparación entre Redes Neuronales y Lógica Difusa.

REDES NEURONALES	LOGICA DIFUSA
El proceso se define por las fases de iniciación, crecimiento y suavizado.	El proceso se divide en fusificación, sistema de inferencia y defusificación
Los dos algoritmos funcionan con la implementación de sensores ubicados en diferentes puntos de la residencia del usuario final.	
Las redes neuronales tienen un desfase para la toma de datos en tiempo real.	Sirve para la obtención de datos en tiempo real.
Redes neuronales se basa en un proceso de aprendizaje de crecimiento auto organizacional.	La lógica Difusa se basa en la comparación de los datos de entrada.
Se establecen parámetros del factor de propagación y la tasa de aprendizaje para automatizar la búsqueda de las actividades de vida diaria.	Se establecen los parámetros de comparación para la caracterización de las actividades de vida diaria.

Fuente: Autores del proyecto.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.

El contenido de la investigación tiene como objetivo principal el estudio de las diferentes maneras que se pueden adoptar para la caracterización de las actividades de vida diaria, enfrentando la gran problemática que se ha llevado a cabo con el planeta y los recursos naturales, que han venido minuciosamente disminuidos por los diferentes métodos de la obtención de energía eléctrica. Con vista a mejorar la calidad y optimizar el servicio Eléctrico teniendo en cuenta el URE se han llegado a conocer métodos tecnológicos relacionados como las redes neuronales y la lógica difusa para elaborar una caracterización de las actividades de la vida diaria logrando como objetivo una optimización del uso de la energía Eléctrica. Es importante tener en cuenta que para ser eficaz al momento de utilizar la energía eléctrica es necesario el uso de dispositivos que hacen que el hogar sea inteligente dotando de información necesaria para la construcción de una base de datos que sirva para caracterizar las actividades de la vida diaria. Las redes neuronales emplean su capacidad de aprendizaje adaptativo para auto organizar la información que reciben durante el aprendizaje y/o la operación. Mientras que el aprendizaje es la modificación de cada elemento procesal, la auto organización consiste en la modificación de la red neuronal completa para llevar a cabo la caracterización de las actividades de vida diaria.

Por medio del presente trabajo de investigación se ha logrado mostrar las ventajas de la implementación de la Inteligencia artificial (Lógica difusa y Redes Neuronales) mediante el reconocimiento humano en el desarrollo de la sociedad basado en las distintas formas de emular los razonamientos humanos ante las nuevas y eficientes tecnologías capaces de ofrecer resultados certeros, optimizando la toma de decisiones frente a las diferentes actividades presentadas en la vida diaria, brindando confort, seguridad y ante todo optimizando el uso de la energía eléctrica como cooperación ante los impactos ambientales como el deterioro del ecosistema y el gran problema del calentamiento global.

REFERENCIAS.

¹ Cor Warmer, Koen Kok, Stamatis Karnouskos, Anke Weidlich, David Nestle, Patrick Selzam, Jan Ringelstein, Aris Dimeas, Stefan Drenkard, “Web services for integration of smart houses in the smart grid”, grid-interop forum 2009, pag 1 – 5.

² C. Fischer, "Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?," Energy Efficiency, vol. 1, pp. 79-104, 2008.

³ Naciones Unidas, Reporte Brundtland, Parte 1, Numeral 15, 1987.

⁴ Adil Najam and Cutler J. Cleveland, “Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits: An Evolving Agenda”, Kluwer Academic Publishers, 2003

⁵ S. Anett, B. Jochen and H Johannes, “Power Demand Shifting with Smart Consumers A Platform for Power Grid friendly Consumption Control Strategies”, IEEE Power & Energy Magazine, 2010.

⁶ Omid Ameri Sianaki , Omar Hussain, Tharam Dillon and Azadeh Rajabian Tabesh, “Intelligent Decision Support System for Including Consumers’ Preferences in Residential Energy Consumption in Smart Grid”, IEEE Power & Energy Magazine, 2010.

⁷ Cristian Mongue, “La naturaleza del agua como recurso. Perspectiva social, económica e institucional de una gestión integral”, Congreso ibérico sobre gestión y planificación del agua, Tortosa, Diciembre, 2004, versión electrónica disponible en http://www.congreso.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaracomun5segura.pdf.

⁸ Idem.

⁹ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, “Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos”, Republica de Colombia.

¹⁰ “La estrategia de desarrollo sostenible del principado de asturias”, Oficina para la Sostenibilidad, el Cambio Climático y la Participación del Principado de Asturias, Mayo de 2008.

¹¹ adil najam and cutler j. cleveland, “energy and sustainable development at global environmental summits: an evolving agenda”, Environment, Development and Sustainability 5: 117–138, 2003.

¹² Ley 697 de 2001 Octubre 3

¹³ Republica de Colombia Ministerio de Minas y Energía unidad de planeación minero-energética, “Estrategia De Uso Racional De Energía En El Sector Industrial Colombiano”

¹⁴ Unidad De Planeación Minero Energética – UPME, “Consultoría Para La Formulación Estratégica Del Plan De Uso Racional De Energía Y De Fuentes No Convencionales De Energía 2007 – 2025”, Bogota D.C. Junio 15 de 2007.

¹⁵ Baigorria R. Luis A., Beyond the Smart Grid mas alla de la red eléctrica inteligente, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, 2010, pag 14.

¹⁶ Omid Ameri Sianaki , Omar Hussain, Tharam Dillon, Azadeh Rajabian Tabesh, *Intelligent Decision Support System for Including Consumers’ Preferences in Residential Energy Consumption in Smart Grid*, IEEE Power & Energy Magazine, 2010, pag 154 – 159.

¹⁷ Muhammad Mehroze Abdullah & Prof. Barry Dwolatzky, Smart Demand-Side Energy Management Based on Cellular Technology - A way towards Smart Grid Technologies in

Africa and Low Budget Economies, IEEE AFRICON 2009, 23 - 25 September 2009, Nairobi, Kenya, pag 1.

¹⁸ P.K. LEE AND L.L. LAI, Smart Metering in Micro-Grid Applications, Energy Systems Group, City University London, United Kingdom, 2009, pag 1.

¹⁹ P.K. LEE AND L.L. LAI, Smart Metering in Micro-Grid Applications, Energy Systems Group, City University London, United Kingdom, 2009, pag 1.

²⁰ Raghavendra Nagesh D Y, Vamshi Krishna J V, Tulasiram S S, A Real-Time Architecture for Smart Energy Management, Hyderabad, India, 2010.

²¹ Jisun Lee, Dae-Kyo Jung, Yoonkee Kim, Young-Woo Lee, Young-Myoung Kim, Smart Grid Solutions, Services, and Business Models Focused on Telco, SD Department KT Seoul, South Korea, 2010, pag 323 – 326.

²² Caamaño M. Estefania, Castillo C. Manuel, Masa B. Daniel, Gutiérrez M. Alvaro, Matayanas Eduardo, Monasterio-Huelin M. Felix, Jimenez L. Javier, autoconsumo de energía solar fotovoltaica con gestión activa de la demanda: el sistema gedelos-fv, iv Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES_CLA) y XVII Simposio Peruano de Energía Solar (XVII- SPES), Cusco, 1 -5.11.2010.

²³ Cruz Z. Miguel, Santandreu C. Alberth, Integración del vehiculo eléctrico en la red: Gestion de la demanda, Area de redes eléctricas y electrónica de potencia del institut de recerca en energía de Catalunya, Barcelona Mayo 4 de 2010, pag 7.

²⁴ Federal Energy Regulatory Commission staff report, a national assessment of demand response potential, 2009.

²⁵ Assessment of Demand Response and Advanced Metering Staff Report Federal Energy Regulatory Commission December 2008, pag 5.

²⁶ Assessment of Demand Response and Advanced Metering Staff Report Federal Energy Regulatory Commission February 2011.

²⁷ David G. Hart, Senior Member IEEE, Using AMI to Realize the Smart Grid, 2008.

²⁸ "Activities of Daily Living Evaluation." Encyclopedia of Nursing & Allied Health. ed. Kristine Krapp. Gale Group, Inc., 2002. eNotes.com. 2006.Enotes Nursing Encyclopedia (<http://www.enotes.com/nursingencyclopedia/activities-daily-living-evaluation>) Accessed on: 11 Oct, 2007.

²⁹ Tae-Seop Choi, Kyung-Rok Ko, Seong-Chan Park, Young-Sik Jang, Yong-Tae Yoon, Member, IEEE, Sang-Kug Im, Analysis of Energy Savings using Smart Metering System and IHD (In-Home Display), IEEE T&D Asia 2009.

³⁰ <http://www.goodcleantech.com/2009/06/microsoft-enters-smart-grid-ma.php>

³¹ Shailendra B., Sanjay SINGH, Omkar KARANDE, Samir CHATURVEDI, Shashank DHARIWAL, Varun MOHAN, Architecture for Smart Grid based Consumer End Solution, Febreo 13 – 16, 2011. Pag 88 – 92.

³² Susan Soergel, An Economic Smart Metering Pilot Implementation Using Standards-Based Protocols, IEEE, 2010, Pág 216 – 219.

³³ Anett Schülke, Jochen Bauknecht, Johannes H'aussler, Power Demand Shifting with Smart Consumers. A Platform for Power Grid friendly Consumption Control Strategies, NEC Laboratories Europe, 2010, Pag 437 – 442.

³⁴<http://www.siemens.com/sustainability/en/environmental-portfolio/products-solutions/renewable-energy/onshore-wind-farms.htm>

³⁵<http://www.siemens.com/sustainability/en/environmental-portfolio/products-solutions/renewable-energy/biomass.htm>

³⁶<https://www.planetseed.com/es/node/15753>

³⁷ "Activities of Daily Living Evaluation." Encyclopedia of Nursing & Allied Health. ed. Kristine Krapp. Gale Group, Inc., 2002. eNotes.com. 2006. Enotes Nursing Encyclopedia (<http://www.enotes.com/nursingencyclopedia/activities-daily-living-evaluation>) Accessed on: 11 Oct, 2007

³⁸ http://www.madrimasd.org/blogs/sistemas_inteligentes/2008/03/27/87532

³⁹ Manuel Hernández Calviño, Aclarando La Lógica Borrosa (Fuzzy Logic), Facultad de Física, Universidad de La Habana, Revista Cubana De Física Vol. 20, No. 2, 2003.

⁴⁰ Henry Antonio Mendiburu Díaz, Gestión Dinámica De Proyectos Mediante Lógica Fuzzy, Smart Solutions for Business.

⁴¹ Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario Departamento de Ingeniería Química Grupo de Investigación Aplicada a la Ingeniería Química (GIAIQ), “Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones”, Marzo de 2001, Pág 4.

⁴² Huiru Zheng, Member, IEEE, Haiying Wang, and Norman Black, Member, IEEE, “Human Activity Detection in Smart Home Environment with Self-Adaptive Neural Networks”, Pag 1505 – 1510.

⁴³ Haiying Wang, Student Member, IEEE, Francisco Azuaje, Member, IEEE, and Norman Black, Member, IEEE, “An Integrative and Interactive Framework for Improving Biomedical Pattern Discovery and Visualization”, IEEE Transactions On Information Technology In Biomedicine, Vol. 8, No. 1, March 2004.

⁴⁴ Daminda Alahakoon, Saman K. Halgamuge, Member, IEEE, and Bala Srinivasan, “Dynamic Self-Organizing Maps with Controlled Growth for Knowledge Discovery”, Ieee Transactions On Neural Networks, Vol. 11, No. 3, May 2000, Pag 601 – 614.

⁴⁵ Hamid Medjahed, Dan Istrate, Jerome Boudy and Bernadette Dorizzi, Human Activities of Daily Living Recognition Using Fuzzy Logic For Elderly Home Monitoring, FUZZ-IEEE 2009 Horea, August 20-24,