



DISERTACIÓN

MAESTRIA EN INGENIERIA DE ENERGIA Y AMBIENTE

ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE LA DOMÓTICA EN EL EDIFICIO DE DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

GABRIEL ENRIQUE PICO MERA

Leiria, Julio de 2018



DISERTACIÓN

MAESTRIA EN INGENIERIA DE ENERGIA Y AMBIENTE

ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE LA DOMÓTICA EN EL EDIFICIO DE DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.

GABRIEL ENRIQUE PICO MERA

Disertación de Maestría realizada bajo la orientación del Doctor Pedro José Franco Marques, Profesor Adjunto de la Escuela Superior de Tecnología y Gestión del Instituto Politécnico de Leiria, y la Doctora Yolanda Eugenia Llosas Albuerne, Profesora Adjunta a la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química de la Universidad Técnica de Manabí.

Leiria, Julio de 2018

“Nunca consideres el estudio como una obligación, si no como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

(Albert Einstein)

Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por darme la vida y brindarme de su luz cuando en mi camino solo existía oscuridad.

A mi madre Genith Mera por ser quien con su amor, sus consejos, y motivaciones, me ayudaron a crecer más como persona; y a su vez me ayudaron a vencer todos los obstáculos. A mi padre Cresencio Pico que con sus palabras motivadoras me alentaban a seguir el camino planteado hacia mis sueños. A mis hermanos que en cada momento estuvieron a mi lado a pesar de todos los pronósticos de la vida, a mi novia Janina Alcívar por su comprensión y brindarme su apoyo en mis sueños de superación, a mis abuelos, tíos, primos y amigos que de alguna forma siempre me brindaron su apoyo y confianza.

Al Ing. Lenin Cuenca y el Ing. Guillermo Loor, por ser quienes me brindaron la motivación necesaria para seguir mis estudios de Posgrado en el Instituto Politécnico de Leiria, a la Doctora Yolanda Llosas por sus consejos y por brindarme su apoyo en cada momento que lo necesite; al Doctor Pedro Marques que además de guiarme por los caminos del saber me brindo también su mano amiga.

Agradecimientos

Le agradezco a Dios, por llenarme de bendiciones a lo largo de mis estudios de Posgrado y guiarme en cada momento. Al Gobierno de la República del Ecuador que por medio de la Senescyt se me otorgo una beca para continuar con el cumplimiento de mis metas de superación, a la Universidad Técnica de Manabí por ser quien me formo como todo un profesional, al Instituto Politécnico de Leiria por acogerme y dotarme con sus conocimientos tantos científicos como culturales.

A mis profesores de la Maestría de ingeniería de Energía y Ambiente por brindarme de sus conocimientos los cuales fueron adquiridos dentro y fuera del aula de clases.

A mi familia por el apoyo incondicional y desinteresado encaminándome para ser una persona de principios y valores,

Al Ing. Julio Guamán, Indira Barberan y Eduardo Valverde por su gran ayuda, aporte y dedicación a este trabajo investigativo.

A mis compañeros docentes de la Carrera de Electricidad que de alguna forma me brindaron de sus conocimientos al instante que más lo necesite, a tecnoglobal importadora por las capacitaciones y ayuda prestada para cumplir esta meta.

Y en especial para todos los amigos, compañeros Becarios y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Resumen

Dentro de un hogar o una edificación existen una gran variedad de dispositivos electrónicos que consumen diferentes cantidades de energía eléctrica; el consumo de estos equipos se relaciona directamente a la potencia y su tiempo de utilización sin olvidar la eficiencia de los mismos. La gestión energética además de brindar un ahorro energético y económico, también contribuyen a la disminución de las emisiones del CO₂ a la atmosfera; recalando que en si la energía eléctrica no es perjudicial para el ambiente pero si lo es la forma como se la genera, por ende es necesario la implementación de la Generación Distribuida para así evitar pérdidas en el transporte de energía y a su vez incentivar la utilización de fuentes renovable.

Esta investigación se basa en la implementación de un protocolo domótico que tenga la capacidad de gestionar y optimizar el consumo energético producido por el sistema de iluminación y fuerza del edificio docente N° 3 de la Universidad Técnica de Manabí. Por lo tanto, para cumplir este objetivo se optó trabajar con el protocolo domótico Z-Wave el cual es muy fácil de manipular y sus dispositivos son compatibles con un sin número de dispositivos electrónicos. El sistema domótico a utilizar dotará de un grado inteligencia a la edificación, por tal motivo este sistema se podrá concatenar a una red eléctrica inteligente que combine a la generación fotovoltaica existente en este edificio y con el sistema domótico proyectado, esto se lo realizará con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica de la red convencional y las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Abstract

Within a home or a building there are a variety of electronic devices that consume different amounts of electrical energy; the consumption of these equipment is directly related to the power and its time of use without forgetting the efficiency of them. Energy management, in addition to providing energy and economic savings, also contributes to the reduction of CO₂ emissions into the atmosphere; Emphasizing that electric power is not harmful to the environment but the way it is generated, it is therefore necessary to implement the Distributed Generation in order to avoid losses in energy transport and at the same time encourage the use of renewable sources.

This research is based on the implementation of a home automation protocol that has the ability to manage and optimize the energy consumption produced by the lighting system and strength of teaching building No. 3 of the Manabí Technologic University. Therefore, to achieve this goal we chose to work with the Z-Wave home automation protocol which is very easy to manipulate and its devices are compatible with a number of electronic devices. The domotic system to be used will provide the building with an intelligence degree, therefore this system can be linked to an intelligent electrical network that combines the existing photovoltaic generation in this building with the home automation system, and this will be done in order to decrease the consumption of conventional network electric power and CO₂ emissions to the atmosphere.

Listado de siglas

Aml: Inteligencia Ambiental

AI: Agentes Inteligentes

CA: Corriente Alterna

CC-CD: Corriente Continua o Directa

CPU: Unidad Central de Programación

EEPROM: Memoria de Solo Lectura Programable Eléctricamente Borrable

EPROM: Memoria de Solo Lectura Programable Eléctricamente

FP: Factor de Potencia

GD: Generación distribuida

IA: Inteligencia Artificial

IAD: Inteligencia Artificial distribuida

ISM (*Industrial, Scientific and Medical*)

ISTAG: *Information Society Technologies Advisory Group*

LON: *Local Operating Network*

P: Potencia Activa

Pay-Back: Retorno o Desembolso

PIC: Controlador de Interfaz Periférico

PLC: *Programmable Logic Controller*

Q: Potencia Reactiva

RNA: Redes Neuronales Artificiales

RTU: *Remote Terminal Units*

RAM: Memoria de Acceso Aleatorio

ROM: Memoria de Solo Lectura

ROI: Retorno de la Inversión

S: Potencia Aparente

SCADA: *Supervisory Control And Data Acquisition*

Senescyt: Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación

SMA: Sistemas Multi-Agentes

SRAM: Memoria de Acceso Aleatorio Estática

TIR: Tasa Interna de Retorno

UTM: Universidad Técnica de Manabí

VAN: Valor Actual Neto

WSN: Redes de Sensores Inalámbrica

Contenido

Dedicatoria.....	vii
Agradecimientos.....	ix
Resumen	xi
Abstract.....	xiii
Capítulo I.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Prólogo.	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos Especificos.....	4
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Descripción por capítulos del trabajo.	5
Capitulo II.....	7
2. Estado del arte y Marco teórico.....	7
2.1 Estado del arte.	7
2.2 Marco Teórico.	12
2.2.1 Inteligencia Ambiental.	12
2.2.2 Inteligencia Artificial.....	14
2.2.3 Redes neuronales artificiales.	15
2.2.4 Composición básica de una red neuronal.	17
2.2.5 Redes eléctricas artificiales (<i>Smart Grids</i>).....	18
2.2.6 Definiciones generales.	20
2.2.6.1 Domótica.	20
2.2.6.2 Inmótica.....	22
2.2.6.3 Urbótica.....	24
2.2.6.4 Edificios inteligentes.....	24
2.2.6.5 Edificios automatizados.....	24
2.2.6.6 Edificios Domóticos.....	25
2.2.6.7 Características del sistema domótico.	25
2.2.7 Beneficios de un sistema domótico e inmótico.	26
2.2.7.1 Confort.	26
2.2.7.2 Seguridad.	27
2.2.7.3 Economía.....	27
2.2.7.4 Ahorro Energético.....	27
2.2.7.4.1 Control de iluminación.	28

2.2.7.4.2	Control de la climatización.	28
2.2.7.4.3	Empleos de fuentes de energías renovables.	28
2.2.7.4.3.1	Energía solar fotovoltaica.	29
2.2.8	Dispositivos de un sistema domótico e Inmótico.	32
2.2.8.1	Sensores.	32
2.2.8.2	Actuadores.	32
2.2.8.3	Controlador o Procesador.	32
2.2.8.4	Interfaz.	32
2.2.8.5	Bus.	33
2.2.8.6	Red de comunicación.	33
2.2.9	Arquitectura de un sistema domótico.	34
2.2.9.1	Arquitectura centralizada.	34
2.2.9.2	Arquitectura distribuida.	35
2.2.9.3	Arquitectura descentralizada.	35
2.2.9.4	Arquitectura mixta.	36
2.2.10	Topología de los sistemas domóticos e inmótico.	36
2.2.11	Medios de interconexión.	39
2.2.12	Protocolos y estándares para la automatización de edificios.	39
2.2.12.1	LonWorks.	39
2.2.12.2	X-10.	41
2.2.12.3	ZigBee.	43
2.2.12.4	Konnex (KNX).	45
2.2.12.5	Z-Wave.	48
2.2.13	Computación Ubicua.	49
2.2.14	Sistemas Multi-Agentes.	51
2.2.14.1	Agentes Inteligentes.	51
2.2.14.2	Arquitectura de los agentes.	53
2.2.14.3	Sistemas Multi-Agentes (SMA).	55
2.2.15	Microcontroladores.	59
Capítulo III	63
3.1	Caracterización del Caso de estudio.	63
3.2	Caracterización de la edificación.	63
3.3	Análisis del diseño arquitectónico de la edificación.	66
3.4	Análisis eléctrico de la edificación.	69
3.4.1	Análisis de las corrientes y tensiones por fases.	70
3.4.2	Análisis de las potencias de la edificación.	72
3.4.3	Análisis del Factor de Potencia (FP).	74
3.4.4	Análisis de la Energía Consumida de la Red y Producción Micro-central fotovoltaica.	75
Capítulo IV	77

4.1	Diseño del sistema domótico.....	77
4.2	Sistema Domótico a utilizar.....	77
4.3	Ubicación de los elementos domóticos.....	80
4.3.1	Descripción de los dispositivos domóticos Z-Wave a utilizar.....	84
4.3.2	Descripción de la utilización del sistema domótico a utilizar.....	91
Capítulo V.....		103
5.1	Análisis de la factibilidad Económica y Medio Ambiental.	103
5.2	Análisis de Factibilidad Económica.	103
5.3	Análisis de la facturación de la energía eléctrica tomada desde la red.....	103
5.4	Análisis de factibilidad.	107
5.5	Análisis de la Aportación Medio Ambiental.	108
Capítulo VI		111
6.1	Propuesta, conclusiones y recomendaciones.	111
6.2	Propuesta de la investigación.	111
6.3	CONCLUSIONES.	111
6.4	Recomendaciones y trabajos a futuros.	113
7	Bibliografía	115
Anexos		121
	Anexo 1: Análisis del estado del arte.....	121
	Anexo 2: Planos arquitectónicos de la edificación.	127
	Anexo 3: Planos de la ubicación de los elementos domóticos.....	129
	Anexo 4: Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución.	130

Listas de figuras

Figura 1 - Área integrada e inteligentes.	14
Figura 2 - Técnicas de la IA.	15
Figura 3 - Red neuronal conectada.	17
Figura 4 - Infraestructura de las redes convencionales y las inteligentes.	18
Figura 5 - Generación Distribuida.	19
Figura 6 - Diagrama técnico de la nueva red inteligente.	19
Figura 7 - Sistemas Domóticos y de telecontrol.	22
Figura 8 - Edificio inteligente.	23
Figura 9 - Esquema de un sistema fotovoltaico aislado.	30
Figura 10 - Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica.	31
Figura 11 - Esquema de un sistema básico de la domótica.	34
Figura 12 - Arquitectura Centralizada.	35
Figura 13 - Arquitectura distribuida.	35
Figura 14 - Arquitectura descentralizada.	36
Figura 15 - Arquitectura mixta.	36
Figura 16 - Topología en estrella.	37
Figura 17 - Topología anillo.	38
Figura 18 - Logo LonWorks.	41
Figura 19 - Sistema X-10 a una frecuencia de 50Hz.	41
Figura 20 - Sistema X-10 a una frecuencia de 60Hz.	42
Figura 21 - Logo estándar X-10.	43
Figura 22 - Logo del estándar ZigBee.	44
Figura 23 - logotipo del estándar KNX.	46
Figura 24 - Modos de configuración del estándar KNX.	47
Figura 25 - Elementos compatibles con Z-Wave.	48
Figura 26 - Configuraciones en aplicaciones que se desarrollan con Z-Wave.	49
Figura 27 - Modelo de dispositivo de Computación Ubicua.	51
Figura 28 - Representación de un Sistema Agente.	53
Figura 29 - Ejemplos de estructuras de subordinación.	57
Figura 30 - Representación de un Agente Único.	57
Figura 31 - Representación de un Agente Múltiple.	58
Figura 32 - Esquema de un microcontrolador.	62
Figura 33 - Ubicación Geográfica del edificio.	63
Figura 34 - Representación en 2D de la Oficina docente # 20.	64
Figura 35 - Representación en 3D de la Oficina docente # 20.	65
Figura 36 - Transformador de 75kVA tipo padmounted.	69
Figura 37 - Micro central fotovoltaica del edificio docente N° 3.	69
Figura 38 - Análisis del comportamiento de las corrientes de la edificación.	71
Figura 39 - Análisis del comportamiento de las tensiones de la edificación.	72
Figura 40 - Comportamiento de las potencias en la edificación.	73
Figura 41 - Comportamiento del FP en función a la Potencia Activa.	75
Figura 42 - Consumo energético del edificio docente.	76
Figura 43 - Topología tipo malla del sistema Z-Wave.	79
Figura 44 - VERA EDGE Unidad de Control Z-Wave.	85
Figura 45 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de presencia).	85
Figura 46 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de temperatura).	86

Figura 47 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de luz)	86
Figura 48 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de vibración).....	87
Figura 49 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de humedad).....	87
Figura 50 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de rayos UV).....	88
Figura 51 - Sensor de puerta ventana z-wave.....	88
Figura 52 - Sensor de humo Z-Wave.....	89
Figura 53 - Tomacorriente inteligente.....	89
Figura 54 - Interruptor inteligente.....	90
Figura 55 - CAMERA - VISTACAM1000.....	91
Figura 56 - Sistema Vera (Smarter Home Control).....	92
Figura 57 - Página de inicio del sistema Vera.....	92
Figura 58 - Página principal de trabajo del sistema Vera.....	93
Figura 59 - Selección de los eventos a realizar.....	93
Figura 60 - Registró de los equipos a instalar (Paso 1).....	94
Figura 61 - Registró de los equipos a instalar (Paso 2).....	95
Figura 62 - Dispositivos agregados en el sistema.....	95
Figura 63 - Introducción a la creación de una escena domótica.....	96
Figura 64 - Creación de las escenas (paso 1).....	96
Figura 65 - Opciones de programación la el dispositivo seleccionado (paso 1).....	97
Figura 66 - Opciones de programación la el dispositivo seleccionado (paso 2).....	97
Figura 67 - Programación correspondiente a la acción a ejecutar.....	98
Figura 68 - Selección del o los dispositivos a utilizar.....	98
Figura 69 - Selección de la orden a ejecutar por el dispositivo domótico.....	99
Figura 70 - Modos de ejecución de las escenas.....	99
Figura 71 - Pagina inicial de la aplicación VeraMobie.....	100
Figura 72 - Elección del usuario al que se enviara las notificaciones.....	100
Figura 73 - Ubicación del nombre de la habitación y escenas.....	101
Figura 74 - Ahorro teórico mediante la Aplicación del Protocolo Z-Wave.....	106
Figura 75 - Comportamiento del flujo económico de la instalación del proyecto domótico.....	108

Listas de tablas.

Tabla 1 - Característica de los PICs.....	62
Tabla 2 - Valores interpretativos de las corrientes.	71
Tabla 3 - Valores interpretativos de las corrientes	72
Tabla 4 - Consumo energético presente en el edificio docente.....	76
Tabla 5 - Gasto de la inversión del Proyecto Domótico.	83
Tabla 6 - Facturación de la Energía Eléctrica tomada de la Red mensuales.	105
Tabla 7 - Facturación de la Energía Eléctrica mensual tomada de la Red aplicando el protocolo domótico Z-Wave.	106
Tabla 8 - Datos Preliminares para el análisis de factibilidad.	107
Tabla 9 - Resultados del Análisis de Factibilidad.	107
Tabla 10 - Aporte de emisión por parte de la mini-central fotovoltaica.....	109
Tabla 11 - Aporte de emisión por parte de la implementación del sistema domótico..	110

CAPÍTULO I

1. Introducción.

1.1 Prólogo.

Para la formulación de este proyecto es necesario considerar ciertas situaciones de ámbito global, entre los que se destacan: Requerimientos energéticos cada vez mayores, cambio climático debido a gases de efecto invernadero, y una inminente escases y agotamiento del petróleo, que están llevando a muchos países del mundo a buscar soluciones en otras fuentes de energía, en muchos casos, disponiendo que los resultados de muchas investigaciones y desarrollos sean políticas de estado a fin de promoverlas de la mejor manera. Las fuentes de energía renovables no contaminantes, son una alternativa para la generación de electricidad por medios que no alteren el medio ambiente y, en la que han centrado mucho la atención investigadores del mundo entero, a fin de desarrollar materiales más eficientes para la generación y el diseño de equipos o sistemas que permitan gestionar eficientemente su uso.

Es por ello que se pretende enfocar el un estudio en el que convergen tres situaciones que se listan a continuación: La generación de energía fotovoltaica y otras fuentes de energía renovable para ser utilizada en viviendas. La gestión de ésta energía al interior de la vivienda a través de un sistema basado en inteligencia distribuida (sistemas multi-agente) y el análisis de las conexiones a la red eléctrica publica para abastecer la vivienda, o proveer a la red pública en caso de que existan excedentes de energía, a través de redes inteligentes (*Smart Grids*, en inglés). Se procura justificar el presente proyecto a través de tres miradas que son: el uso de la energía solar en las viviendas, la domótica como herramienta para la gestión energética, y las redes inteligentes como integradoras de la generación de energía distribuida.

Bajo este breve análisis, se puede justificar los requerimientos del estudio de las energías renovables, para ser aplicada en viviendas y edificios

dentro de las urbes, en el caso específico de la ciudad de Portoviejo y demás ciudades del Ecuador, y que no se ha encontrado literatura que aborde estudios de esta naturaleza, que como continua el avance de normativas en otros países, en el mediano plazo podrían incorporarse en las principales ciudades del Ecuador.

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

La domótica debe ser visto y analizado dentro de la vivienda como un sistema integrado y no como un grupo de sistemas o dispositivos aislados. Muchos de los sistemas denominados “domóticos” instalados en edificios y viviendas en la ciudad, constituyen sistemas aislados, es decir que puede haber sistemas contra incendios, sistemas de seguridades, control de acceso, control de luces, etc., los cuales no están interconectados a través de una red, no hay un sistema de control (sea centralizado o distribuido) que permita gestionar las diferentes funciones de la domótica en virtud de los sensores y actuadores existentes en el inmueble. Peor aún, no existe un sistema inteligente que supervise, controle y gestione el sistema a fin de proveer confort, seguridad y ahorro energético en la vivienda de forma eficiente.

1.2 Planteamiento del problema.

Necesidad de integración en una red inteligente del control y supervisión de los elementos domóticos para realizar la gerencia eficiente de la vivienda y edificaciones.

1.3 Justificación.

Desde la era de la prehistoria, cuando los hombres vivían en cuevas, se ha buscado una constante mejora del medio en el que establecerse, y más concretamente en su hogar. El descubrimiento del fuego en aquellos tiempos remotos supuso un adelanto en cuanto a la seguridad y el confort,

ya que las llamas ofrecían, por un lado, protección frente los enemigos y por otro luz y calor. En el período neolítico las cabañas fueron sustituyendo a las cuevas, y poco a poco la vivienda se fue transformando con la aplicación de las nuevas técnicas y materiales que fueron apareciendo en las diferentes épocas, con diferencias significativas según la zona geográfica. Más tarde en la Mesopotamia se inicia la construcción de lo que podríamos denominar “primeras casas” con piezas de barro, que más adelante también usarían los egipcios con edificaciones que iban desde construcciones muy pobres hasta verdaderas mansiones, con jardines, patios interiores, fuentes, dependencias, etc. A partir de la Segunda Revolución Industrial la evolución de las viviendas, que hasta entonces se había ido desarrollando de forma discreta, se dispara con la aparición de la electricidad, el agua corriente, el gas, el correo, el teléfono y los equipos electrodomésticos. Todos estos adelantos de la ciencia y la tecnología se fueron asimilando paulatinamente, de forma tal que el terreno doméstico comienza a prepararse para los inicios e introducción de la automatización, que será la base de la edificación inteligente.

La automatización, símbolo del progreso durante las ocho primeras décadas del siglo XX, iba extendiéndose a todo aquello susceptible de ser automatizado en un edificio u hogar. En los años setenta, un edificio moderno debía estar automatizado, como mínimo, con escaleras, puertas, ascensores, climatización, sistema de detección de incendios y de intrusos. El hecho que permitiría encaminar la tecnología hacia los edificios inteligentes fue, sin lugar a dudas, la aparición del microprocesador y de los ordenadores personales, no obstante, aún se estaba lejos de llegar al concepto de edificio inteligente. La necesidad del ahorro, la seguridad y el confort, constituyeron fuertes motivaciones para alcanzarlo. En este sentido dirigieron su atención diseñadores, ingenieros e informáticos, quienes acercaron sus relaciones como nunca y comenzaron a diseñar sistemas de climatización controlados por autómatas mediante la electrónica y los microprocesadores y finalmente por medio de las computadoras personales. Ya en la década de los noventa, el desarrollo paralelo de tres grandes ramas de la tecnología: las telecomunicaciones, la electrónica y la

informática, hacen que los edificios convencionales añadan múltiples mejoras y a su vez los hogares inteligentes empiecen a ser una realidad.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar, diseñar y proyectar la contribución de la inteligencia artificial distribuida en aplicaciones domóticas en los procesos de generación-consumo distribuidos de energía renovable fotovoltaica, mediante el empleo de técnicas de diseño y proyección modular jerárquica, prototipos de redes de comunicación, sensores y actuadores, a través de un sistema basado en microcontroladores, para gestionar de forma eficiente el uso de la energía.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Analizar la teoría de agentes inteligentes en la Inteligencia Ambiental a fin de proponer una arquitectura multi-agente distribuida, aplicable a la construcción de entornos domóticos y la gestión para la generación y distribución de energía fotovoltaica dentro de la vivienda o instalación.
2. Evaluar la robustez y eficacia de diferentes tecnologías alámbricas e inalámbricas en redes de comunicación, capaces de convivir con agentes inteligentes e integrarse en el entorno de manera ubicua para los usuarios.
3. Seleccionar sensores/actuadores aplicables a la gestión energética y medición de variables involucradas en la generación fotovoltaica en un entorno domótico.
4. Analizar la viabilidad de las redes eléctricas inteligentes (*Smart Grids*) que permitan obtener una visión global de los aspectos técnicos y tecnológicos con la finalidad de la introducción, desarrollo e integración en un entorno domótico.
5. Realizar el diseño formal modular jerárquico basado en técnicas de modelado para realizar la simulación del proyecto propuesto donde

se integre una *Smart Grids* de generación-consumo distribuido de energías renovables.

6. Verificar y validar formalmente el diseño creado en el punto anterior para reducir errores desde la etapa de diseño y garantizar su aplicabilidad.
7. Generación de una propuesta de proyecto de sistema domótica multiobjetivo integrable a *Smart Grids* de productores-consumidores distribuidos basados en energías renovables aplicable al futuro energético ecuatoriano.

1.5 Hipótesis.

Si se realiza el diseño de un sistema domótico integral que emplea fuente de energía renovable como la fotovoltaica en el edificio de docentes de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), empleando un diseño modular jerárquico con todos los elementos de la sensorica y la actuación establecidos en esos estándares, se logrará gestionar de forma eficiente el uso de la energía.

1.6 Descripción por capítulos del trabajo.

Este trabajo investigativo está formado por seis capítulos, en el cual el primer capítulo trata del alcance que se desea lograr con esta investigación; el segundo capítulo abarca toda la parte teórica fundamental del proyecto a estudiar en donde se encuentra la revisión bibliográfica (estado del arte) y el marco teórico, mientras que el capítulo tres está más enfocado al estudio de la caracterización del campo de estudio, ya sea en su parte física (localización, distribución y dimensiones de la edificación) y energética (comportamiento energético de la edificación y aportaciones energética suministrada por la red y por la microcentral fotovoltaica); en el capítulo cuatro se realiza la descripción del protocolo domótico y los dispositivos domóticos a utilizar en la edificación, una vez ya identificado los dispositivos que se utilizarán para la implementación de este protocolo, se realizará el análisis del estudio de factibilidad económica y medio ambiental el mismo que se encuentra ubicado en el quinto capítulo, y por último en el capítulo seis se hacen las conclusiones y recomendaciones del trabajo de titulación y además se orienta a una proyección de trabajos futuros a partir de

las potencialidades visualizadas en este proyecto y que podrían encaminar nuevas vías de investigación.

Capítulo II

2. Estado del arte y Marco teórico.

2.1 Estado del arte.

En los momentos actuales es muy común escuchar la terminología de inteligencia Ambiental (*Aml*) el cual se acopla a las exigencias del medio, con el fin de brindar seguridad, confort y eficiencia energética; a raíz de este acontecimiento surgen muchas investigaciones enfocadas a cumplir el objetivo de la *Aml*; para el cumplimiento de estos objetivos es necesario incorporar el vocablo de edificios inteligentes, los cuales dan el nacimiento de la domótica e inmótica en donde ellos hacen referencia a la implementación de nuevas tecnologías; los países Europeos fueron los primeros que se encaminaron por la implementación de estas edificaciones inteligentes ya que dichas edificaciones juegan un papel importante en el uso racional de energía, y por ende se utilizan los Sistemas Multi-Agentes (*SMA*) y las Redes Neuronales Artificiales (*RNA*) como unas de las Metodologías de mayor utilidad aplicadas en la inteligencia artificial.

Según (Joaquín, Tamargo, & García, 2017) Esta línea de investigación se enfoca en el área de confianza y reputación de agentes en sistemas multi-agente. En donde tiene como objetivo general realizar el *“análisis, desarrollo y formulación de la dinámica, confianza y reputación de los agentes, a partir de la interacción con sus pares en el marco de un SMA”*. Involucrando técnicas que represente la actualización del grado de confianza y reputación de un agente inteligente, como también la integración de estas técnicas como mecanismo de razonamiento de forma automático. En particular, se anhela que este estudio avance considerablemente y desarrollar aplicaciones de naturaleza dinámica y distribuida, que tengan la capacidad de combinar estos mecanismos de confianza y la dinámica de creencias y argumentación.

(Loor, Cuenca, Castro, & Vilaragout, 2017), proponen una hoja de ruta para la introducción de las redes inteligentes en el Ecuador, teniendo en consideración que el país avanza de una forma exponencial, y este avance esta también

relacionado en su crecimiento tanto poblacional e industrial, por ende la eficiencia energética es el paradigma que el país debe de enfrentar; las redes inteligentes y la generación distribuida son la realidad de una red de mayor eficiencia. Los resultados obtenidos en los estudios del potencial solar y de la obtención de energía eólica permitirán el uso de estos recursos renovables que mejoraran la calidad del servicio eléctrico al que está expuesto la universidad técnica de Manabí.

(Salazar Ospina, 2015) propone un *“SMA incorporando las bondades de la computación ubicua y los servicios de conciencia, con el fin de desarrollar un modelo de recomendación personalizada de recursos educativos para dispositivos móviles”*. La realización de este modelo tiene también como objetivo de *“proveer de una información útil y personalizadas a los estudiantes sobre la planificación de cursos virtuales, búsqueda y recuperación de objetos de aprendizaje, recomendación de asistentes especializados entre otros, el desarrollo de este SMA ubicuo denominado SMART CVA”*, el cual se encuentra basados en AI utilizando un mecanismo que logra facilitar la búsqueda de información por medio de un módulo que se adapta al resultado que el estudiante muestra interés. Para validar el SMA se procedió a un sin número de pruebas que contenían diferentes casos de estudios, que validan de forma eficiente la utilización de este tipo de tecnologías en los entornos de aprendizaje virtual. Para posibles trabajo futuros se pretende *“realizar una mejora en varios servicios de awareness que fueron considerados ambiguos como los recursos de accedidos y la vista histórica de las diferentes actividades de los estudiantes”*, planteando mejorar algunas interfaces móviles con el objetivo de que sean usables e intuitivas.

(Baldeón & Congacha, 2014) conceptualiza que *“la domótica es un sistema inteligente que permite la integración de la tecnología en actividades dentro del hogar o edificios, con la finalidad de prestar diferentes servicios dentro de los mismo, como pueden ser seguridad, confort, comunicación, gestión energética”*. En esta investigación se realiza un análisis comparativo entre los diferentes estándares para el sistema de control y a su vez a las normativas de construcción inmersas en los sistemas domóticos, en el cual concluye que unos de los mejores estándares a utilizar es el X-10 por su facilidad de adaptabilidad en el sistema y en una edificación ya construida, su adquisición es muy económica a

comparación del estándar KNX ya que éste necesita de la construcción adicional de ductos conductores, pero si se los compara a razón de utilidad y mayor aplicaciones de utilización la KNX sería la mejor opción de adquisición.

(Thu, Win, & Tun, 2014), hace mención en la importancia del sistema *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) refiriéndose como uno de los sistemas de controles industriales más utilizados por la comunidad industrial. En este artículo investigativo se realiza una descripción del control de interruptor automático para un sistema de distribución eléctrica basado en el sistema SCADA de una subestación primaria mediante el uso de *Programmable Logic Controller* (PLC). Esta investigación tiene como objetivo transformar el sistema de control manual en uno de conmutación automático en Myanmar. Hay cuatro porciones principales en el sistema de distribución eléctrica basado en SCADA. Son un sistema de control automatizado, unidades de interfaz, sistema de monitoreo y sistema de red. El sistema de control automatizado se enfatiza en esta investigación. Este sistema se puede lograr usando el diagrama de escalera del PLC. Este sistema de distribución automatizada se analiza para desarrollar una herramienta de gestión segura, confiable y conveniente que puede usar unidades terminales remotas (RTU - *Remote Terminal Units*). El sistema automatizado de aproximación basada en simulaciones se demuestra en esta investigación. De acuerdo con los resultados de la simulación, el sistema de control automatizado propuesto que utiliza PLC cumple con el entorno de control deseado con la etapa de alto rendimiento. Este sistema es eficiente y confiable para el sistema de distribución eléctrica convencional en Myanmar mediante el uso de tecnología basada en SCADA.

(Reus, 2013) hace referencia a la importancia que tiene la implementación de un sistema inmótico para lograr un ahorro energético, y para cumplir dicha meta realiza el análisis a temas de gran importancia como por ejemplo la eficiencia energética, las energías renovables y la preservación del medio ambiente. Su investigación de pregrado en si se basa en el control de presencia, con el objetivo de brindar un adecuado funcionamiento del sistema de iluminación y climatización; para logra el acoplamiento de control de dichos sistemas, trabajo en la implementación del *PLC S7-200* con su respectivo lenguaje de comunicación, y a su vez el sistema de supervisión Eros; además argumenta

que se utilizó la implementación de paneles fotovoltaicos con el fin de amortiguar el consumo energético.

(Carmen & Moreno, 2013) hace un enfoque en el análisis de la interacción al aplicar técnicas de inteligencia artificial a un sistema domótico, en la cual concluye que *“las casa inteligentes ya son una realidad disponibles en el mercado”* permitiendo mejorar la calidad de vida de los usuarios, además incrementa el nivel de seguridad de las viviendas sin reducir el confort, mejora las posibilidades de accesibilidad en las personas que presenta alguna discapacidad, y hace énfasis en las tecnologías del hogar que se relacionan a los servicios web, de tal forma que se eliminen las barreras de conectividad y accesibilidad.

(Chung, 2013) realiza un enfoque en el uso de sistemas multi-agentes para el control de micro redes inteligentes. En el futuro, las entidades individuales de micro redes como generadores distribuidos y cargas inteligentes, serán requeridas para determinar la generación de energía o el consumo de maneras más económicas. Los agentes inteligentes pueden ayudar al procedimiento de toma de decisiones de las entidades mediante algoritmos inteligentes y estado de comunicaciones de última generación con el controlador central y otros agentes locales. En este trabajo se presenta el desarrollo del sistema de control de microrred superior utilizando sistemas multi-agente y también la demostración de los programas de respuesta a la demanda durante la escasez de energía. En este sistema de sobremesa, los agentes son implementadas utilizando microcontroladores y tecnología de comunicación inalámbrica *Zigbee*, que se aplica para la comunicación de datos eficiente en el sistema multi-agente. Los modelos de sistemas de energía de generadores y cargas distribuidas se implementan en el simulador en tiempo real utilizando el sistema de *Opal-RT*. El sistema de prueba que incluye toda la simulación del sistema en tiempo real y el agente hardware se implementa en el marco de simulación de bucle. El rendimiento del sistema desarrollado es la prueba de respuesta a la demanda de los casos de emergencia.

(Gaeta, 2012) en su tesis doctoral *“Modelado de sistemas de inteligencia Ambiental para entrenamiento de cualidades físicas”*, realiza un análisis de factibilidad sobre la utilización de aplicaciones *Android* utilizando la camiseta inteligente *“GOW RUNNING”* de la empresa *Weartech*, en donde en esta tesis

se definió *“un modelo funcional para sistemas de inteligencia ambiental capaz de monitorizar, evaluar y entrenar las cualidades físicas que ha sido validado cuando la cualidad física es la resistencia aeróbica”*, además se *“ha evaluado un sistema de guiado con voz para los entrenamientos de base mínima y de base óptima”*, esta aplicación es muy atractiva para los usuarios y por ende es de gran aceptación, en donde se concluye que si es posible el desarrollo de un sistema de Inteligencia Ambiental en dispositivos móviles para el mejoramiento de la salud. Esta investigación demuestra la aportación de la Aml en otras ramas de investigación, como la automatización de una edificación, la cual cumplirá cualquier orden que sea emitido por algún dispositivo móvil.

(S. Restrepo, 2012) y (S. E. Restrepo, Pezoa, & Ovalle, 2014) propone en su trabajo de maestría *“un meta-modelo de Inteligencia ambiental (Aml) que incluya los modelos más relevantes que deben ser tenidos en cuenta para el diseño e implementación de tales sistemas, definidos como modelo de contexto, modelo de adaptación, modelo del usuario y modelo del dominio”*, para cumplir con lo requerido, se definen varios modelos que contienen la información necesaria para el cumplimiento de su objetivo los cuales son: el modelo de contexto, de usuario, de adaptación, y de dominio. Uno de los aportes de dicha tesis es *“una arquitectura general para el desarrollo de Sistemas de Inteligencia Ambiental que empleen Redes de Sensores Inalámbricas y Agentes Inteligentes para su implementación”*. Cabe recalcar que no existe un modelo generalizado que sea capaz de realizar el diseño y desarrollo de aplicaciones reales de Aml.

(Rosales, 2012) propone *“una forma más eficiente de realizar un programa en lenguaje de PLC el cual permitirá la realización de un supervisorio eficiente y la obtención de un modelo en redes de Petri optimizado”*, en donde se utilizó el software *GMWIN 4* para la programación de los *PLC LG*, el *GRACIL* para la implementación del supervisorio y el *visual Object Net* para la modelación en redes de *Petri*, concluyendo en que las redes de *Petri* es una gran herramienta para obtener un modelo del sistema que se propone, en donde se logró el funcionamiento eficiente del sistema de supervisión y se obtuvo un modelo optimizado en las Redes de *Petri* realizando una operación inversa de traducir el programa para *PLC* a este lenguaje; y además de lograr con ello ahorros de energía y agua en una instalación domótica podrán los estudiantes realizar

prácticas en él y así conocer las aplicaciones sobre la automatización de un sistema domótico y de supervisión.

(Galán & Martínez, 2010), se manifiestan en la importancia de la utilización de las redes inteligentes artificiales y a las redes neuronales artificiales con sus respectivas aplicaciones. En donde conceptualiza que la inteligencia artificial es la que se enfoca en el conocimiento y el manejo de un modelo determinado el cual permita la ejecución de un sistema convirtiéndolo en inteligente y así conseguir una mayor eficiencia energética; para ello es recomendable la utilización de los modelos de Programación Heurística, Redes Neuronales Artificiales y evaluación Artificial.

2.2 Marco Teórico.

Este punto hace referencia a los conceptos teóricos y básicos de esta investigación, los cuales estarán enfocados en: Inteligencia Ambiental, domótica e inmótica, y en los sistemas multi-agentes, estos conceptos son fundamentales para el mejor entendimiento y desarrollo del trabajo propuesto.

2.2.1 Inteligencia Ambiental.

En la actualidad el mundo tecnológico avanza a pasos agigantados (ver la **Figura 1**), con el fin de brindar un mejor estilo de vida a todas las personas que tienen accesibilidad a ellas; si se hace un análisis a la vida cotidiana de las personas se podrá comprobar que los dispositivos electrónicos están inmersos en su día a día de una forma vital; a raíz de estos avances tecnológicos se pretende que la Aml llegue a convertir a nuestros hogares y oficinas en entornos inteligentes. Esta inteligencia se encuentra integrada en nuestro entorno de una forma invisible, y será visualizada en el instante que se necesite de su utilidad, los servicios que ella nos ofrece es la integración y conducción sin inconveniente alguno de los sistemas de iluminación, sonidos, imagen y también los sistemas de fuerza (electrodomésticos).

La Aml, se la ha considerado como la tecnología de las tecnologías, y esta teoría radica desde el final del siglo XX, y es publicada por el comité de expertos del *European Community's Information Society Technology Programme*. (Ducatel, Bogdanowicz, Scapolo, Leijten, & Burgelman, 2001)(Haya, P, Montoro, G, Alamán, 2005), con el fin de realizar una descripción de la visión de un entorno

físico, en la que esta tecnología rodea de una forma invisible a las personas. (Gaeta, 2012).

La propuesta de la *Information Society Technologies Advisory Group* (ISTAG) se basa en la conceptualización planteada por la computación ubicua, la cual influye en las áreas de la Aml, la Domótica, los Agentes Inteligentes, etc. Además, la Aml tiene influencia en el diseño de protocolos, comunicaciones, integración de sistemas, dispositivos, logrando que la tecnología pueda adaptarse a las necesidades que requiere el usuario y no que el usuario se adapte a la tecnología. (Tapia Martínez, 2009). (Ramos, Jorge, & Blanco, 2009).

Por la importancia que Aml ha adquirido en los últimos años, los investigadores han optado por desarrollar soluciones innovadoras, para ello se han desarrollado sistemas que se encuentran basados en la Aml, y con esto a la creación de aplicaciones cada vez más flexibles y complejas. La información que se obtiene de estos sistemas deben ser manejados por tecnologías inteligentes y que sean capaces de auto adaptarse al medio, para poder proporcionar una correcta interacción entre los usuarios y el entorno, en donde los agentes y multi-agentes hacen mención a una de estas tecnologías. (Tapia, Abraham, Corchado, & Alonso, 2010).

La Aml debe de ofrecer un sin número de factores que mejoren el vivir del usuario, uno de estos factores es poder ayudar en la construcción del conocimiento y de habilidades que faciliten el desarrollo de un trabajo, que sea de fácil acceso al usuario y que pueda ser manipulado sin ayuda de técnicos especialistas, e inspirar la confianza del usuario. Las disciplinas tecnológicas deben ser integradas entre sí de tal modo que existan ventajas de unas a las otras, logrando que se pueda proveer al usuario de una experiencia adecuada en lo que se desee realizar, además poder cumplir con sus objetivos y necesidades (Gaeta, 2012).

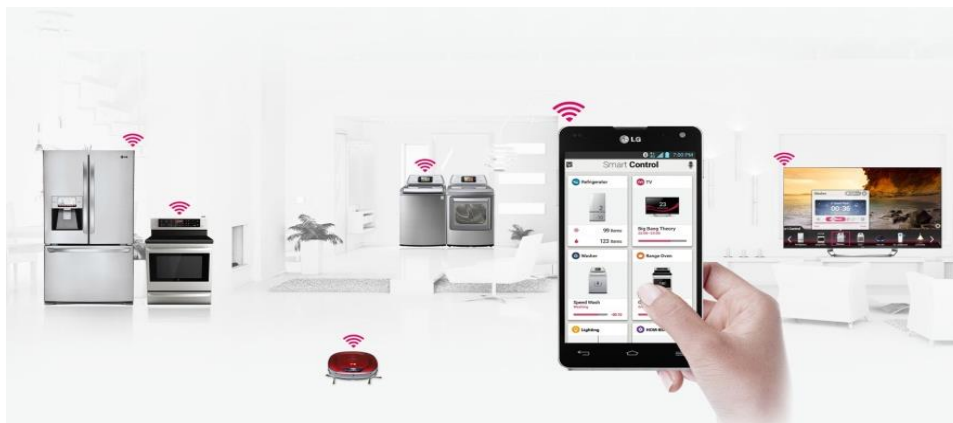


Figura 1 - Área integrada e inteligentes¹.

En la figura anterior se puede visualizar un entorno inteligente el cual es comandado desde la comodidad de un teléfono celular; dicha automatización podrá proveer al usuario el confort, productividad, seguridad y ayudará a la eficiencia y al ahorro energético. Recalcando que el Aml está inmersa en un área multidisciplinaria que emerge de la informática ubicua y que es integra esencialmente por los diseños protocolarios, comunicaciones, entre otros que son enunciado por (Salih & Abraham, 2013).

2.2.2 Inteligencia Artificial.

Al referirse a esta terminología es necesario comprender que el objeto más complejo que existe dentro de la humanidad y el universo es el cerebro humano, ya que en el existe una red muy compleja. Unos de los grandes objetivos que se plantea la IA es la creación de un ordenador que tenga la capacidad de pensar, sentir, y actuar como los humanos, cabe recalcar que la IA se encuentra inmersa en nuestro diario vivir, ya sea en nuestros hogares, en un avión entre otros formas de inteligencia.

La terminología de IA data desde siglos atrás, en donde muchos científicos e investigadores la definían de distintas formas, por ejemplo (Palma Mendez & Marín Morales, 2008) la define como *“una disciplina fundamental en la ciencia y la tecnologías, la misma que con el pasar de los años ha creado una serie*

¹ Fuente: derechos reservados por Ademilar.

conocimientos básicos que permitirá parcialmente igualar las diversas capacidades del ser humano para exhibir comportamientos inteligentes.”

La IA utiliza varias herramientas con el fin de solucionar algún problema que se presente; dichas herramientas pueden presentar técnicas diferentes así como se lo puede denotar en la **Figura 2**:



Figura 2 - Técnicas de la IA².

La IA es un mundo muy extenso ya que hay mucho que investigar para lograr su mayor objetivo; esta investigación será encaminada en la utilización de algunas de las técnicas de la IA expuesta en la figura anterior

2.2.3 Redes neuronales artificiales.

Dado el análisis del párrafo anterior, podemos recalcar que existen diferentes técnicas para lograr la creación de una inteligencia artificial en donde una de ellas son las *RNA* ya que es una de las más utilizadas en el mundo, estas redes toman el principio de funcionamiento de las nuestras neuronas, recalcando que nuestro cerebro contiene millones de neuronas que se comunican entre ellas a

² Fuente: Sacado de (Palma Mendez & Marín Morales, 2008).

través de impulsos eléctricos. Igual que la IA las RNA no tiene una conceptualización definida en donde varios autores la definen de la siguiente manera:

- ❖ (Galán & Martínez, 2010) realiza una investigación que lleva como nombre *“Inteligencia artificial. Redes neuronales y aplicaciones”*, en donde conceptualizan que la RNA son *“redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples y con organización jerárquica”*, estas redes tienen la capacidad de interactuar con cualquier objeto, tal como lo realiza nuestro sistema nervioso biológico.
- ❖ (Villada, Cadavid, & Molina, 2008) en su trabajo *“Pronostico del precio de energía eléctrica usando redes neuronales artificiales”*, enuncia que las RNA forma parte de *“un sistema que permite establecer una relación lineal o no lineal entre las salidas y las entradas”*.
- ❖ (Montelier et al., 2010), en su investigación *“Estimación de cargas térmicas de climatización de hoteles mediante simulación y redes neuronales artificiales”* enuncia que *“una red neuronal es un modelo computacional que prende simular el funcionamiento del cerebro a partir del desarrollo de una arquitectura a partir del desarrollo de una arquitectura que toma rasgos del funcionamiento de este órgano sin llegar a desarrollar una réplica del mismo”*.

(Matich, 2001) enuncia que las RNA presenta un sin número de características que le permite compararse con un cerebro humano, ya que es capaz de adquirir conocimientos a base de las experiencias que la misma tenga, y gracias a esto las RNA presentan muchas ventajas que se pueden aplicar en diferentes áreas como:

- ❖ Aprendizaje adaptativo.
- ❖ Auto-organización.
- ❖ Tolerancia a fallos.
- ❖ Operación a tiempo real.
- ❖ Fácil inserción dentro de tecnología existente.

2.2.4 Composición básica de una red neuronal.

La aplicación de las *RNA* se basa en la resolución de problemas de cualquier índole, siendo estos pertenecientes al área económica y contable, en la predicción de series temporales, solución de modelos o problemas complejos y también la capacidad de exploración elementos no lineales que pueden existir en cualquier dato analizado.

Una *RNA* está compuesta de tres capas denominadas de entrada oculta y de salida, así como se lo puede observar en la **Figura 3**:

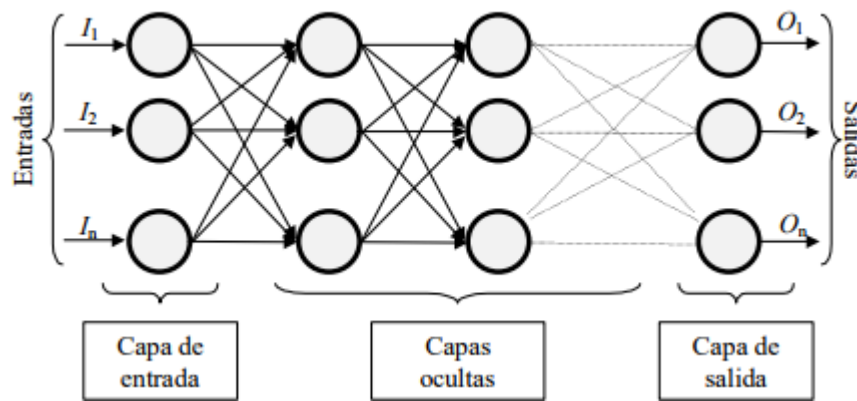


Figura 3 - Red neuronal conectada³.

En la figura se puede denotar que las neuronas están interconectadas entre sus tres capas, cabe recalcar que la capa oculta puede estar formada por una o más capas.

La capa de entrada es la responsable de receptor toda la información que es transmitida por un ente externo, mientras que la capa oculta es aquella que no llega tener contacto con el exterior, además estas tienden a interconectarse de distintas formas y por ende se puede decir que las capas ocultas pueden estar presente desde cero a un número infinito, dependiendo del diseño de la red deseada, y las capas de salida es la que nos facilita la extracción de la información de la red hacia el exterior.

³ Fuente: Información tomada del (Matich, 2001).

2.2.5 Redes eléctricas artificiales (*Smart Grids*).

Las redes eléctricas en forma general, es el conjunto de líneas que tienen como objetivo principal la distribución de energía desde las grandes generadoras hasta el consumidor (referirse a la **Figura 4**); por ende estas redes en un futuro no muy lejano tendrá que dar un salto cualitativo debido a la gran necesidad de administrar de una mejor forma los recursos energético, favoreciendo a la conservación y protección del medioambiente y a su vez responder a todos los requerimientos relacionados a la calidad del servicio y producto. (Cuenca, 2016). Dentro de un país la energía eléctrica es fundamental para lograr el desarrollo y crecimiento del mismo, considerando que dicha energía debe ser suministrada de forma oportuna y adecuada; en la actualidad el sistema eléctrico es de forma convencional en donde su punto de partida son las centrales eléctricas.

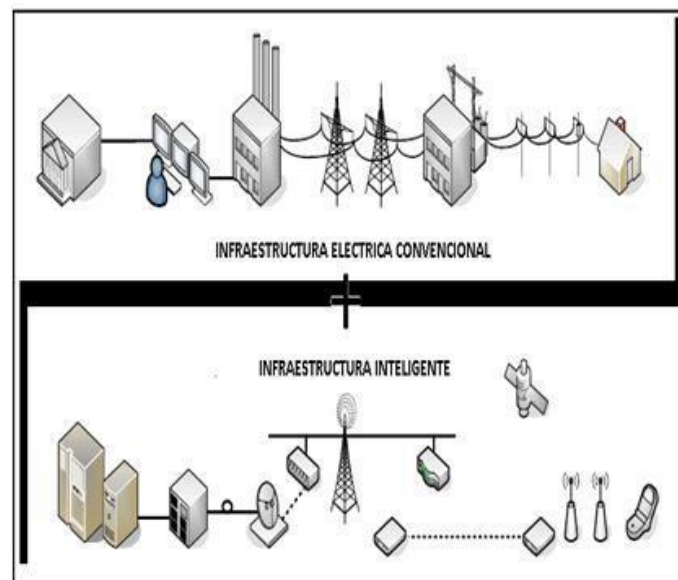


Figura 4 - Infraestructura de las redes convencionales y las inteligentes⁴.

Dado este modelo tradicional se tendrá que pensar en un modelo alternativo en donde su objetivo principal será el poder acercar la generación eléctrica al punto más cercano del consumidor, evitando así las pérdidas que se producen al instante de su transmisión y distribución, dada esta problemática nace la terminología “Generación Distribuida (*GD*) ”(observar la **Figura 5**). La *GD* y las redes inteligentes son muy importante para la obtención de una red eléctrica

⁴ Fuente: Sacado de (Cuenca, 2016).

eficiente, ya que ambas se encuentran relacionadas con la generación, transporte, distribución y por último el suministro de energía. (Loor et al., 2017).

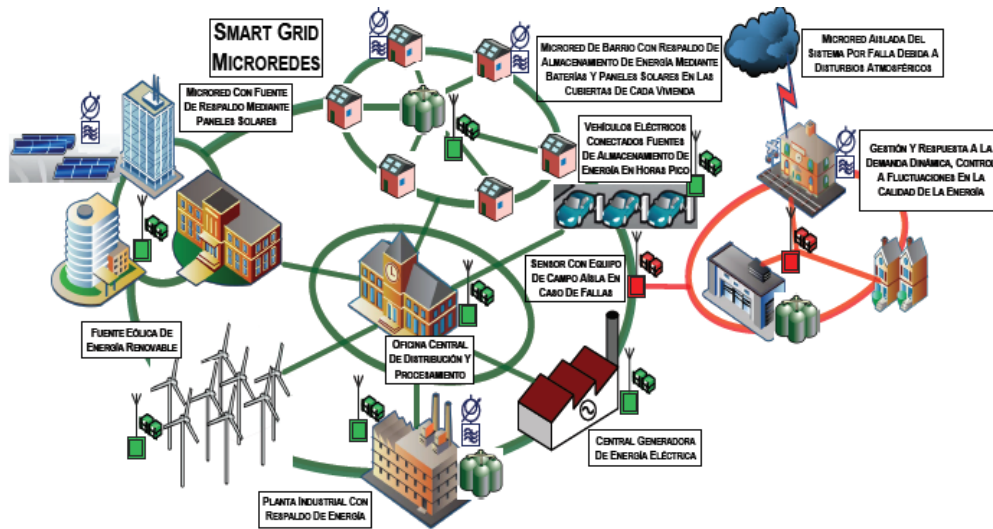


Figura 5 - Generación Distribuida⁵.

El desarrollo de los futuros sistemas eléctricos están complementado entre el modelo convencional y la GD, ya que si los centros de generación llegase a encontrarse cerca del centro de consumo se obtendrá una mayor eficiencia evitando las pérdidas debidas al transporte de energía y a su vez minimizar el impacto ambiental. Al conseguir la mayor eficiencia mediante la GD y la utilización de las redes inteligentes (ver la **Figura 6**) se podrán disminuir el costo de producción de la energía y con ello favorecer e incentivar la utilización de energías renovables. (Cuenca, 2016; Loor et al., 2017).



Figura 6 - Diagrama técnico de la nueva red inteligente⁶.

⁵ Fuente: Sacado de (Peralta Sevilla & Amata Fernández, 2013).

⁶ Fuente: Sacado de (Loor et al., 2017).

De igual forma que las RNA y la IA, las redes inteligentes tienen un sin número de definiciones, en donde (Peralta Sevilla & Amata Fernández, 2013) la define como “ *la convergencia de avances y desarrollos tecnológicos que ayudan a modernizar la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, optimización de la operación del sistema*”; mientras que (Cuenca, 2016) la define como “*la incorporación de dispositivos electrónicos a una red eléctrica tales como medidores, sensores o mandos, entre otros vinculados mediante distintas tecnologías de comunicación*”, concluyendo que la *Smart Grid* es una red que tiene como objetivo principal adquirir más inteligencia, para así poder obtener una mayor eficiencia mejorando su calidad de energía y sobre todo que sea adaptable al medio.

2.2.6 Definiciones generales.

2.2.6.1 Domótica.

La domótica se la puede denominar como un conjunto de sistemas los cuales tienen la capacidad de automatizar cualquier edificación, teniendo como referencia a las tecnologías necesarias en los equipos eléctricos o electrónicos que se localizan dentro de la misma, y además es la encargada de brindar un nivel de inteligencia a cualquier lugar donde esta sea implementada; estos equipos deberán estar conectados a una red de comunicación y por ende pueden ser controlados a largas distancias.

De acuerdo a la Real Academia Española (RAE), proviene del lat. *Domus* (casa y automática), siendo conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda, según (Herrera Quintero, 2005), conceptualiza que “*la domótica es uno de los termino o concepto interdisciplinario, ya que hace mención a la integración de distintas tecnologías acopladas en hogar mediante el uso simultaneo de la electrónica, las telecomunicaciones, la informática y la electricidad*”. (Querol, 2016) indica que “*la domótica es la automatización y control que se aplica a cualquier edificación con el fin de gestionarlas energéticamente, el ahorro de energía sin renunciar al confort, aumentar la seguridad, potenciar las comunicaciones y facilitar la su accesibilidad*”. (Baldeón & Congacha, 2014) hace referencia en que la domótica “*es una edificación que es administrada por un sistema inteligente el cual integra dispositivos o*

elementos mediante una red para automatizar los servicios requeridos por el usuario, logrando aumentar su calidad de vida". La domótica puede ser aplicable a cualquier entorno ya sea esta una vivienda o una edificación". (Manuel, Novel, Calafat, Eduardo, & Adrian, 2007) la define como "la encargada de integrar una serie de automatismos en materia de electricidad, electrónica, robótica, informática y telecomunicaciones, con el objetivo de asegurar el aumento de confort y seguridad para el usuario". (Tapia Martínez, 2009) en su tesis doctoral se señala que "es la tecnología de automatización que se aplica en el manejo de viviendas y edificaciones, teniendo como principal objetivo la incrementación de la calidad de vida", además se hace muchas menciones de la conceptualización de la domótica en donde concluye diciendo que "la domótica es una tecnología que surge para mejorar el confort, seguridad y ahorro energético en una vivienda o edificación".

Cabe recalcar que en los años setenta nace el término domótica a raíz de la aparición de los dispositivos automatizados incrustados en las edificaciones, estos dispositivos se encuentran basado en el protocolo X-10; a partir de los años siguientes se comienzan con diversas investigaciones y ensayos con electrodomésticos avanzados y dispositivos automáticos en las edificaciones. Los primeros sistemas fueron instalados en los Estados Unidos, los cuales solo se limitaban al control y regulación de las temperaturas en las edificaciones. Con el pasar del tiempo las computadoras llegan a tomar una gran popularidad y con ellas se empezó a incorporar a estos edificios los sistemas de cableado estructurado y estándar con el fin de facilitar la conexión de todo tipo de terminales. Con ayuda de este sistema de cableado estándar se permitirá el transporte de datos, voz, dispositivos de control y seguridad, y a partir de todo aquello se les empieza a llamar edificios inteligentes.(Baldeón & Congacha, 2014)(Manuel et al., 2007).

La domótica o ciencia de la innovación se la ha considerado como una nueva área de la ingeniería, la misma que se encuentra creciendo a pasos agigantados y por tal motivo los grandes empresarios han optado por el diseño y creación de electrodomésticos inteligentes, aumentando las funciones que son capaces de realizar con ello suplir todas las necesidades que se pueden presentar en el hogar. (Herrera Quintero, 2005). En la **Figura 7** se podrá observar un bosquejo de todos los elementos que se pueden integrar en un sistema domótico.



Figura 7 - Sistemas Domóticos y de telecontrol⁷.

2.2.6.2 Inmótica.

En años atrás era muy común escuchar que el significado de domótica es la misma que la inmótica, pero en realidad son muy parecidas pero no son las mismas, esta terminología a empezó a tomar mayor relevancia en estos últimos años; mientras que la domótica es aplicadas a las viviendas, la inmótica se la encamina a edificaciones (mirar la **Figura 8**) de usos terciario que no son destinados a viviendas como centros educativos, hoteles, industrias entre otras manteniendo ambas como objetivo un ambiente lleno de confort para el usuario, seguridad y eficiencia energética.

⁷ Fuente: Derechos reservados por TECNISAT.

Dirección: <http://www.tecnisat.es/wp-content/uploads/2014/03/domotica3.jpg>



Figura 8 - Edificio inteligente⁸.

La conceptualización de la inmótica es múltiple, por ejemplo:

- ❖ (Cupuerán & Ortiz, 2015) la define como *“la incorporación al equipamiento de edificios de uso terciario o industrial de sistemas de gestión técnica automatizada de las instalaciones”*.
- ❖ (Manuel et al., 2007) la definen como *“la coordinación y gestión de las instalaciones con que se equipan las edificaciones, así como a su capacidad de comunicación, regulación y control”*.

El término de inmótica es originario de Francia con la gran anomalía que hasta la actualidad la Real Academia de la Lengua no ha recogido o incorporado esta terminología.

En conclusión la inmótica es la que se encarga de gestionar inteligentemente una edificación a través de la utilización de tecnologías de control y automatización, la cual puede ser comandada desde cualquier dispositivo con acceso a internet. Además se debe de recalcar que los sistemas inmótico varían a razón de sus necesidades, ya que un centro educativo no tendrá las mismas necesidades que una industria o un hotel.

En comparación de algunos países Europeo, el Ecuador no ha alcanzado una mayor incorporación de la Domótica e Inmótica, y además existen pocas empresas dedicadas a proporcionar este servicio; unos de los grande objetivos

⁸ Fuente: Sacado de (Quintana, 2010).

que tiene el Ecuador es la búsqueda de la eficiencia energética, y por ende se está dando apertura a nuevas tecnologías que ofrezcan estos sistemas y además sean de menor costo.

El mercado domótico e Inmótico es un mundo poco explorado en el país, y para que el mismo empiece a sobre salir se necesitara de una fuerte demanda de estos sistemas, y por ende dependen según las necesidades que el usuario necesite.(Aguirre & Mogollón, 2011).

2.2.6.3 Urbótica.

La Urbótica es un término que emergió en los últimos años, en donde la palabra urbs (significa ciudad en latín) y tica (de automática, que en griego significa “funciona por si sola”). En (Quintana, 2010) y (Jara, 2015) se la define como el *“conjunto de servicios e instalaciones públicas que se encuentran automatizadas con el fin de mejorar la gestión energética, seguridad, el confort y las comunicaciones de todos los usuarios de estos servicios públicos”*.

La Domótica, Inmótica y Urbótica tienen gran similitud entre sus conceptualizaciones, con la diferencia que la primera está enfocada en las viviendas, la segunda en edificios y la tercera en una ciudad.

2.2.6.4 Edificios inteligentes.

Existen varias teorías que relacionan a los edificios inteligentes, en donde se lo puede definir como edificaciones que tienen la capacidad que adquirir conocimiento, por ejemplo (Jara, 2015) la enuncia como *“edificios que incorporan técnicas de inteligencia artificial, con capacidad de tomar decisiones sobre el mismo con parámetros de conducta humana”*.

2.2.6.5 Edificios automatizados.

Generalmente se conoce como edificios automatizados aquellas edificaciones que tienen algún grado de automatismo en sus instalaciones, naturalmente se los relacionan con oficinas, centros comerciales, bancos, industrias entre otras aplicaciones. (Jara, 2015).

2.2.6.6 Edificios Domóticos.

A diferencia de los dos enunciados anteriormente un edificio será considerado domótico cuando en el este presente un mayor grado de inteligencia, de tal forma que sean muy fáciles al ínstate de mantener, y a su vez permita una sencilla forma de actualización del sistema y además puedan ser manejado o controlado por el usuario.

2.2.6.7 Características del sistema domótico.

Cuando se habla de un sistema domótico se debe mencionar que es un sistema con un grado alto de inteligencia, que está conformada por una red de comunicación que permitirá ser configurada, con el objetivo de lograr la interconexión de varios equipo y así obtener información sobre la edificación en donde esta sea instalada. La domótica es un concepto que se orienta más al área informática y autómata, y con ayuda de estas dos ramas se podrá dar una mayor personalización a una vivienda. Por ende se presentaran a continuación las características de este sistema según (Quintana, 2010) y (Navarrete Quiroz, 2005)

- ❖ **Integración:** En si cualquier sistema trabaja a mando de un ordenador personal, con el fin de que el usuario no tenga que estar pendiente al funcionamientos de todos los equipos, ya que los mismo constaran con una grado de inteligencia debido a su programación. Además un sistema domótico debe ser flexible, versátil y sobre todo debe de tener la capacidad de adaptarse a cualquier necesidad.
- ❖ **Interrelación:** El sistema domótico debe de tener la capacidad de relacionar un sin número de elementos y obtener una gran versatilidad y variedad en el instante de tomar una decisión.
- ❖ **Facilidad de uso:** Para que exista esta facilidad, basta con que en la pantalla del ordenador se refleje una información del estado de la vivienda, y si se necesita de alguna modificación el usuario solo tendrá que manipular algunas teclas. Con la simple observación a la pantalla indicara si es que existe alguna información pendiente de recoger en el buzón, además se podrá tener información de las temperaturas internas y externas de la vivienda entre otras opciones.

- ❖ **Control remoto:** Un sistema domótico permite controlar una vivienda desde cualquier lugar del planeta y se lo consigue mediante la conexión de una red telefónica desde otro computador, el cual puede estar presente en cualquier lugar del planeta; brindando una gran beneficio a las personas que viajan constantemente.
- ❖ **Fiabilidad:** Se debe de tener en consideraciones que en la actualidad los ordenadores son más potente, rápido y fiables, tanto que pueden brindar la posibilidad de usar un sistema de alimentación interrumpida, ventilación forzada del CPU, apagado automático de la pantalla, baterías de mayor capacidad entre otros aspectos.
- ❖ **Actualización:** En la actualidad realizar la actualización de un equipo es demasiado sencillo, esto se lo realiza con el fin de dar una mejora mediante la obtención de versiones nuevas.

2.2.7 Beneficios de un sistema domótico e inmótico.

La utilización de un sistema domótico e inmótico en una edificación tiene una gran importancia tanto en la parte del ahorro energético, como en Medio Ambiente, ya que con su utilización se podrá reducir el consumo excesivo de Energía Eléctrica y con ello la disminución de quema de combustible fósiles. Además de lo enunciado anteriormente tanto la domótica e inmótica ofrece beneficios al ser humano encaminado en el confort del usuario, la seguridad del mismo, y sobre todo el ahorro económico que este le brindara.

Según (Baldeón & Congacha, 2014) y (Cupuerán & Ortiz, 2015) en sus trabajo investigativo enuncia las siguientes conceptualizaciones.

2.2.7.1 Confort.

En las construcciones actuales de edificaciones es muy común escuchar esta terminología que es nada más que las comodidades que un usuario requiera, ya que con estos sistemas podrá comandar cada uno de los elementos eléctricos y electrónicos que se encuentra dentro de la edificación como la iluminación, climatización, sistemas de audio y video, siendo comandados ya sea desde el interior de la edificación o de cualquier parte del mundo.

2.2.7.2 Seguridad.

En las construcciones que se aplican estas tecnologías es de mucha importancia la integración de sistemas muy avanzados de seguridad, el mismo que permita la integración de sistemas cerrados de cámara, sensores que permita la activación de las mismas, implementación de puertas acopladas a tarjetas electrónicas que permitan la su apertura por medio de la voz o también mediante la utilización de las huellas digitales, y un sistema de emergencia que tenga la capacidad de emitir alguna señal de auxilio a los organismo de emergencia.

2.2.7.3 Economía.

En el instante que una edificación es implementada a este sistema inteligente se podrá notar un ahorro energético considerable y con ello un ahorro económico, ya que este sistema podrá administrar de forma automática e inteligente los recursos que no sean utilizados, o bien sean regulados según la necesidad del usuario.

2.2.7.4 Ahorro Energético.

Una de las grandes formas de obtener o aumentar la eficiencia energética, es la reducción de las pérdidas eléctricas por calor que se encuentran en los antiguos sistemas de iluminación. La utilización de este antiguo sistema de iluminación provoca la emisión grandes cantidades de calor al instante de su utilización, provocando que los sistemas de climatización trabajen más de lo debido con el fin de reducir el exceso de calor y por ende se producirá un mayor consumo de energía.

Según (Reus, 2013), enuncia que la iluminación inteligente es *“una iluminación de adaptación que puede reducir las fuentes de desperdicio de energía y disminuir los costos de operación.”* Y además comenta que la correcta utilización de los sistemas inmótico podrá reducir el costo anual de energía hasta un 30%, teniendo en consideración que este valor tiende a varear según la edificación donde sea instalado. Recalcando que para conseguir un ahorro superior se deberá optimizar el uso del sistema de climatización y la implementación de fuentes renovables.

2.2.7.4.1 Control de iluminación.

El consumo de Energía Eléctrica en el mundo está dada por varios factores en donde uno de ellos es la iluminación el cual representa un 19% de este consumo, por ende para conseguir una mayor eficiencia de energía es necesario la sustitución de los sistemas eléctricos antiguos por unos que tengan la capacidad de ahorrar energía.

Con la debida optimización del sistema de iluminación se puede logra un ahorro energético de hasta el 60%; esta optimización se la conseguirá aprovechando la luz exterior, detección de presencia y la programaciones horarias. (Reus, 2013)

2.2.7.4.2 Control de la climatización.

Dado que en la zona costera del Ecuador, las temperaturas promedio varían entre (23 a 31) °C y por ende la utilización de aires acondicionadas en oficinas provocan un gran consumo de energía; y al poder controlar el sistema de climatización, permitirá un mayor confort ya que se podrá manipular la temperatura en el interior de las instalaciones y así brindar de más comodidad de sus ocupantes. Cabe recalcar que al instante de poder controlar la climatización también se tendrán un mayor ahorro energético, Por ejemplo, el simple hecho de subir o bajar un grado de temperatura se traduce en un ahorro del 5% del consumo de la máquina de climatización (Reus, 2013).

2.2.7.4.3 Empleos de fuentes de energías renovables.

En la actualidad a nivel mundial se provee que los grandes proyectos, ya sean estos los edificios de oficinas, estudiantiles, hoteles, etc. Tomen conciencia en la importancia del cuidado del medio ambiente y con ello poder reducir los daños que se puedan producir en el medio donde se desarrollen. Por ende, para poder minimizar los impactos negativos, es necesario la utilización de recursos renovables, el ahorro energético y la reducción de la contaminación.

La implementación de este tipo de instalaciones obedecen a las motivaciones no solo económicas, por cuanto reportan una mejora económica debido al ahorro de combustible, sino también a una motivación medioambiental, por cuanto permiten la sustitución de combustibles fósiles, causantes del efecto invernadero por sus emisiones de dióxido de carbono.(Reus, 2013).

Para ello es necesario analizar los diversos entornos que nos ofrecen las distintas fuentes de energía alternativa o renovable. Considerando que si la generación de energía eléctrica se encuentra cercano al centro de consumo se obtendrá una gran mejora medioambiental y energética, ya que las pérdidas que se producen en el transporte de la energía tenderá a disminuir, así como se lo comento en el punto **2.2.5**. En este punto se hace referencia a las redes eléctricas inteligentes y a la Generación Distribuida (GD), donde la eficiencia de este sistema reducirá el costo económico favoreciendo a las energías renovables.

La GD se basa en las fuentes de energía renovables que pueden estar presente en nuestro entorno como una micro central fotovoltaica que está compuesta por paneles solares que naturalmente se encuentran en los techos de las edificaciones, la micro central eólica y el coche eléctrico, que al instante de conectarse a la red el podrá de aportar con electricidad como también consumirla. Con la GD se puede optimizar la demanda de consumo eléctrico en la las horas pico o puntas, mejorando el servicio eléctrico en las zonas rurales que se encuentran alejadas de la red eléctrica y en las zonas urbanas donde la red eléctrica que se encuentre saturada.

2.2.7.4.3.1 Energía solar fotovoltaica.

Consiste en la transformación de la radiación solar en energía eléctrica, que se consigue gracias al aprovechamiento de los materiales semiconductores de sus células los cuales suelen ser de silicio.

Para el funcionamiento óptimo de un módulo fotovoltaico se debe de considerar dos aspectos importantes, los cuales son la radiación solar y la temperatura ambiente en el cual se encuentra en funcionamiento. En (Fenercom, 2004), enuncia que la temperatura de funcionamiento debe de ser de 25 °C y su radiación solar es de 1kW/m², y los valores eléctricos con estas condiciones se definen como valores pico.

Existen dos formas de utilización de la energía eléctrica que se genera a partir de los paneles fotovoltaico:

❖ **Sistema fotovoltaico aislado de la red eléctrica.**

Este sistema naturalmente se emplea en aquellos lugares en los cuales la red convencional no tiene acceso, por ende resultaría más económico la instalación de este sistema que realizar el tendido de una nueva línea eléctrica. Debido a que los paneles solo producen en el día (horas de sol) es necesario la implementación de acumuladores de energía (es esencial producir mucho más energía que la consumida para así poder guardar su excedente) y así poder cubrir el consumo de energía las 24 horas del día. (Fenercom, 2004), indica que la cantidad de energía que se necesita acumular se la calcula en función de las condiciones climáticas de la zona y el consumo de electricidad. De tal manera que si en una zona donde exista muchos días de soleados al año abra que acumular poca energía, en cambio si el periodo sin luz es muy largo se debe de acumular mucho más energía.

Por ende para poder saber el número de paneles a instalar se debe de tener en cuenta la demanda energética en los meses más desfavorable.

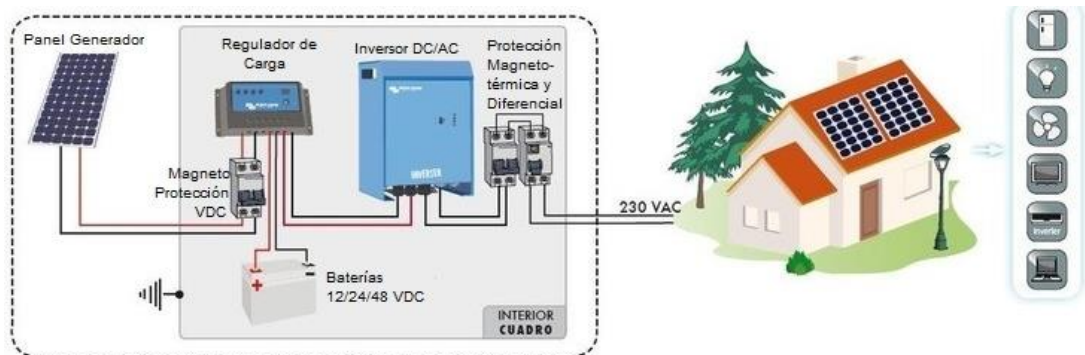


Figura 9 - Esquema de un sistema fotovoltaico aislado⁹.

El sistema aislado se encuentra conformado por su generación (paneles), la regulación de carga, sus acumuladores, el inversor y sus respectivas protecciones, así como se lo puede apreciar en la **Figura 9**.

❖ **Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica.**

Este sistema pueden ser aplicados en negocios, industrias, establecimientos educativos, en los cuales se pueden disminuir las altas tarifas en el recibo de energía eléctrica; este sistema está compuesto por

⁹ Fuente: <https://www.quetzalingenieria.es/blog/solar-aislada-5-situaciones-donde-es-muy-rentable/>

los paneles fotovoltaicos, sus dispositivos de protección y conexión, interruptores en corriente directa (CD) y corriente alterna (CA) y su inversor, que a diferencia de un sistema aislado, este carece de un sistema de almacenamiento (baterías). En donde los paneles solares se encargan de captar la energía del sol para luego convertirla en energía eléctrica de corriente continua o directa (CC-CD), una vez transformada su energía en CD pasa por un inversor el cual se encarga de invertirla en CA para su consumo; si llegase a existir excedentes de energía, esta será inyectada directamente a la red eléctrica, la misma que será contabilizada por un medidor bidireccional, el mismo que tendrá la tarea de cuantificar la energía que tomamos de la red y cuanta inyectamos a la misma, y la facturación sería solo la diferencia de ambas; en la **Figura 10** se puede observar la conformación de un sistema fotovoltaico interconectado a la red.



Figura 10 - Sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica¹⁰.

¹⁰ Fuente: <http://www.greensys.com.co/paquetes-on-grid.php>

2.2.8 Dispositivos de un sistema domótico e Inmótico.

Para el funcionamiento de un sistema domótico es necesario incorporar algunos elementos que permitan interactuar las funciones encargadas de emitir alguna señal de funcionamiento; entre la existencia de varios elementos, se puede enunciar uno de los dos más utilizados en estos sistemas, siendo estos los sensores y actuadores.

2.2.8.1 Sensores.

Los sensores son dispositivos electrónicos que se encargan de monitorizar el entorno en donde sean instalado, además es aquel que tiene la capacidad de transformar un fenómeno físico en magnitudes eléctricas, por ende un sensor es el que se encarga de proporcionar la información necesaria al controlador y así pueda tener la capacidad de tomar la decisión adecuada. En la actualidad existen diferentes tipos de sensores en nuestro mercado, que tienen como fin satisfacer las necesidades dentro y fuera del medio industrial, naturalmente en un sistema domótico e inmótico es común la utilización de los sensores presencia, temperatura, humo, de contacto magnético e iluminación entre otros.

2.2.8.2 Actuadores.

Son dispositivos que se encargan de recibir y ejecutar cualquier orden dentro del sistema, tales como el control de encendido o apagado de motores, alarmas, reguladores lumínico, entre otras consideraciones. (Rios, 2014).

2.2.8.3 Controlador o Procesador.

Es la unidad que se encarga de gestionar la información y posteriormente la procesa según el programa se le ha establecido, y según el análisis que emita el programa este podrá tomar las decisiones correspondiente.

2.2.8.4 Interfaz.

Es definida por la real academia española de la lengua como *“la conexión física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones”*. Según (Moscoso, 2016) Existen varios tipos de interfaz los cuales se enunciaran a continuación.

- ❖ Interfaz local: es la que realizara la comunicación en el mismo lugar en donde se encuentre instalado el sistema. Para su complementación se utiliza la interfaz de voz, que es el que reconocerá el comando de voz que podrá integrarse al instante de realizar una llamada, además permitirá conocer el estado del inmueble desde cualquier teléfono móvil.
- ❖ Interfaz de mensajes móviles: es el sistema encargado de enviar un mensaje de texto o multimedia al instante de presentarse alguna anomalía.
- ❖ Interfaz Web: este sistema dispondrá de un servidor web que le permitirá conocer el estado actual del inmueble de forma gráfica.

2.2.8.5 Bus.

Es el que se encarga de transportar información de un dispositivo a otro atreves de redes de comunicación, una de sus características la cantidad de información que este podrá transmitir en un mismo instante, se lo puede relacionar con una gran autopista en donde las redes viales es el Bus y los automóviles son los datos o información que circulan en él.

2.2.8.6 Red de comunicación.

Es la encargada de interconectar físicamente los dispositivos entre si de una forma alámbrica o inalámbrica.

En la **Figura 11** podrá observa la distribución de todos los dispositivos que conforman un sistema domótico.



Figura 11 - Esquema de un sistema básico de la domótica¹¹.

2.2.9 Arquitectura de un sistema domótico.

La clasificación de la arquitectura de un sistema domótico se la determina según las conexiones de los componentes que en él se instalaran, siendo estos los diferentes tipos de sensores, actuadores y controladores. Según (Rocamora, 2008), enuncia que la clasificación de un sistema domótico se la puede realizar de dos tipos vistos desde un punto comercial; los cuales son los sistemas centralizados y el sistema distribuido, considerando también los sistemas híbridos. Mientras que (Jara, 2015), hace la consideración del sistema descentralizado independiente al sistema híbrido.

2.2.9.1 Arquitectura centralizada.

Esta arquitectura se basa en un controlador centralizado, el cual recibe un sin número de información que provienen desde los sensores para luego ser procesadas, y a su vez emitir las órdenes oportunas a los actuadores e interfaces; la **Figura 12** simboliza de forma didáctica la distribución de todos los elementos de forma centralizada.

¹¹ Fuente: <https://pedrojhernandez.com/2014/04/07/domotica/>



Figura 12 - Arquitectura Centralizada¹².

2.2.9.2 Arquitectura distribuida.

La particularidad de esta arquitectura es que no necesita de un elemento centralizado, sino que cada elemento portara una cierta inteligencia con el fin de conocer a que elemento se debe de enviar la información recolectada por un sensor o cual es la información que debe considerar el actuador, en otras palabras cada elemento debe de trabajar de una forma automática. Esta configuración suele trabajar con una topología de tipo bus así como se muestra en la **Figura 13**; por ende es necesario la utilización de un protocolo de comunicaciones.

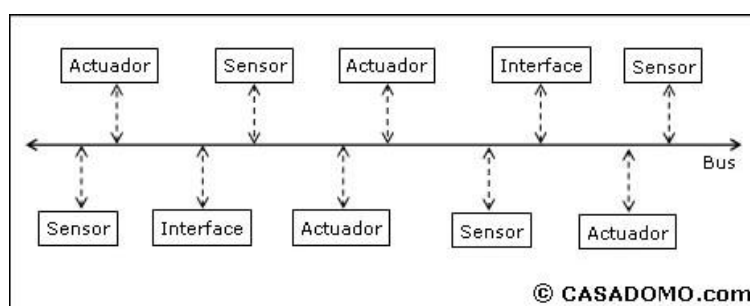


Figura 13 - Arquitectura distribuida¹³.

2.2.9.3 Arquitectura descentralizada.

En este tipo de sistema está compuesto de varios controladores que se encuentran interconectados entre sí mediante un protocolo de comunicación tipo bus así como se lo puede observar en la **Figura 14**, además se puede enunciar

¹² Fuente: <http://informaciondlnadomotica.blogspot.com/2017/02/del-dlna-arquitectura-centralizada-un.html>

¹³ Fuente: <http://domotica-ubiobio.blogspot.com/2015/03/comparacion-sistema-centralizado-vs.html>

que todos los controladores trabajan como un sistema centralizado en donde el controlador realiza él envío de la información a los actuadores e interfaz en función a las actividades que los sensores registrado.

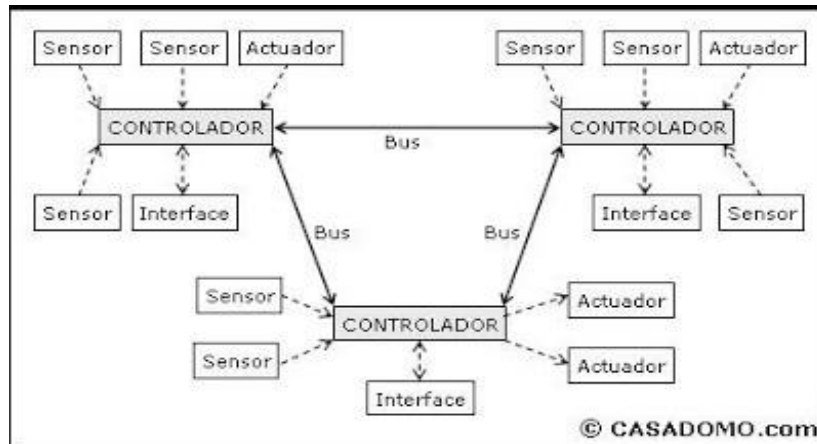


Figura 14 - Arquitectura descentralizada¹⁴.

2.2.9.4 Arquitectura mixta.

Esta arquitectura se trata de un sistema híbrido ya que es la unión de los sistemas centralizados, descentralizado y distribuidos, aprovechando las ventajas de todos ellos. En la **Figura 15** se puede observar dos controladores que trabajan en un sistema descentralizado y uno como centralizado.

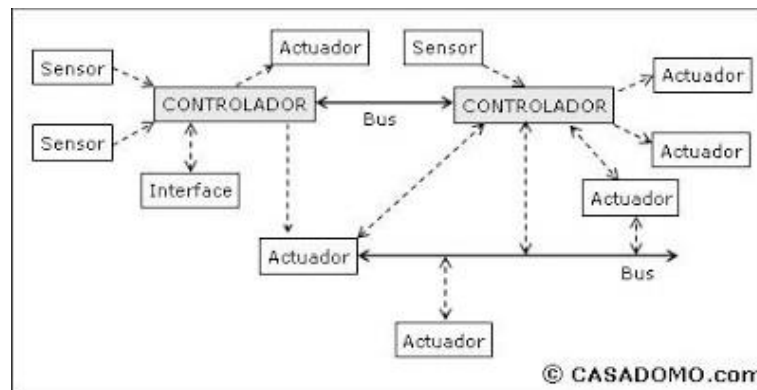


Figura 15 - Arquitectura mixta¹⁵.

2.2.10 Topología de los sistemas domóticos e inmótico.

Otras características que presentan los sistemas domótico e inmótico según (Cupuerán & Ortiz, 2015) es la topología de la red, que no es más que la

¹⁴ Fuente: <http://arqcompus-domotica.blogspot.com/2009/06/arquitectura.html>

¹⁵ Fuente: <http://arqcompus-domotica.blogspot.com/2009/06/arquitectura.html>

distribución física de todos los elementos que se encuentran en la instalación, respecto al medio de comunicación, esta posibilita la conexión de los distintos componentes dentro de la edificación. A continuación se define cada una de las topologías usadas para la creación de estos sistemas.

- ❖ **Topología estrella:** Esta topología se basa en un sistema centralizado, en donde los sensores y actuadores se encuentran conectados al controlador. La ventaja principal que ella brinda es que al producirse alguna falla en cualquier dispositivo el sistema no se detiene, en la **Figura 16** se puede visualizar de forma esquemática dicha topología, y su desventaja sería que si el elemento principal presenta algún fallo el sistema colapsaría. Además de su gran cantidad de cableado y que toda información se guarda en el elemento principal, esto produce la disminución en la capacidad de procesamiento.

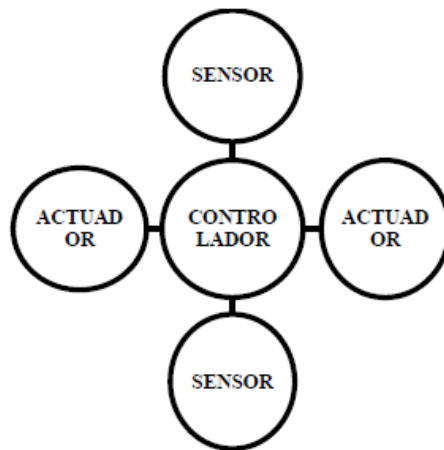


Figura 16 - Topología en estrella¹⁶.

- ❖ **Topología anillo:** Es Cuando los dispositivos de un sistema domótico e inmótico se interconectan entre si formando un anillo (ver la **Figura 17**), permitiendo el paso de la información entre ellos. Su principal ventaja es la disminución de su cableado y su fácil control, mientras que su mayor desventaja es que si uno de los dispositivos experimenta un fallo el sistema colapsaría.

¹⁶ Fuente: Sacado de (Cupuerán & Ortiz, 2015)

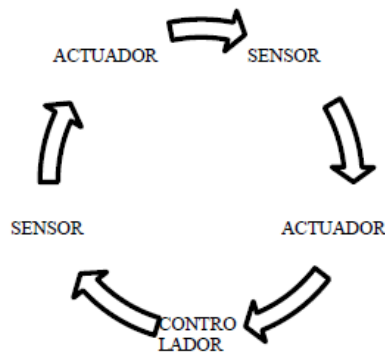


Figura 17 - Topología anillo¹⁷.

- ❖ **Topología Bus:** en esta topología todos los dispositivos se encuentran conectados en la misma línea de comunicación permitiendo que todos ellos envíen y reciban información de los demás dispositivos, cada uno de ellos cuenta con su propia dirección lo cual permite identificarlo fácilmente dentro del sistema.

Tiene la facilidad de añadir o quitar dispositivos al sistema, si se produce un error en cualquier dispositivo, no afecta al sistema en general y la velocidad de transmisión de datos es elevada. Pero, los dispositivos integrados a este sistema deben de tener cierto grado de inteligencia para poder manejar la información y debe contar con mecanismo de control que no permitan que más de dos dispositivos accedan de forma simultánea a la red.

- ❖ **Topología malla:** Es una topología de red en la que cada nodo está conectado a uno o más nodos. De esta manera es posible llevar los mensajes de un nodo a otro por diferentes caminos. Si la red de malla está completamente conectada, no puede existir absolutamente ninguna interrupción en las comunicaciones. (Ramírez, 2015)
- ❖ **Topología árbol:** Es una topología mixta, en otras palabras es la combinación entre varias topología tipo estrella en la cual se establece una jerarquía entre todos los dispositivos conectados en el sistema. Las ventajas y desventajas son las mismas que en la topología tipo estrella.

¹⁷ Fuente: Sacado de (Cupuerán & Ortiz, 2015)

2.2.11 Medios de interconexión.

El medio por el cual se transmite la información en un sistema domótico puede ser de forma alámbrico o inalámbrico, dependiendo si este se encuentra cableado a la central o no; dada estas características se establece tres tipos de centrales, que según (Rocamora, 2008), se clasifican en:

- ❖ **Centrales cableadas:** Cada uno de los elementos ya sean los sensores o actuadores que se encuentra conectada a sistema, estarán interconectado al controlador principal mediante algún tipo de conductor. Además el controlador posee internamente una batería de respaldo para poder alimentar a los sensores y actuadores al instante en que el suministro eléctrico tienda a tener algún fallo, y así garantizar el funcionamiento del sistema por unas horas más.
- ❖ **Centrales inalámbricas:** En este tipo de central los sensores y actuadores se alimentan mediante baterías que están incorporadas en ellos mismos, y la transferencia de información lo realiza mediante vía radio a la central, recalcando que la central tiene su propio suministro de energía proveniente de la red eléctrica y baterías.
- ❖ **Centrales Mixtas:** es la combinación entre el sistema alámbrico e inalámbrico.

2.2.12 Protocolos y estándares para la automatización de edificios.

Hoy en día es posible construir sensores y actuadores con inteligencia suficiente para implementar una red de área local de control distribuido. Apoyándose en los estándares de control, la domótica e inmótica ha adquirido fuerza en la facilidad de uso e instalación, en la flexibilidad, en la interconectividad y además ha reducido su costo. (Sánchez García & Moreno Martín, 2013), a continuación se enunciará los estándares más comunes para esta tecnología.

2.2.12.1 LonWorks.

Fue desarrollada en 1992, la compañía Echelon lanzó la tecnología LonWorks (observar la **Figura 18**) la cual cubre desde el nivel físico hasta el nivel de

aplicación para cualquier proyecto de domótica e inmótica ofreciendo una arquitectura descentralizada. Desde entonces se ha venido implementando con éxito en edificios de oficinas, hoteles o industrias gracias a su gran robustez y fiabilidad pero, debido a su alto costo, no ha logrado introducirse ampliamente en el mercado doméstico siendo esta su desventaja, ya que actualmente existen otras tecnologías mucho más económicas que cuentan con funciones y servicios similares. (Baldeón & Congacha, 2014), (Aguirre & Mogollón, 2011).

Este estándar se basa en el esquema propuesto por LON (*Local Operating Network*), y consiste en un conjunto de dispositivos inteligentes, o nodos, que se conectan mediante uno o más medios físicos y que se comunican utilizando un protocolo común. Por inteligente se entiende que cada nodo es autónomo y proactivo, de tal forma que puede ser programado para enviar mensajes a cualquier otro nodo como resultado de cumplir ciertas condiciones, o llevar a cabo ciertas acciones en respuesta a los mensajes recibidos. (Cedeño Núñez & Ruiz Vasco, 2013).

Esta tecnología puede funcionar sobre cable coaxial, par trenzado, corrientes portadoras, fibra óptica e incluso radio frecuencia. El transmisor-receptor se encarga de adaptar las señales del Neuron Chip a los niveles que necesitan cada medio físico. Todos los dispositivos LonWorks se basan en el micro-controlador llamado Neuron chip, donde el mismo es el corazón de esta tecnología. (Baldeón & Congacha, 2014).

El protocolo LonWorks se encuentra homologado bajo las normas ISO (Modelo de referencia abierto para la Interconexión de Sistemas) que engloba un conjunto completo de protocolos; el protocolo implementa las siete capas del modelo OSI, y los hace mediante la combinación del hardware y firmware sobre un chip de silicio. Se encuentra calificado bajo las normas, Europeas (EN-14908), de Estados Unidos (EIA-709-1) y Chinas (GB/Z20177-2006) así como por el estándar europeo de electrodomésticos CEDEC AIS. (Aguirre & Mogollón, 2011), (LonUser España, 2009).



Figura 18 - Logo LonWorks¹⁸

2.2.12.2 X-10.

Esta tecnología fue desarrollada entre los años de 1976 a 1978 en Escocia, y está basado en corrientes portadoras para el intercambio de información, se caracteriza por tener dispositivos relativamente económicos con relación a otras tecnologías (Baldeón & Congacha, 2014). Este protocolo (ver su logotipo en la **Figura 21**) tiene un limitado ancho de banda y un número limitado de dispositivos a controlar, en la actualidad es el más utilizado y competitivo en el mercado junto con el protocolo KNX. (Sánchez García & Moreno Martín, 2013).

Este estándar es aquel que está orientado hacia la utilización de la red eléctrica de las viviendas o edificaciones, controlando cualquier dispositivo a través de una red doméstica (120 o 220 v a 50 o 60 Hz) (ver las **Figura 19** y **Figura 20**), y se hace modulando impulsos de 120 KHz. (Herrera Quintero, 2005) así como se muestra en la siguiente figura.

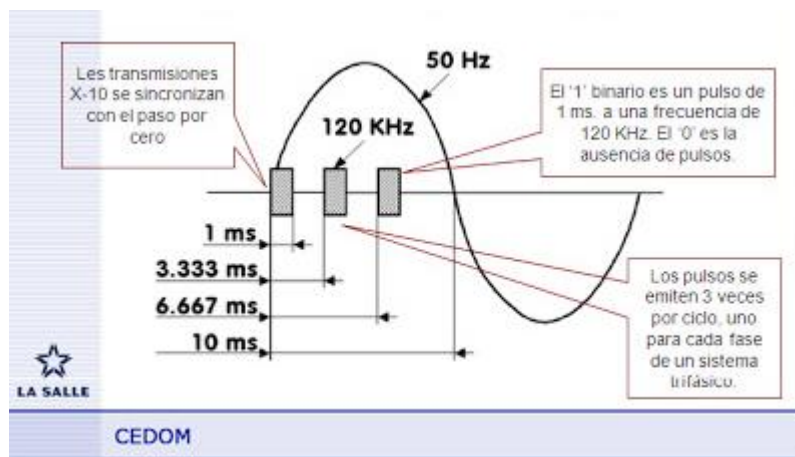


Figura 19 - Sistema X-10 a una frecuencia de 50Hz¹⁹.

¹⁸ Fuente: Sacado de (Baldeón & Congacha, 2014).

¹⁹ Fuente: <http://lh3.googleusercontent.com/-FplzEmsJv0E/TYuUpB3n-sI/AAAAAAAAAAo/GlwLwklevLM/s1600/domotica.bmp>

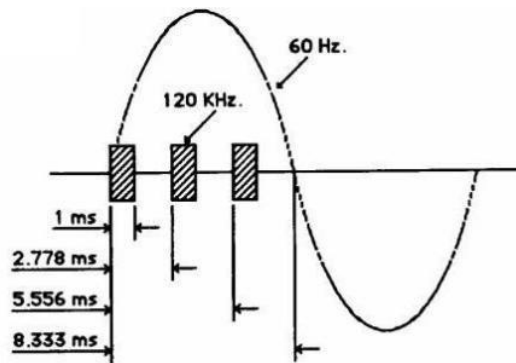


Figura 20 - Sistema X-10 a una frecuencia de 60Hz²⁰.

La codificación de los datos que se transmite se lo realiza siempre por el paso por cero de la señal eléctrica, así como se lo muestra en la figura anterior siendo este un punto de sincronismo entre el transmisor y el receptor; recalcando que una onda eléctrica es propensa al ruido, que son provocando por los dispositivos que en ella se conecta ya se esté una bombilla o un taladro. Por ende para lograr la eliminación de dicha interferencia fuera de la onda, es necesario utilizar ese punto de la señal para lograr la transmisión de los datos.

Para diferenciar la ausencia y presencia de un impulso es se utiliza los números binario (0,1). En el punto del paso por cero de la figura anterior se encuentran el paquete de información que se transmite a través de una de señal de 120KHz en un tiempo de 1ms, además cabe mencionar que en la figura se presencia tres paquetes de información los mismos que representaría a un sistema trifásico.

Las principales característica que presenta el estándar X-10 según (Moscoso, 2016) son:

- Ser un sistema propietario descentralizado.
- Ser un sistema configurable pero no programable.
- De fácil instalación. (Instalar, conectar y funcionar).
- De fácil manejo para el usuario.
- Compatibilidad casi absoluta de los dispositivos de la misma gama, obviando antigüedad.
- Flexible y ampliable la red hasta 256 dispositivos.

²⁰ Fuente: <https://opendomotica.wordpress.com/page/6/>

La clasificación de los componentes en una red X-10 es de acuerdo a la función que cumple en dicha estructura por lo que se tiene:

- Módulos emisores.
- Módulos receptores.
- Módulos bidireccionales.
- Módulos inalámbricos.
- Módulos transceptores.
- Módulos del sistema.

La topología de X-10 es totalmente flexible, debido a que utiliza el cableado principal del suministro eléctrico como medio de transmisión y no siempre utiliza un cerebro central, pueden ser implementada en: bus, anillo, estrella y árbol. Todo ello dependerá del grado de complejidad que se desee y de la ubicación de los puertos de acceso a la red eléctrica; tomacorrientes y otros. Por tal motivo este sistema es apropiado para aplicaciones de control en entornos simples por las siguientes razones: (Moscoso, 2016)

- Disponibilidad de los productos comerciales de bajo costo.
- Facilidad de configuración e instalación.



Figura 21 - Logo estándar X-10.²¹

2.2.12.3 ZigBee.

Es un estándar de comunicación inalámbrica IEEE 802.15.4 construido por el IEEE. El conjunto de protocolos recogidos en este estándar inalámbrico (observar la **Figura 22**) y presenta una radiodifusión digital de bajo consumo

²¹ Fuente: <https://opendomotica.wordpress.com/2008/11/23/estudio-del-protocolo-x10-i/>

eléctrico. Utiliza una estructura de red de malla para ofrecer un excelente rango y rápida comunicación entre los dispositivos. Aunque en el mercado existe quejas por la dificultad que presentan algunos dispositivos de diferentes fabricantes en alcanzar una comunicación estable y segura. (Hernández, 2016; Moscoso, 2016).



Figura 22 - Logo del estándar ZigBee²².

Según (Moscoso, 2016) argumenta el principal objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. Por lo tanto, es ideal para la domótica en especial de lugares pequeños y que cuenten con poca área de instalación. Por lo que se pueden resumir sus tres grandes pilares:

- Su bajo consumo.
- Su topología de red en malla.
- Su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

Se diseñó bajo la premisa de crear un sistema estándar de comunicaciones vía radio y bidireccional, para usarlos en la domótica e inmótica, control industrial, periféricos de PC y sensores médicos. Este estándar fue creado para mejorar el alcance ofrecido por el Bluetooth.

Su tecnología inalámbrica contiene velocidades entre 20 kB/s y 250 kB/s y rangos de 10 m a 75 m, puede usar bandas libres ISM (Industrial, Scientific and Medical) de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).

²² Fuente: Sacado de (Moscoso, 2016).

La red puede conectar hasta 255 nodos, los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceptor *ZigBee* “dormido” con el objetivo de consumir menos energía que otras tecnologías inalámbricas.

Igual que los otros estándares el *ZigBee* también presenta ventajas y desventajas las cuales (Cupuerán & Ortiz, 2015), las enuncia a continuación:

❖ **Ventajas:**

- Ideal para conexiones punto-punto y punto-multipunto.
- Opera en la banda libre de ISM 2.4 GHz para conexiones inalámbricas.
- Diseñado para el direccionamiento de la información y el refrescamiento de la red.
- Reduce tiempos de espera en vivo y recepción de paquetes.
- Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos.
- Alojamiento de 16 a 64 bits de dirección extendida.
- Son de bajo costo, bajo consumo de energía y de construcción más sencilla.
- Soporta múltiples topologías de red.
- Una red ZigBee puede constar de más de 65000 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos.

❖ **Desventajas:**

- La tasa de transferencia es muy baja y solo manipula textos pequeños.
- No es compatible con Bluetooth.
- Menor cobertura, al pertenecer a redes inalámbricas del tipo WPAN.

2.2.12.4 Konnex (KNX).

Este estándar describe las capacidades del dispositivo en términos de puntos de datos (puntos de comunicación de dispositivos, tipo y tamaño de datos estandarizados) que se encuentran dentro de objetos grupales involucrados en las comunicaciones grupales entre productores y consumidores, basándose en un enfoque de multidifusión. (Bovet & Hennebert, 2013).

KNX Association crea esta tecnología (KNX) (ver su logotipo en la **Figura 23**) en el año 1996, siendo el mismo un estándar abierto que se basa en la unificación de los sistemas EIB, BatiBUS y EHS, es un sistema descentralizado y por ende no requiere de un controlador central en su instalación; este estándar ofrece soluciones para el desarrollo de los sistemas domóticos e inmótico con el fin de satisfacer los pilares fundamentales de una vivienda y edificación, siendo estos pilares el confort, seguridad, ahorro energético y la comunicación. Al ser un estándar abierto, el abarcaría el control de persianas, iluminación, sistemas de seguridad, ventilación aire acondicionado, alarmas, gestión energética entre otros. (Aguirre & Mogollón, 2011; Baldeón & Congacha, 2014; Jara, 2015)



Figura 23 - logotipo del estándar KNX²³.

El estándar KNX dispone de tres modos de configuración así como se enuncia en (Baldeón & Congacha, 2014; Jara, 2015), cada uno orientado a diferentes niveles de usuarios final.

- ❖ **Modo-S (modo sistema o system).** Esta configuración sigue la misma filosofía que el EIB actual, en donde los dispositivos deben ser instalados y configurados por profesionales en esa área, con ayuda de un software diseñado específicamente para este protocolo.
- ❖ **Modo-E (modo fácil o easy).** En este modo los dispositivos son pre-programados desde la fábrica para realizar funciones específicas, aunque también es muy importante realizar algunos ajustes al instante de su instalación mediante pequeños interruptores dentro del mismo dispositivo, siendo semejante a los dispositivos X-10 que se encuentran en el mercado.
- ❖ **Modo-A (modo automático).** Cuenta con una tecnología plug & play, en la que los usuarios no tiene la necesidad de realizar ninguna configuración

²³ Fuente: <https://www.knx.org/mx/>

en los dispositivos. este modo esta específicamente indicado para la implementación en los electrodomésticos y equipos de entretenimiento.

En la **Figura 24** se podrá visualizar de forma resumida la configuración de los tres modos enunciados anteriormente.

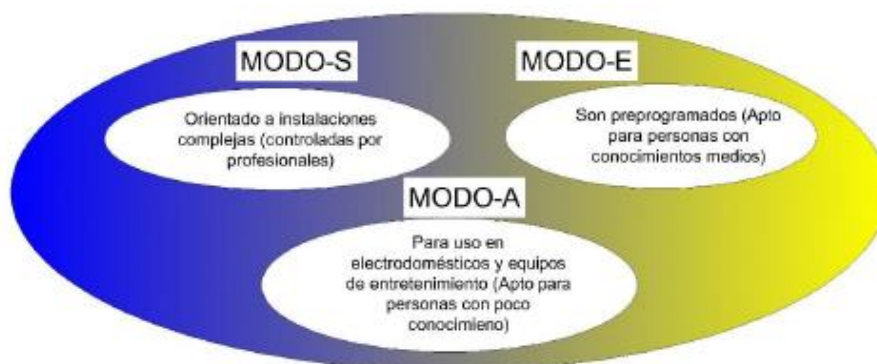


Figura 24 - Modos de configuración del estándar KNX²⁴.

A continuación se podrá visualizar las principales ventajas y desventajas del estándar KNX.

❖ **Ventajas.**

- Sistema descentralizado
- Comunicación e independencia
- Adaptabilidad
- Ahorro en costo de amortiguación
- Incremento de seguridad.
- Uso económico y racional de energía
- Mayor grado de confort
- Sistema abierto

❖ **Desventajas.**

- Carece de redundancia
- Repetición de mensajes
- No se puede simular
- Precio

²⁴ Fuente: sacado de (Jara, 2015)

- Inversión inicial

2.2.12.5 Z-Wave.

Es un protocolo domótico inalámbrico que opera en la banda de frecuencia de radio industrial, científica y médica (ISM). En el sistema europeo transmite a 868,42 MHz y 908,42 MHz en el sistema americano, estas frecuencias están diseñadas para comunicaciones de datos de bajo ancho de banda en dispositivos integrados tales como sensores de seguridad, alarmas y paneles de control domóticos. (Fouladi & Ghanoun, 2013). Z-Wave está diseñado para proporcionar una transmisión fiable, de baja latencia de pequeños paquetes de datos a velocidades de datos de hasta 100kbit/s. es relativamente nuevo en términos de protocolos de automatización utilizados en los hogares; dado la estructura de este estándar se puede incorporar fácilmente en los productos electrónicos de consumo, en el cual también se le incluye los dispositivos de la batería operada, como mandos a distancias, detectores de humo y sensores de seguridad. Z-Wave fue creada por una empresa Danesa llamada *Zen-Sys* que fue adquirida por *Sigma Designs* en el 2008. (Moscoso, 2016).



Figura 25 - Elementos compatibles con Z-Wave²⁵.

El las **Figura 25** y **Figura 26** se representa de forma esquemática la distribución de los dispositivos de dicho protocolo domótico, recalando que el Z-Wave tiene la capacidad de unificar los aparatos electrónicos y los integra a una sola red, sin la necesidad de programaciones complicadas ni la utilización de cables. Todo

²⁵ Fuente: <http://www.controlas.cl/zwave.html>

dispositivo que es habilitado con este estándar, se lo puede adicionar fácilmente a cualquier red de un hogar, y los que no están habilitados pueden volverse compatibles mediante un módulo accesorio. Logrando que su dispositivo se conecte a la red y se pueda comunicar inalámbricamente con los otros módulos y controladores.



Figura 26 - Configuraciones en aplicaciones que se desarrollan con Z-Wave²⁶.

(Moscoso, 2016) comenta que existen más de 1.000 dispositivos compatibles diferentes, que ofrecen una amplia gama de opciones cuando se trata de la automatización del hogar. Por lo tanto sus características principales son:

- Utiliza un tipo de red llamado “red de malla (mesh) ”.
- Es de muy baja potencia.
- Sistema centralizado por una unidad que lleva el control de la red.
- Rango de alcance relativamente corto.
- Funciona en el rango de Sub-GHz por lo que evita las interferencias de las otras redes de comunicación saturados como WiFi.
- Sistema fiable con bajo ancho de banda, pero flexible.
- Soporta hasta 232 dispositivos en su red con un rango no mayor a los 100 metros de dicha red en su totalidad.

2.2.13 Computación Ubicua.

La computación Ubicua fue mencionada por primera vez por *Mark Weiser* en 1991, en donde la gran visión que el poseía era la creación de entornos rodeados de la computación y con ello la capacidad de comunicación. Considerando que

²⁶ Fuente: Tomado de (Moscoso, 2016); <http://www.controlas.cl/zwave.html>

en la época que el expreso su gran idea se carecía de esta tecnología, y por ende no existía la posibilidad de desarrollar su idea siendo está muy criticada. (Los Santos Aransay, 2009).

Este tipo de computación se enfoca en un nuevo paradigma de la informática en la cual los dispositivos tecnológicos se encuentran inmerso en el diario vivir del usuario, (Salazar Ospina, 2015) enuncia que *“el objetivo de estos dispositivos es ayudar al usuario en el cumplimiento de sus tareas si alterar a su privacidad y ofrecer interfaces de interacción con los sistemas que sean amigable y fácil de utilizar.”*

Por lo tanto, todos los objetos cotidianos que tienen la capacidad de integrarse a la tecnología computacional, tienen una serie de característica que permiten la creación y delimitación del entorno ubicuo, buscando la comunicación que existe entre los dispositivos, ya que los elementos del sistema disponen de la capacidad computacional y de comunicación entre el usuario y los elementos mediante el Bluetooth, WiFi, GPRS/UMTS, entre otras, y sobre todo la disponibilidad de memoria la cual puede ser utilizada en el almacenamiento de información mejorando la interacción con todos los dispositivos y adaptándose a diferentes situaciones como por ejemplo a su situación geografía, las preferencias del usuario y todos los dispositivos que se encuentran en su entorno. Además tiene la capacidad de relacionarse con ciertos eventos que se pueden percibir en su entorno mediante la utilización de sensores. (Los Santos Aransay, 2009).

En la siguiente **Figura 27** se puede observar una especie de arquitectura de un dispositivo de computación Ubicua, el cual permite la interacción con el usuario a través de su interfaz de entrada y salida, obteniendo cualquier información relevante del mundo real y así poder brindar el soporte adecuado en función de sus necesidades y su entorno en base a la información captada por los sensores y emitida a los actuadores, y por medio de su interfaz de red poder coordinar con cualquier elemento del sistema.

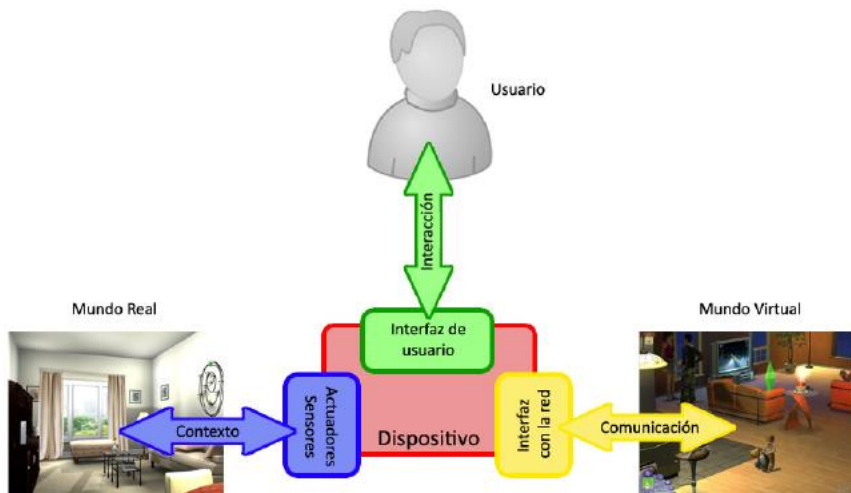


Figura 27 - Modelo de dispositivo de Computación Ubicua²⁷.

2.2.14 Sistemas Multi-Agentes.

2.2.14.1 Agentes Inteligentes.

La aplicación de un software de agente más la IA, ofrece una herramienta de gran utilidad al instante de realizar la gestión y el control de los sistemas distribuidos. La tecnología de agente permite tomar decisiones automáticas y comunicar las preferencias (observar la **Figura 28**), negociar las sub-tareas y coordinar las intenciones con el objetivo de obtener tanto éxito particular por parte del agente como el general por parte del sistema (Álvarez, 2011).

En (Venturini, 2012) se enuncia varias definiciones sobre los agentes, en donde una de ellas es definida como *“entidades interactivas y autónomas que poseen un objetivo y mecanismo para la toma de decisiones, son entidades que perciben y actúan sobre un entorno”*.

Mientras que en (Glavic, 2006), define que "Un agente es todo lo que se puede ver como percibir su entorno a través de sensores y actuar sobre ese entorno a través de efectores".

Los agentes autónomos son sistemas computacionales que habitan en un entorno dinámico complejo, detectan y actúan de forma autónoma en este

²⁷ Fuente: tomado de (Los Santos Aransay, 2009).

entorno y al hacerlo realizan un conjunto de objetivos o tareas para los cuales están destinados.

Los agentes en si contiene las siguientes característica según como las enuncia (Venturini, 2012) y en (Tapia Martínez, 2009):

- **Adaptables:** Tienen la habilidad de aprender y de mejorar a cada instante.
- **Autónomos:** toman decisiones en base a sus objetivos, sin interacción humana.
- **Colaborativos:** trabajan en grupos para conseguir un objetivo común.
- **Sociables o comunicativo:** pueden establecer comunicación con otros agentes.
- **Móviles:** poseen la habilidad de migrar a otra plataforma por decisión propia.
- **Reactivos:** actúan de acuerdo a las percepciones del entorno y deben reaccionar.
- **Temporalmente continuos:** porque mantienen su identidad y estado en largos periodos de tiempo.
- **Personalizados:** contienen atributos que muestran su comportamiento más humano.
- **Pro-activos:** deben cumplir sus propios objetivos, con iniciativa propia.

Además, los agentes se diseñan, construyen y comunican bajo los siguientes aspectos:

- **Ontología:** construye el glosario semántico de conceptos usados para los agentes para comunicarse.
- **Protocolo de comunicación:** define el lenguaje de comunicación entre agentes y el formato del mensaje.
- **Infraestructura de comunicación:** hace referencia a los canales de comunicación entre los agentes.
- **Protocolo de interacción:** describe las convenciones de interacción entre agentes.

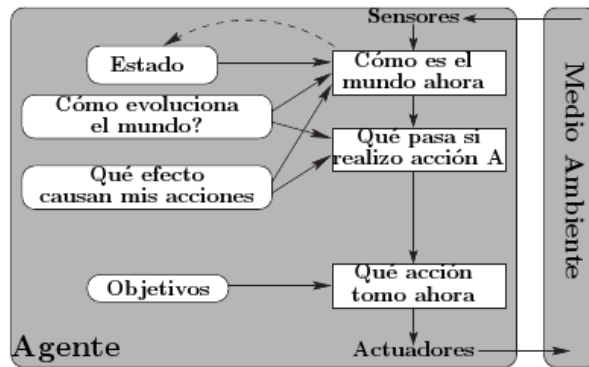


Figura 28 - Representación de un Sistema Agente²⁸.

2.2.14.2 Arquitectura de los agentes.

Según (Callejas Cuervo, Parada Prieto, & Alarcón Aldana, 2012), enuncia que una arquitectura se encarga de la división del sistema en módulos y la descripción de cada uno de ellos, para los casos que se basan en agentes, existen varias arquitecturas las cuales son:

- **Deliberativas:** Es la que emplea modelos de representación simbólica del conocimiento, basándose en la teoría clásica de la planificación. Estos agentes parten de un estado inicial y sigue un sistema de planificación que les conduce a alcanzar sus objetivos. (Álvarez, 2011).

Esta arquitectura contiene un modelo simbólico del mundo, en donde la toma de decisiones se la emplea mediante mecanismo de razonamiento lógico que se basan en la correspondencia de patrones y la manipulación simbólica para la búsqueda de los objetivos a cumplir de un agente.

Es muy importante realizar una buena descripción simbólica de la problemática, e integrarla en el agente con el fin que este pueda razonar y así llevar a cabo las tareas que se le ha encomendado en el tiempo establecido. Unas de las arquitecturas que es la más estudiada es la **arquitectura (BDI)** por sus siglas en ingles que significan: Creencia-Deseo-Intención. Siendo la **Creencia** seria toda la información que tomemos del ambiente, los **Deseos** representa los estados al cual el agente anhela alcanzar, y la **Intención** representa todos los deseos que el agente pretende llevar a cabo. Considerando que los agentes BDI

²⁸ Fuente: <http://cursa.ihmc.us/rid=1LNSMSXNV-1CY19RY-3F41/AgenteBasadoObjetivos.png>

tienen la capacidad de incorporar componentes capaces de integrarse con facilidad al mundo real.

- **Reactivas:** Se caracteriza por carecer de un modelo simbólico como elemento central de razonamiento y además no utiliza razonamiento simbólico complejo, en (Álvarez, 2011) hacer referencia sobre una arquitectura de subsunción en donde el autor que lo propone es (Brooks 1992). *Dicha arquitectura se basa en que su propia inteligencia es una propiedad que emerge de ciertos sistemas complejos y generar a partir de ello compartimientos inteligentes sin necesidad de construir un modelo simbólico.* Estas arquitecturas manejan jerarquías de tareas las cuales definen un comportamiento. Ellas suelen organizarse en jerarquías tipo capas que van de un nivel de abstracción inferior a uno superior.

Naturalmente estas arquitecturas se las aplica en los controladores robóticos, ya que en el entorno que se aplican estos dispositivos suelen ser cambiante, y los mismos deben tener la capacidad o estar capacitado para actuar en un entorno impredecible y sobre todo cambiante. Dado estos acontecimientos es muy complicado la adopción de la arquitectura deliberativa ya que por los diversos cambios provoca de esta arquitectura sea incapaz de dar una respuesta inmediatamente.

Al realizar la aplicación de este tipo de arquitectura en la robótica, se creara un agente real el cual se pueda palpar (físico), el cual es muy diferente a los agentes que solo existen dentro de un controlador al cual se lo conoce como un agente software.

La perspectiva reactiva es aquella que mantiene en ella la posibilidad de alcanzar el cumplimiento de los objetivos más complejos, en donde se basa únicamente en el conjunto de acciones simples los cuales son el instinto, módulos , controladores o comportamiento, en cambio la perspectiva deliberativa necesita tener como referencia un modelo interno del mundo en el cual va a razonar.(Álvarez, 2011)

- **Híbridas:** Dado al análisis de las arquitecturas anteriores se puede observar que ambas presentan limitaciones, y por ello nació la necesidad de realizar la combinación de los mejores aspectos de ellas. (Álvarez, 2011).

2.2.14.3 Sistemas Multi-Agentes (SMA).

El sistema multi-agente (SMA) se lo considera como el subcampo emergente de la Inteligencia Artificial (IA), que tiene como objetivo proporcionar los dos principios para la construcción de sistemas complejos que involucran múltiples agentes y mecanismos para la coordinación de los comportamientos de los agentes independientes. (Stone & Veloso, 2000)

Para la formación de un SMA es necesario conocer la conceptualización de un agente inteligente (AI), ya que la definición de un SMA es la misma que la de un AI con la diferencia que un SMA está conformado por más de un agente inteligente. De igual forma que los AI, la conceptualización de un SMA varían según el campo de investigación, en donde (Glavic, 2006) y (Stone & Veloso, 2000) define que *"Un sistema multi-agente es una red débilmente unida de entidades de resolución de problemas (agentes) que trabajan juntas para encontrar respuestas a problemas que están más allá de las capacidades individuales o el conocimiento de cada entidad (agente)"*.

Un SMA está directamente relacionado a un grupo de agentes autónomos que intenta resolver cualquier tipo de problema, en donde comparte los conocimientos que adquieren del mismo y sus respectivas soluciones. Por ende (Aguilar, Rios, Hidrobo, & Cerrada, 2012) comenta que *"un sistema multi-agente (SMA) está conformado por un grupo de agentes que interactúan entre sí, utilizando protocolos y lenguajes de comunicación de alto nivel, para resolver problemas que están más allá de las capacidades o del conocimiento de cada uno"*. Por ende enuncia las características de los SMA:

- Cada agente contiene la capacidad de solucionar parcialmente el problema.
- No existe un sistema global que los controle.
- Los datos no están centralizados.
- La computación es asíncrona.

En si los SMA hacen referencia a los problemas de diseño de la sociedad de agentes autónomos. En donde este sistema busca responder preguntas tan comunes como el: ¿Por qué y cómo cooperan los agentes?, el ¿Cómo los

agentes pueden reconocer y darle solución a los conflictos?, ¿Cómo los agentes pueden realizar un negocio, Etc.

Además los SMA se los puede relacionar de dos formas estructurales tales como las estructuras jerárquicas e igualitarias observar la **Figura 29**, según (Aguilar et al., 2012) enuncia las siguientes conceptualizaciones:

- **Estructuras Jerárquicas:** suponen que las relaciones de subordinación forman una estructura piramidal. Una estructura jerárquica con acoplamiento fijo es un sistema centralizado (tipo militar), que naturalmente se lo encuentra en los programas informáticos clásicos, expresándose como una llamada a un subprograma. Por otro lado, en el caso de un acoplamiento variable la estructura de subordinación generalmente produce una competición entre los componentes de bajo nivel, mientras que los de alto nivel se encargan de arbitrar esa competición.
- **Estructuras igualitarias:** un agente le puede pedir a cualquier otro agente realizar una tarea, y este último eventualmente puede negarse. Estas estructuras son más características de organizaciones en las cuales los agentes intervienen uniformemente en la decisión final. Cuando el acoplamiento es fijo los componentes actúan distributivamente de manera predefinida en la toma de decisión. Con un acoplamiento variable, esta estructura genera organizaciones basadas en modelos económicos en los que quienes presentan solicitudes y propuesta se organizan entre sí para encontrar un acoplamiento adecuado entre ellos. Mientras que un acoplamiento evolutivo puede seguir cualquiera de las estructuras la cual emerge de su misma dinámica.

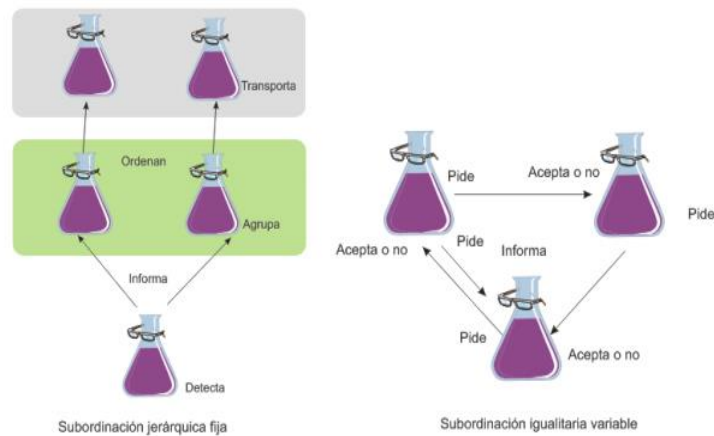


Figura 29 - Ejemplos de estructuras de subordinación²⁹.

(Stone & Veloso, 2000), hace o realiza una diferencia entre el agente único y múltiple los cuales se encuentran esquematizada en la **Figura 30** y **Figura 31**, en donde el agente único modela a sí mismo el entorno y sus interacciones, en si el agente único modela todas las entidades como un “yo” único. Mientras que los SMA difieren de los sistemas de agentes únicos en que en el existen varios agentes que modelan los objetivos y las acciones de los demás. En los SMA puede existir la interacción directa entre agentes, en donde dicha interacción podría verse como una estimulación ambiental.

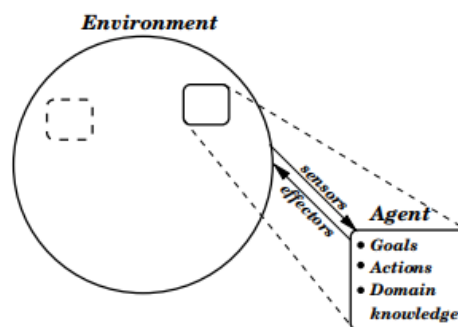


Figura 30 - Representación de un Agente Único³⁰.

²⁹ Fuente: Sacado de (Aguilar et al., 2012)

³⁰ Fuente: tomado de (Stone & Veloso, 2000)

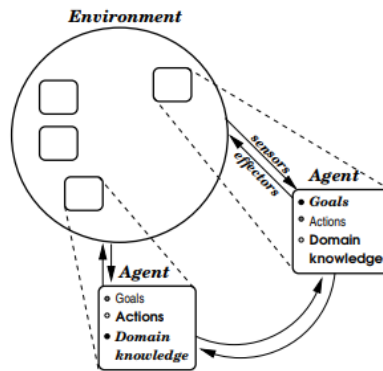


Figura 31 - Representación de un Agente Múltiple³¹.

En ambas figuras se muestra la gran diferencia entre un agente único y uno múltiple, en donde ambas están inmersas con el ambiente de donde van a sacar la información sus sensores y a su vez brindar alguna respuesta a dicha información mediante sus actuadores.

Para poder considerar un sistema domótico en un SMA debe tener en consideración los siguientes puntos.

- **Agentes en un sistema domótico:** en sí los agentes naturales que se encuentran inmersos en los sistemas domóticos son principalmente los electrodomésticos y los dispositivos para la administración de la casa que emplean recursos domésticos tal como la energía eléctrica, el agente podría ser cognitivo, y debe ser capaz de construir un modelo del entorno donde él se encuentra y así poder dotarse de conocimiento de dicha situación o puede ser simplemente reactivo.

Se puede considerar hasta cierto punto que los usuarios también pueden ser un agente del sistema, aunque en sí se lo debería considerar como un agente externo. El agente que siempre estará presente es el par de potencia y el limitador de potencia, y en cierto sentido, esto nos permite considerar el sistema de domótica como construido en torno al agente medidor de potencia / limitador de potencia (PM/PL). (Conte & Scaradozzi, 2003).

- **Estructura y configuración del sistema:** el agente PM/PL tiene la capacidad de detectar a otros agentes siempre y cuando estos estén

³¹ Fuente: tomado de (Stone & Veloso, 2000)

activos, además se pueden comunicar de acuerdo a las modalidades y protocolos específicos. Para la obtención de la estructura elemental del sistema, es necesario suponer que existen agentes que tienen la capacidad de recibir esta información. El sistema domótico que se describió en el párrafo anterior se representa mediante los nodos *WESA*, los cuales se comunican a través de las líneas eléctricas, por lo cual se puede decir que además del agente PM/PL, debe estar presente un agente cognitivo y este pueda reconocer la información del agente PM/PL. De esta forma, se tendría una estructura primaria en el sistema domótico, y una vez que este se ha establecido, se deriva la actividad básica relativa de configuración del sistema para el agente cognitivo general, y así establecer un enlace de comunicación pasivo con el agente PM/PL mediante la recepción y reconocimiento de la información que está enviando. (Conte & Scaradozzi, 2003).

Al analizar de forma general el SMA, se puede suponer que entre los agentes que forma un sistema domótico, pueda existir al menos uno que tenga la capacidad de controlar de forma directa el comportamiento de los otros agentes. Debido a que los dispositivos pueden ser agregados o desconectados por los usuarios se consideraría imposible diseñar un sistema centralizado.

2.2.15 Microcontroladores.

Desde el desarrollo y dimensión de los semiconductores y el gran desarrollo que ha presentado la tecnología digital, ha dado lugar la creación de dispositivos complejos y mucho más rápidos siendo así la aparición de los microprocesadores y microcontroladores. En si los microcontroladores los podemos encontrar en nuestro diario vivir ya sea en el lugar de trabajo o en nuestras viviendas, ya que estos tienen la capacidad de controlar todo instrumento electrónico que contenga en sí mismo algún grado de automatización. Dado esta pequeña introducción se puede decir empíricamente que un microcontrolador es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de realizar el control y su forma simbólica se la representa en la **Figura 32**. Su nombre completo es PIC micro (Controlador de Interfaz Periférico).

(Palma & Sangopanta, 2011), enuncia que *un micro controlador es un circuito integrado que contiene toda una estructura de un microcomputador, o sea CPU (Unidad Central de Programación), RAM (memoria de Acceso Aleatorio), ROM (Memoria de Solo Lectura) y circuitos de entrada y salida.* En si existen microcontroladores que poseen convertidores análogos digitales, temporizadores, contadores y sobre todo un sistema que le permita la comunicación en serie y paralelo.

Se debe de considerar que el único límite que tiene un microprocesador es la imaginación humana, en otras palabras no tiene límites ya que con ellos se puede crear un sin número de aplicaciones tales como el control de temperaturas, control de luces, de motores, alarmas, adquisición de datos los cuales son emitidos por sensores entre muchas más aplicaciones.

En general es común que se produzca una confusión al instante de la conceptualización de un microcontrolador y un microprocesador; por ende se debe tener en cuenta que un microcontrolador es el sistema completo mientras que el microprocesador es un componente importante que conforma el microprocesador.

En (Palma & Sangopanta, 2011), realiza el análisis de la arquitectura interna de un microcontrolador por lo cual se detalla lo más importante de el a continuación:

- **Procesador:** es la que se encarga del procesamiento de todas las instrucciones.
- **Memoria del programa:** el microcontrolador se diseña de tal forma que su memoria de programa tenga la capacidad de almacenar todas las instrucciones de programa de control de forma permanente. Los tipos de memorias adecuados que puede soportar todas estas funciones son:
 - **ROM con máscara:** se graba mediante el uso de máscaras. Sólo es recomendable para series muy grandes debido a su elevado coste.
 - **EPROM:** se graba eléctricamente con un programador controlador por un PC. Disponen de una ventana en la parte superior para someterla a luz ultravioleta, lo que permite su borrado. Puede usarse en fase de diseño, aunque su coste unitario es elevado.

- **EEPROM:** también se graba eléctricamente, pero su borrado es mucho más sencillo, ya que también es eléctrico. No se pueden conseguir grandes capacidades y su tiempo de escritura y su consumo es elevado.
 - **FLASH:** se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero suelen tener una mayor capacidad en relación a estas últimas.
- **Memoria de datos:** todos los datos que manejan los programas tienden a tener variaciones continuas, y por ende se exige que la memoria que contiene todos estos datos sean de lectura y escritura, siendo la más útil la memoria RAM estática (SRAM), aunque existen microcontroladores que en ellos llevan una memoria de lectura y de escritura no volátil de tipo EEPROM, con el fin que si existe algún corte de energía no se pierda la información y la misma está disponible al reiniciar el programa.
- **Líneas de entrada y salida (E/S):** En existen dos entradas que son destinadas para recibir la alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, las restantes patitas de un micro controlador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla.

En la siguiente figura se podrá observar que las líneas de E/S se adaptan a los periféricos que manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de Puertas. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el I2C, el USB, RS232.

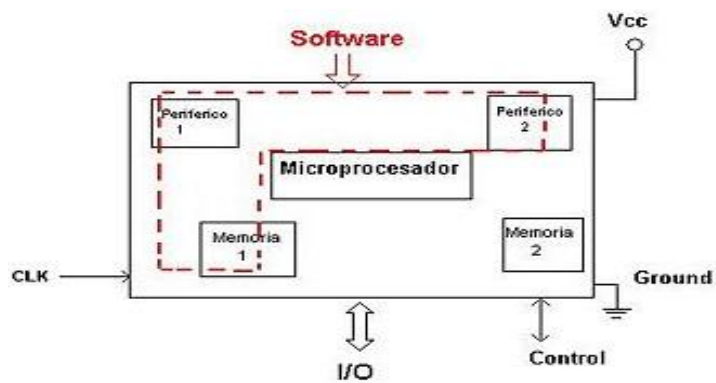


Figura 32 - Esquema de un microcontrolador³².

En la **Tabla 1** (Palma & Sangopanta, 2011) hace énfasis en los PICs más utilizados en donde el realiza una pequeña comparación entre dos de ellos.

Características de los PIC	PIC16F873	PIC 16F84
Frecuencia de Operación	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR, WDT (PWRT, OST)	POR, WDT (PWRT, OST)
Memoria de Programa FLASH (14-bit words)	4K	1K
Memoria de Datos (bytes)	192	68
Memoria de Datos EEPROM	126	64
Interrupciones	13	4
Puertos I/O	Puertos A(6),B(8),C(8)	Puertos A(5),B(8)
Timers	3	-----
Módulos de Comparación y de Captura	2	-----
Comunicaciones Serie	MSSP, USART	-----
Módulo de Análogo a Digital 10-bit	5 canales de entrada	-----
Instrucciones	35 instrucciones	35 instrucciones

Tabla 1 - Característica de los PICs³³.

³² Fuente: <http://microcontroladores-e.galeon.com/>

³³ Fuente: sacado de (Palma & Sangopanta, 2011).

CAPÍTULO III

3.1 Caracterización del Caso de estudio.

En este capítulo se realizara un análisis arquitectónico de la edificación, en el cual se basara en la revisión de los planos del mismo para así poder identificar la distribución de estos espacios (oficinas y aulas de clases), y el comportamiento energético en la edificación.

3.2 Caracterización de la edificación.

La Universidad Técnica de Manabí se encuentra en la capital manabita entre la Av. José María Urbina y Che Guevara, en la **Figura 33** se muestra el objeto de estudio expuesto (edificio de docente número 3), que se encuentra en las coordenadas $1^{\circ} 2'42.33''S$ $80^{\circ}27'16.26''O$ frente a la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación.



Figura 33 - Ubicación Geográfica del edificio³⁴.

³⁴ Fuente: Tomado de Google Earth.

El edificio de “Docentes Número 3” se encuentra ubicado dentro de los predios de la Universidad Técnica de Manabí (Campus Portoviejo) y su horario de funcionamiento es desde las 7:00 de la mañana hasta las 18:00 horas aproximadamente. El edificio consta de 3 plantas en la cual cada una de estas consta de 10 salones de (4,80x3,65) m aproximadamente y de 2 baños, estos salones son utilizados en su gran mayoría como oficinas tanto para docentes, secretarias, decanato y vicedecanato y para organismos públicos, en total seria 6 baños y 30 salones en donde 9 son utilizadas para actividades de docencia (Aulas de clases), mientras 21 como oficinas del personal docente.



Figura 34 - Representación en 2D de la Oficina docente # 20³⁵.

³⁵ Fuente: Autor.



Figura 35 - Representación en 3D de la Oficina docente # 20³⁶.

La **Figura 34** y **Figura 35** representa a las oficinas ocupadas por docentes de la carrera de electricidad.

El edificio de docente N°3 consta de 3 plantas las cuales están distribuidas de la siguiente forma:

Primera planta:

- 2 oficinas de la *Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación* (Senescyt)
- 4 aulas de clases
- 3 oficinas para docentes
- 1 oficina para uso común (Capacitaciones por entidades públicas)
- 2 baños

Segunda planta:

- Decanato de la facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas
- Vicedecanato de la Carrera de Electricidad
- Vicedecanato de la Carrera de Mecánica
- Vicedecanato de Ingeniería Civil
- Vicedecanato de Ingeniería Química
- Vicedecanato de Ingeniería Industrial
- Secretarías de Decanato y Vicedecanatos
- 4 oficinas para docentes
- 2 baños

³⁶ Fuente: Autor.

Tercera planta:

- 5 oficinas para docentes
- 5 aulas de clases
- 2 baños

Considerando que el objetivo principal es lograr el ahorro energético, confort y la seguridad de la edificación, es necesario el estudio y ubicación de los elementos en la edificación ya sea la parte interna como externa.

En una instalación domótica se debe de tomar con consideración las diferentes características al instante de su diseño, las cuales se deben de ajustar a los requerimientos del usuario y a sus necesidades, que en esta ocasión serían las autoridades, docentes, personal administrativo y los estudiantes que se sirven de estas instalaciones.

3.3 Análisis del diseño arquitectónico de la edificación.

Descripción de la primera planta (planta baja).

Aula 1, Aula 2, Aula3, Aula4: Es una estancia académica de 25 m², va a instalarse un sistema audiovisual para la facilidad de enseñanza a los alumnos, el cual será manejado de forma inteligente desde un control remoto o del sistema central, la gestión de iluminación estará a cargo de detectores de movimiento, y detectores de humo brindarán la seguridad en cuanto a riesgo de incendios. Cada espacio dispone de 4 lámparas de 32W y 7 tomacorrientes de 120 V.

Oficina 1, Oficina 2, Oficina 3, Oficina 4, Oficina 5, Oficina 6: Es una estancia académica de 25 m², son ocupadas por empleados de la Senescyt y otras entidades públicas. Cabe mencionar que todos los espacios será manejado de forma inteligente desde un control remoto o del sistema central, la gestión de iluminación estará a cargo de detectores de movimiento, y detectores de humo brindarán la seguridad en cuanto a riesgo de incendios y el sensor de temperatura jugara un excelente rol ante el correcto manejo y control de la climatización. Cada espacio dispone de 4 lámparas de 32W y 7 tomacorrientes de 120 V, 1 tomacorriente de 220 V y 1 aire acondicionado de 12000 BTU.

Baños: Se ha contemplado la ubicación de baterías sanitarias, los mismos que se encuentran ubicados junto a la escalera, consta de un área total aproximada de 26 m² el baño de hombres y lo mismo el de las mujeres.

La gestión de la iluminación estará a cargo de detectores de movimiento, instalados adecuadamente y sensores de agua para controlar posibles fugas, este espacio dispondrá de un total de 4 lámparas fluorescentes de 32 W, en el baño de mujeres y así mismo en el baño de hombres, 4 tomacorrientes de 120 V en cada uno.

Descripción de la segunda planta

Vicedecanatos: Igual que las aulas de la primera planta, esta también consta con un área de 25 m² cada una. Los vicedecanos son los que se encargan de realizar todo tipo de trámite legal y ayuda a los estudiantes.

Se contemplará para el ingreso un control de acceso inteligente, detectores de movimiento para el control automático o remoto de la iluminación, detectores de humo para seguridad en caso de incendios, control de persianas y monitorización mediante cámaras, y el sensor de temperatura nos brindara una mejor gestión de la climatización.

Para iluminación dispondrá de un total de 4 lámparas fluorescentes de 32W, 7 tomacorrientes de 120 V, 1 tomacorriente de 220 V y 1 aire acondicionado de 12000 BTU, en cada una.

Decanato. Como representante de la Facultad De Ciencias Matemáticas Física Y Química, es el encargado de realizar de forma responsables coordinar, evaluar, supervisar todas las labores administrativas de la facultad.

Se colocará un dispositivo para el control de acceso a la oficina, detectores de movimiento en todas las dependencias para el control automático o remoto de la iluminación, detectores de humo para seguridad en caso de incendios, control de persianas y monitorización mediante cámaras, el sensor de temperatura es el encargado de la gestión y optimización de los aires acondicionados.

Para iluminación dispondrá de un total de 4 lámparas fluorescentes de 32W, 7 tomacorrientes de 120 V en total, 1 tomacorriente de 220 V y 1 aire acondicionado de 18000 BTU.

Oficinas. Son destinadas a los docentes de las diferentes carreras de esta prestigiosa facultad, de igual forma el espacio con el que cuentan estas oficinas son las mismas que las de la planta baja, la gestión de iluminación estará a cargo de detectores de movimiento, y detectores de humo brindarán la seguridad en cuanto a riesgo de incendios, y el sensor de temperatura nos brindara una mejor gestión de la climatización la cual también puede ser controlado por un ordenador central.

Cada espacio dispone de 12 lámparas de 32W y 7 tomacorrientes de 120 V, 1 tomacorriente de 220 V y 1 aire acondicionado de 12000 BTU, en cada una.

Cabe acatar que los baños de esta planta son de las mismas dimensiones y elementos que la de la primera y tercera planta.

Descripción de la tercera planta.

Aula 1, Aula 2, Aula3, Aula4, Aula 5. Es una estancia académica de 25 m², va a instalarse un sistema audiovisual para la facilidad de enseñanza a los alumnos, el cual será manejado de forma inteligente desde un control remoto o del sistema central, la gestión de iluminación estará a cargo de detectores de movimiento, y detectores de humo brindarán la seguridad en cuanto a riesgo de incendios.

Cada espacio dispone de 4 lámparas de 32W y 7 tomacorrientes de 120 V.

Oficina 1, Oficina 2, Oficina 3, Oficina 4, Oficina 5. Contienen las mismas dimensiones y elementos que las plantas antes mencionadas. La gestión de iluminación estará a cargo de detectores de movimiento, y detectores de humo brindarán la seguridad en cuanto a riesgo de incendios.

Cada espacio dispone de 4 lámparas de 32W y 7 tomacorrientes de 120 V.

En el **Anexo 2** se podrá visualizar los planos arquitectónicos del edificio docente número 3.

3.4 Análisis eléctrico de la edificación.

El edificio de docentes a tiempo completo N°3 se encuentra alimentado por un transformador trifásico tipo padmounted con una capacidad de 75 kVA (referirse a la **Figura 36**) y por una microcentral fotovoltaica sé que encuentra en el techo de la edificación (ver la **Figura 37**).



Figura 36 - Transformador de 75kVA tipo padmounted³⁷.



Figura 37 - Micro central fotovoltaica del edificio docente N° 3³⁸.

La microcentral fotovoltaica está conformada por 18 módulos de silicio de 190 Wp con una potencia nominal de 3,4 kWp. Para su conversión de energía tiene implementado un inversor SUNNY BOY 3000 SMA de 3,4 kWp.

³⁷ Fuente: Autor.

³⁸ Fuente: Autor.

Para realizar las mediciones de la tensión, corriente, potencias y el factor de potencia entre otras, fue necesario la implementación de un analizador de la calidad de energía (PQ-Box 100) el cual realizó sus mediciones desde el 05 al 24 de octubre del 2017, en donde el intervalo de medición fue de cada 10 minutos. Los analizadores de calidad de energía fueron instalados en el tablero general del edificio (saliente del transformador) y en la salida del inversor de la micro central fotovoltaica.

3.4.1 Análisis de las corrientes y tensiones por fases.

En la **Figura 38** se puede visualizar el comportamiento de las corrientes por fases, en donde por simple inspección se puede determinar que el sistema se encuentra totalmente desequilibrado. Este desequilibrio es causado por una mala distribución de las cargas internas en este edificio y por ende el mismo produciría un desgaste en los devanados de la fase que se encuentre con un desequilibrio mayor. En la **Tabla 2** se detallan de forma cuantitativa los valores mínimo, medios y máximos de la circulación de la corriente en cada uno de las líneas, en donde la línea de la fase N°3 es la que presenta un mayor desequilibrio; las anomalías presentadas en cada una de las líneas de este sistema son muy preocupantes ya que la línea neutro además de transportar una corriente peligrosa produce pérdidas considerables.

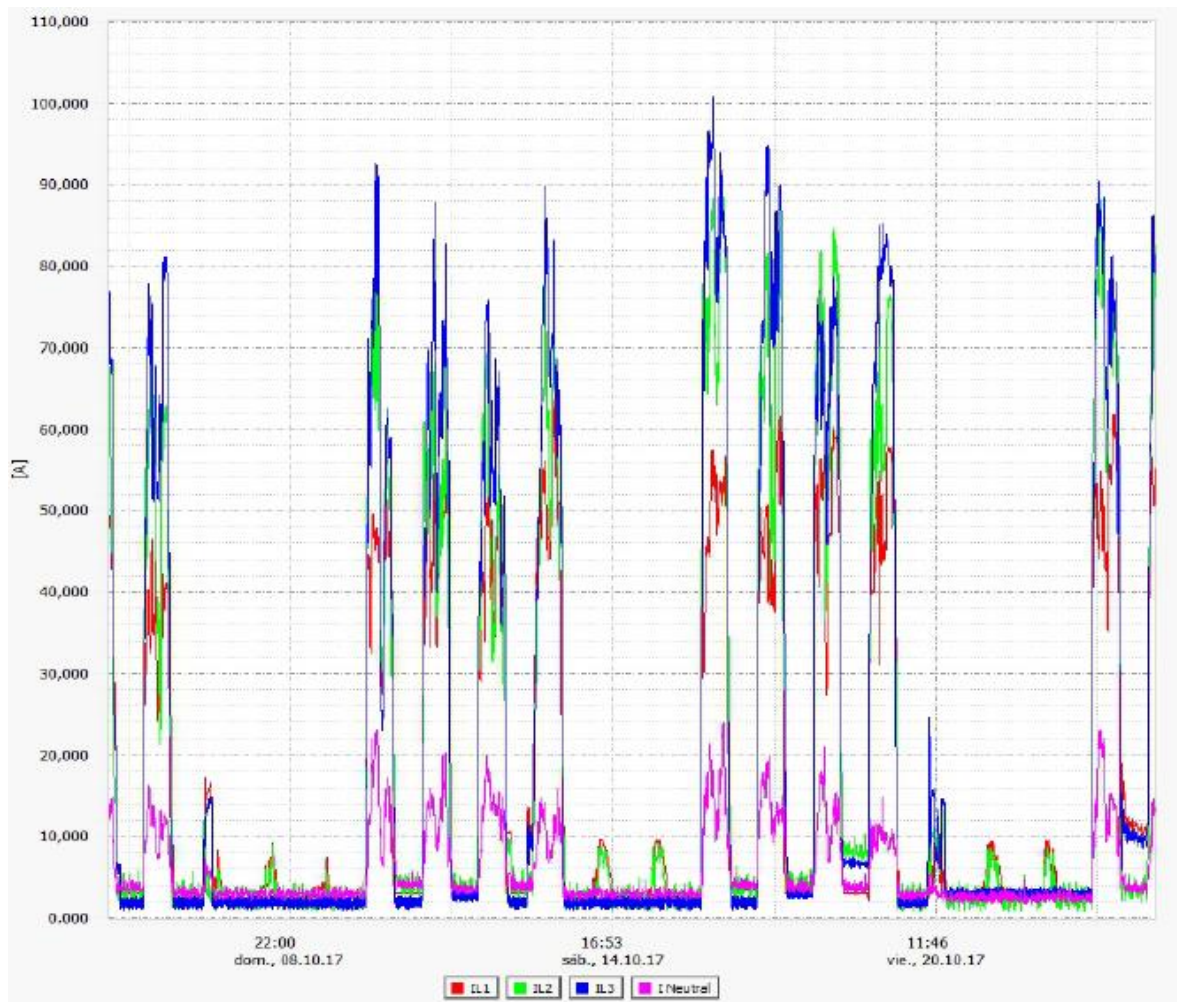


Figura 38 - Análisis del comportamiento de las corrientes de la edificación³⁹.

Tabla 2 - Valores interpretativos de las corrientes⁴⁰.

Detalles	Mínima	Media	Máximo
IL1	2,177 A	15,426 A	63,513 A
IL2	0,792 A	18,618 A	91,505 A
IL3	1,039 A	20,145 A	100,745 A
IL Neutral	1,780 A	5,730 A	23,912 A

En función a las tensiones del sistema en la **Figura 39** se muestra el comportamiento de cada una de las líneas, en donde se puede observar que existen variaciones de tensiones, considerando que dichas variaciones están ligadas a las diferentes anomalías que suceden dentro del transformador.

³⁹ Fuente: Autor.

⁴⁰ Fuente: Autor.

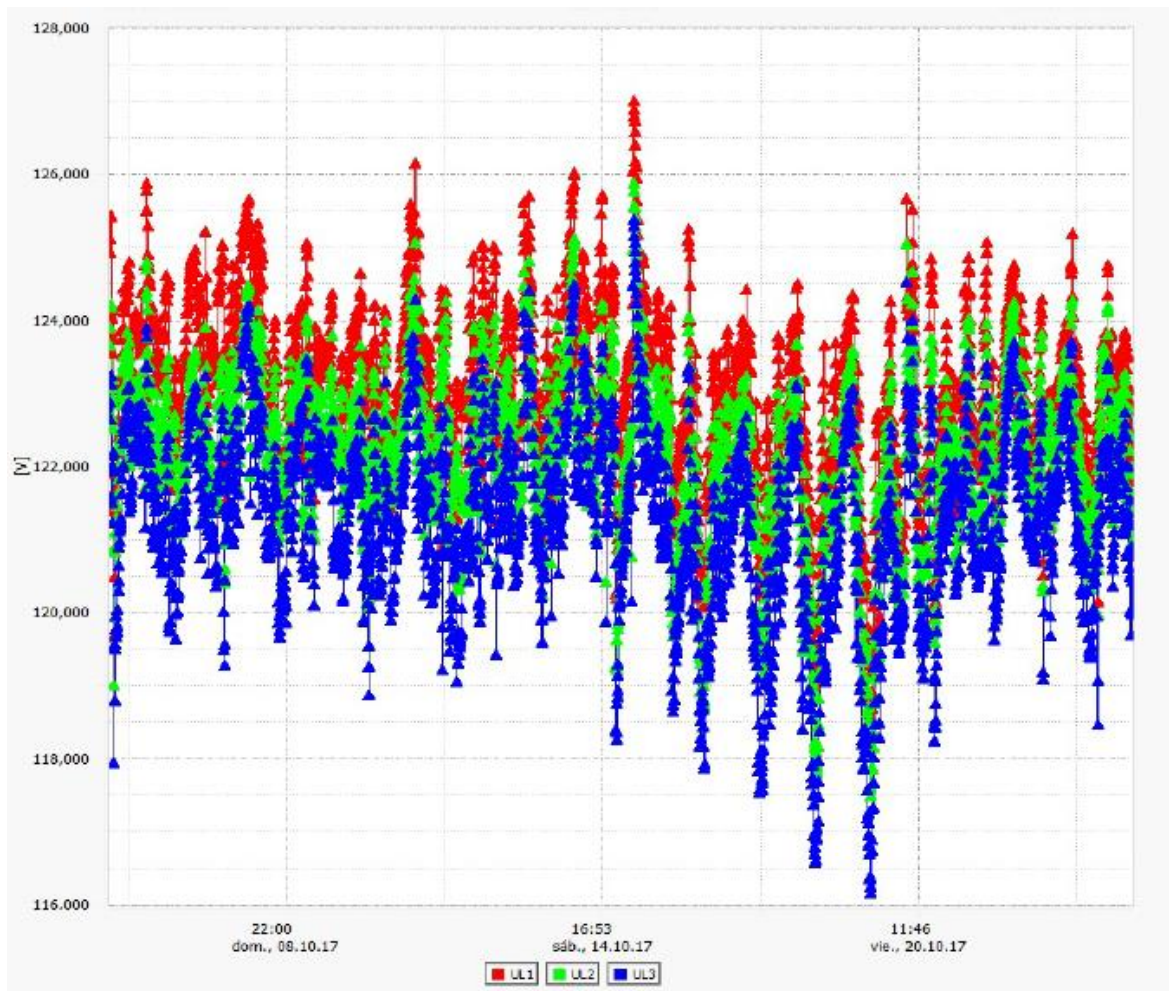


Figura 39 - Análisis del comportamiento de las tensiones de la edificación⁴¹.

En la **Tabla 3** se representa de manera cuantitativa los detalles de las tensiones de cada una de las líneas, ya sean mínima, medio y máximos.

Tabla 3 - Valores interpretativos de las corrientes ⁴²

Detalles	Mínima	Media	Máximo
VL1	118,334 V	123,054 V	127,006 V
VL2	117,499 V	122,166 V	125,882 V
VL3	11,161 V	121,322 V	125,388 V

3.4.2 Análisis de las potencias de la edificación.

Una vez obtenida la información de los analizadores de la calidad de energía se procede a la realización del análisis de la potencia activa (P) y aparente (S), en

⁴¹ Fuente: Autor.

⁴² Fuente: Autor.

donde se pudo observar que el transformador ubicado para la alimentación de esta edificación se encuentra sobre dimensionado en relación a la carga requerida, ya que la carga presentada en el edificio no supera ni la tercera parte de la potencia de este transformador, en la **Figura 40** se puede visualizar el comportamiento de las potencias tanto activa, reactiva y aparente ya sea en los días laborables como no laborables, en donde se pudo observar que la potencia reactiva (Q) tiende a incrementar en las noche o los fines de semana mientras de P y S tiende a disminuir, y todo esto es debido al sobredimensionamiento del transformador. Se debe considerar que el analizador de calidad de energía no determina si las cargas instaladas en el edificio son capacitivas o inductivas.

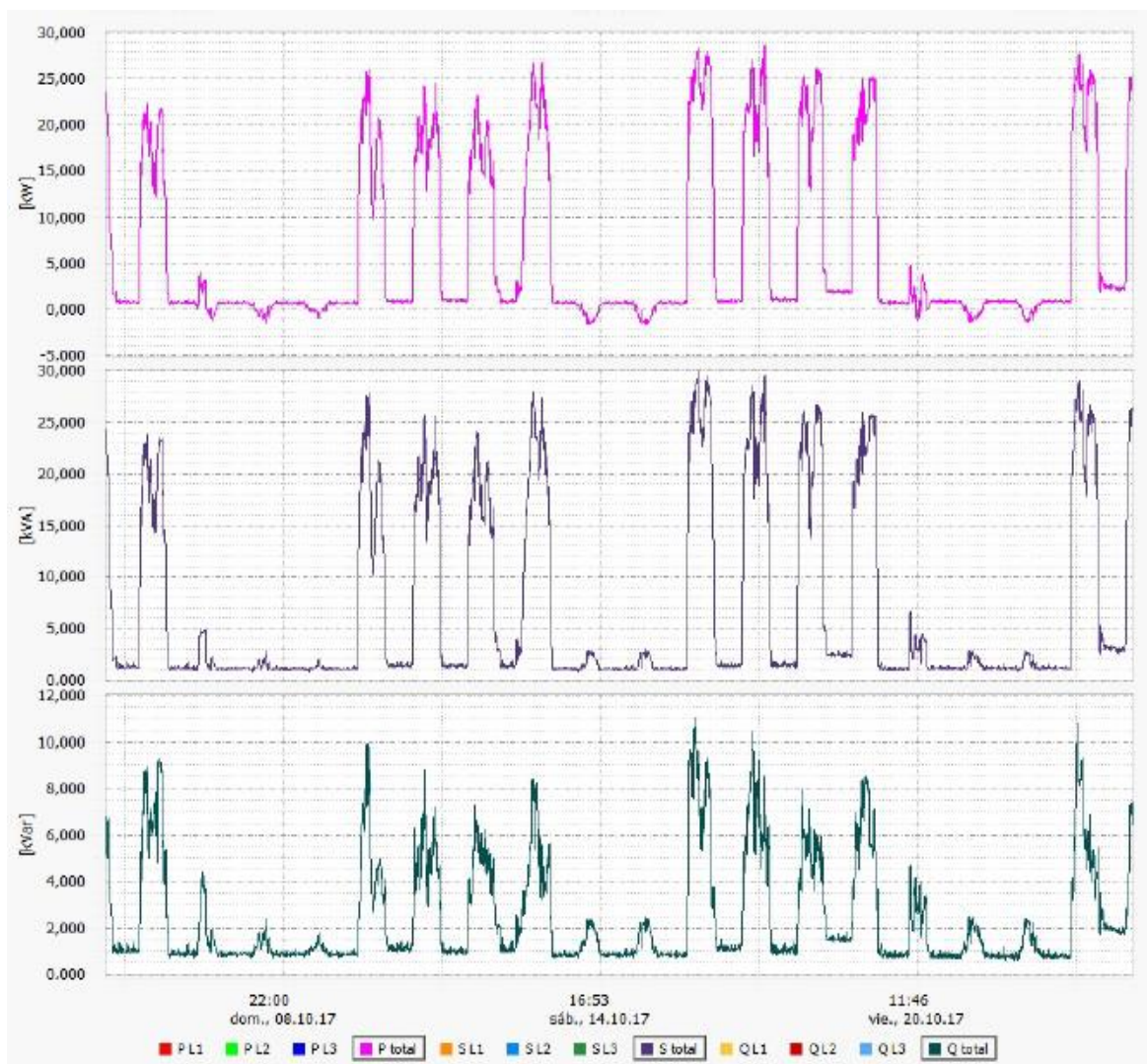


Figura 40 - Comportamiento de las potencias en la edificación⁴³.

⁴³ Fuente: Autor.

3.4.3 Análisis del Factor de Potencia (FP).

El análisis del factor de potencia es una de las terminologías más importantes que se deben tener en consideración dentro de una industria o empresa, ya que si este tiende a disminuir el valor que se encuentra normalizado en cualquier parte del mundo, esta será penalizada mediante una sanción que va desde el pago de alguna remuneración o la suspensión del servicio eléctrico. En el Ecuador como en otros países el mínimo del factor de potencia permitido es del 0,92 y se encuentra normalizado por la (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018), en la **Figura 41** se puede visualizar que el FP decrece en relación a la potencia activa hasta el punto de que su promedio se encuentra alrededor de un 0,63, debido a la pequeña carga conectada en las noches; se debe considerar que el FP negativo que se refleja en los fines de semana es causado netamente por la generación fotovoltaica, ya que esta fuente es fija y siempre estará generando energía eléctrica y a su vez potencia reactiva, por ende la energía no consumida por la carga de este edificio es inyectada directamente a la red; también se puede observar que existe la presencia de una potencia negativa y esta es producida por la diferencia entre la potencia activa de la red y la de la microcentral fotovoltaica, para medir dicha variación es necesario la utilización del analizador de red, aclarando que este analizador tiene la capacidad de censar en las dos direcciones y es por tal motivo que cuando la energía producida por los paneles no es consumida totalmente por la carga, su excedente es inyectado a la red y esa pequeña variación es la causante de nuestro FP negativo.

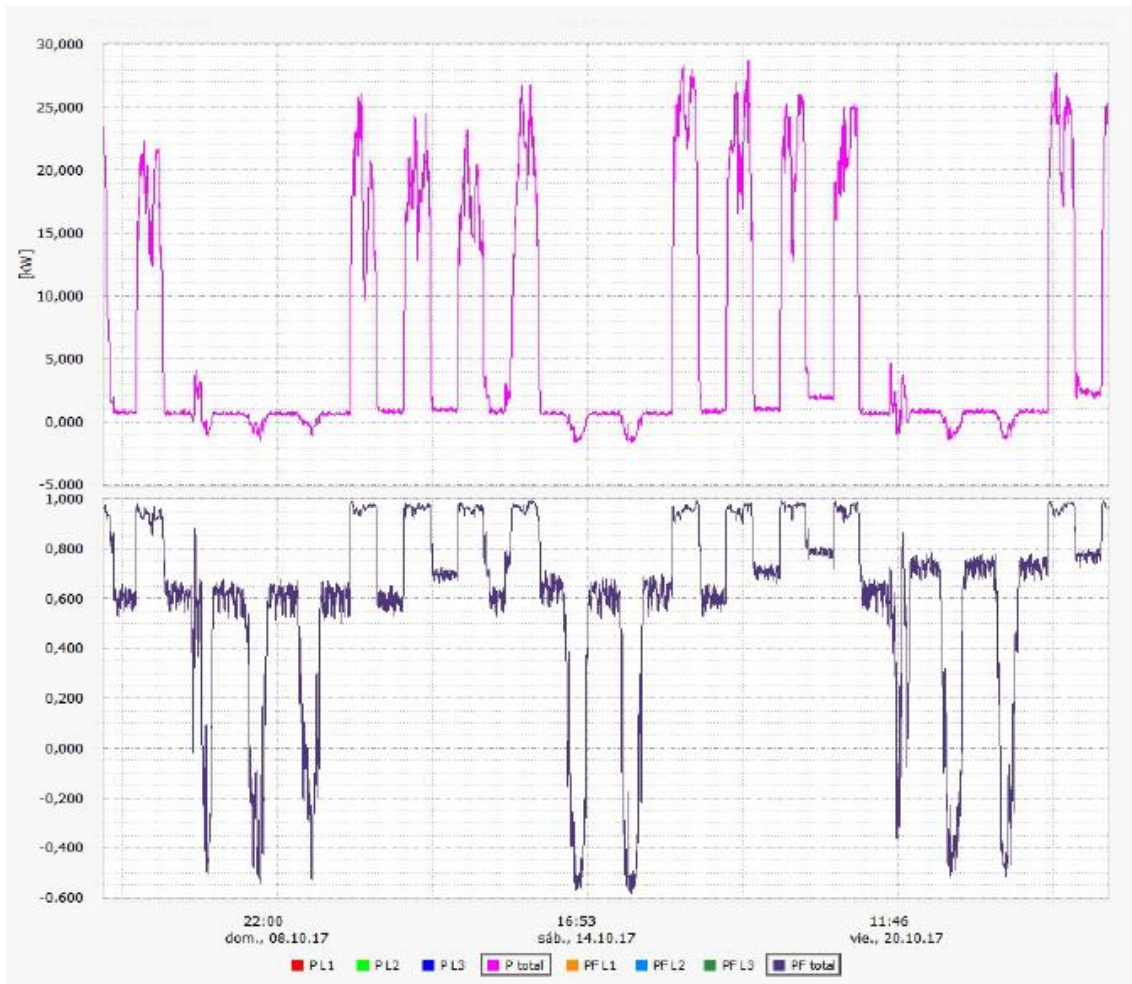


Figura 41 - Comportamiento del FP en función a la Potencia Activa⁴⁴.

3.4.4 Análisis de la Energía Consumida de la Red y Producción Micro-central fotovoltaica.

El edificio docente en la actualidad presenta dos fuentes de alimentación en donde la principal es la alimentación tomada de la red y la microcentral fotovoltaica es un aporte a esta edificación y así contribuir a la disminución de quema de combustible. En la **Figura 42** se representa el consumo energético ya sea en el día o noche.

⁴⁴ Fuente: Autor.

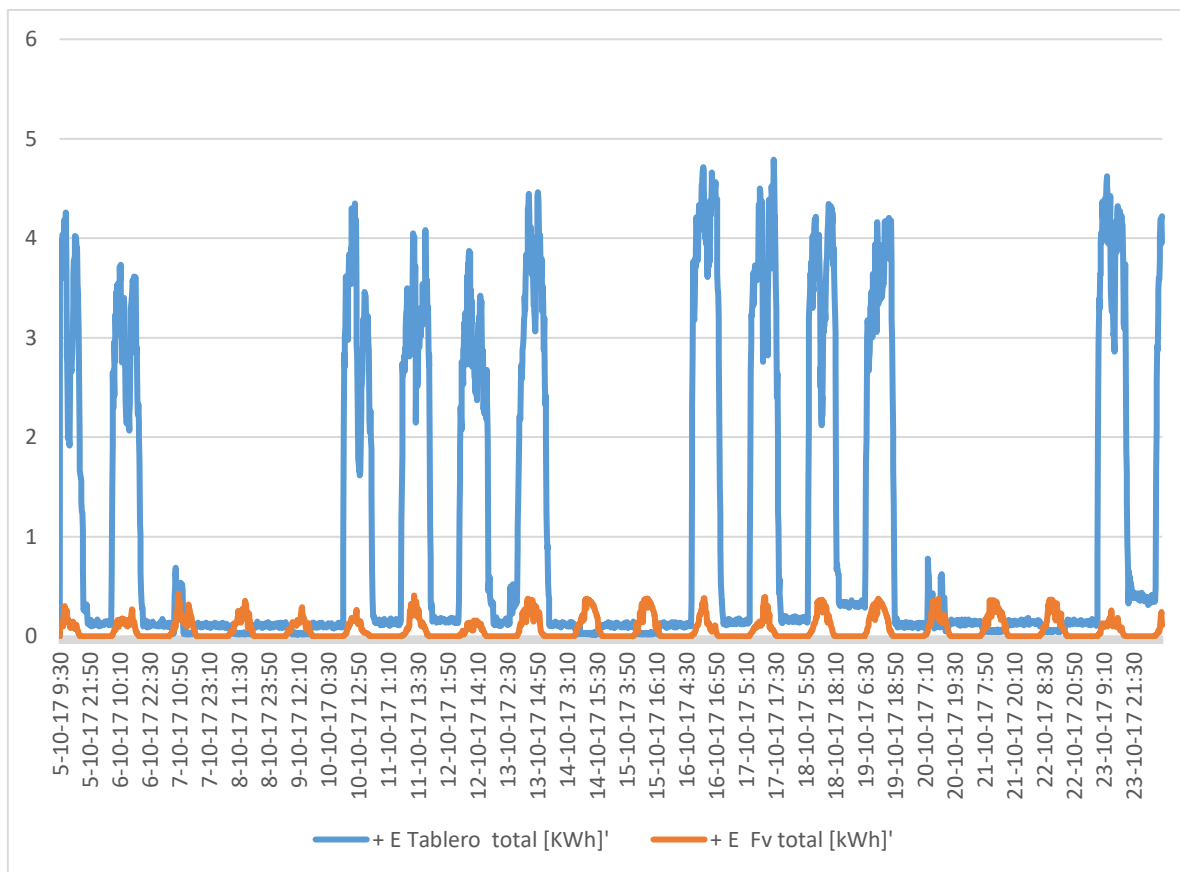


Figura 42 - Consumo energético del edificio docente⁴⁵.

En la **Tabla 4** se representa de manera cuantitativa los valores mínimo, medio y máximo de la energía que esta edificación toma tanto de la red como también de los paneles solares.

Tabla 4 - Consumo energético presente en el edificio docente⁴⁶.

Detalles	Mínima	Media	Máximo
Energía total tomada de la red (kWh)	0,016	1,02	4,8
Energía total tomada de los paneles (kWh)	0	0,068	0,427

⁴⁵ Fuente: Creado por el Ing. Ney Balderramo.

⁴⁶ Fuente: Autor.

CAPÍTULO IV

4.1 Diseño del sistema domótico.

4.2 Sistema Domótico a utilizar.

Una vez analizado los componentes del capítulo anterior se puede determinar que el protocolo encargado de controlar y regular los dispositivos que se encuentran dentro de esta edificación ya sean que éstos contengan diferentes aplicaciones, pero en si los mismos buscan brindar el objetivo principal de la domótica los cuales son el confort, seguridad, gestión energética y la comunicación.

Debido a que el edificio docente N°3 ya se encuentra construido no se puede aplicar la utilización de protocolos domóticos que como esencia de alimentación o comunicación usen cables de datos (conexiones alámbricas), ya que en la edificación no es posible realizar modificaciones en la distribución eléctrica del edificio y además unos de los pilares para la elección del protocolo a utilizar además del medio físico es analizar las ventajas y desventajas que cada uno de ellos posee; dicho análisis de cada uno de los protocolos fue revisado en el punto **2.2.12**. El protocolo Z-Wave además de brindar muchas ventajas es muy fácil de utilizar su página Web; al ser su tipología tipo malla los dispositivos funcionan como repetidores con un rango máximo de 100 metros, esa es una de las mayores ventajas que presenta este protocolo ya que los otros sistema inalámbrico si presentan interferencia al instante que los elementos se encuentran lejos de su eje central, y el X-10 al funcionar con el tendido eléctrico de la edificación también presenta muchas interferencias al instante su funcionamiento.

En este análisis de proyección domótica se consideró la utilización del protocolo de comunicación Z-Wave. Este protocolo inalámbrico es utilizado ampliamente en la domótica, los dispositivos Z-Wave naturalmente son elaborados por un consorcio de fabricantes conocidos como *Z-Wave Alliance*.

El sistema Z-Wave trabaja con una topología tipo malla (ver la **Figura 43**), el cual le permite extender el tamaño de la red según como estén ubicados sus dispositivos o repetidores, cabe recalcar que se deben establecer caminos entre los nodos para evitar puntos muertos de radio frecuencia y optimizar la velocidad de la red.

Este sistema transmite a una frecuencia 908.42 MHz y encriptación AES-128, cada red puede incluir hasta 232 nodos, el alcance medio de comunicación entre dos nodos es de aproximadamente 40 m o 120 pies (en línea directa de vista), pero también tiene la capacidad de que la señal salte de un elemento a otro en diferentes direcciones (hasta por cuatro ocasiones) hasta alcanzar un máximo de 200 metros o 600 pies, cabe mencionar que mientras más dispositivos se instalen más poderosa o robusta se convertirá la red. Y sobre todo al ser diferente a la transmisión de internet inalámbrico (WiFi - 2.4GHz) evita interferencias causadas por este canal Para prever la seguridad de la red doméstica.

Z-Wave tiene la capacidad de agregar cualquier dispositivo electrónico del hogar, e incluso aquellos electrodomésticos que no se lo considera como inteligente, y así puede unificar todos los electrodomésticos del hogar u oficina en una red inalámbrica integrada.

Cualquier dispositivo Z-Wave tiende a conectarse a la red con facilidad y aquellos dispositivos que carecen de compatibilidad, pueden ser conectados con los accesorios Z-Wave e inmediatamente se integraran a la red.

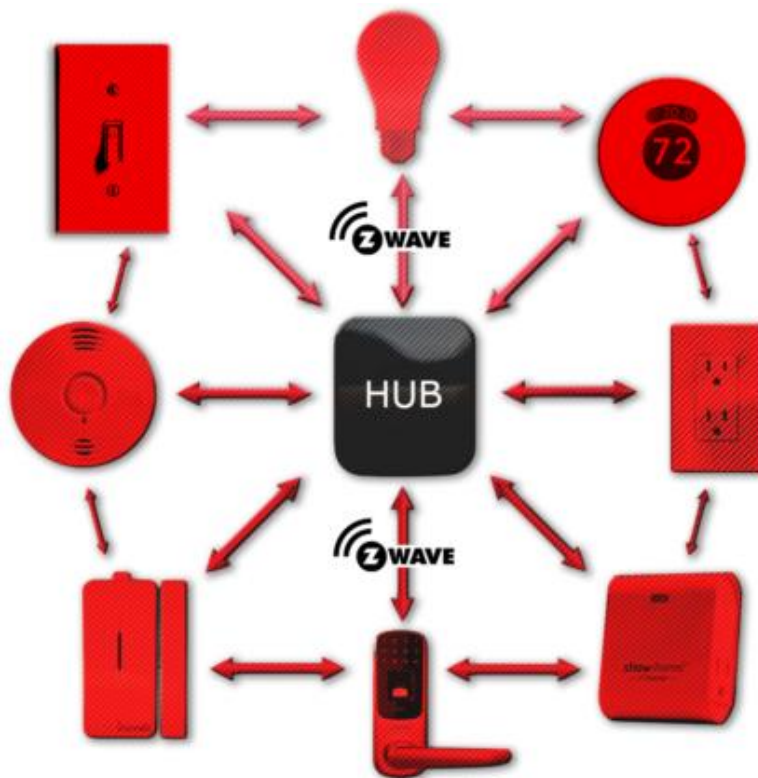


Figura 43 - Topología tipo malla del sistema Z-Wave⁴⁷.

Naturalmente el controlador domótico se debe de ubicar en una parte céntrica ya que este nodo es el más importante de la red Z-wave, este mismo controlador tiene la capacidad de conectarse a nuestra red principal y así llegar directamente al router y de ahí conectarse con el resto de los dispositivos, a continuación se detallará algunas de las ventajas de este sistema:

- Es un sistema descentralizado.
- Su instalación es muy sencilla.
- Es inalámbrica y por ende no necesita de cableado alguno.
- Es flexible.
- Su consumo es mínimo.
- Se conecta con todos los dispositivos electrónicos del hogar.
- Sus dispositivos se conectan fácilmente a la red.

⁴⁷ Fuente: <https://inovelli.com/que-es-automatizacion-del-hogar-z-wave/>

Para su gestión de control y monitoreo remoto de los dispositivos se utilizara el software **VERA** el cual es compatible con este sistema, ya que el mismo es muy amigable y muy didáctico para el usuario y de mucha facilidad de programación de sus dispositivos.

Una vez implementado este protocolo en la edificación de estudio, brindara un sinnúmero de funciones con el fin de brindar a sus usuarios de mayor confort, seguridad, y se lograra una mayor eficiencia energética. A continuación se hará referencia de algunas de las funciones que realizara esta edificación:

- El ingreso a las oficinas y aulas de clases se lo realizara mediante códigos de seguridad.
- Un mayor control del sistema de iluminación.
- La detección de fugas de aguas y por ende el corte del suministro de agua mediante electroválvulas.
- Monitoreo externo de la edificación mediante la ubicación de las cámaras de seguridad en puntos estratégicos.
- Gestionar el control de la edificación mediante herramientas informáticas.
- Sistemas de alarmas de emergencia que se activaran mediante sensores de presencia, de humedad y de humo.

4.3 Ubicación de los elementos domóticos.

Los sensores necesarios para la implementación de este sistema se encuentran ubicados en la oficina, baños, y pasillos de esta edificación. Por lo cual a continuación se realiza un breve análisis.

- **Multi-sensor o sensor 6-1:** Este sensor tiene la capacidad de cumplir múltiples tareas, ya sea en detectar una presencia o detectar los cambios de temperaturas, naturalmente se encuentran instalado en el techo a una distancia de alrededor de 2,00 m del suelo, para que este dispositivo realice sus funciones en un 100 por ciento debe ser colocado en un lugar que logre los 120 grados de cobertura.
- **Sensor magnético:** Este dispositivo se encarga de dar un grado más de seguridad, ya que se encuentra instalado en la puerta de ingreso.

- **Sensor de humo:** Este dispositivo se encuentra instalado en la parte céntrica del techo, con el fin de detectar el humo y gases que se concentran en la parte superior.
- **Sensor de humedad:** Dicho sensor se encuentra ubicado en lugares estratégicos en el cual se pueda presentar alguna fuga de agua, y así él pueda emitir una alerta de lo sucedido y cerrar el flujo de agua mediante electroválvulas.
- **Interruptores y tomas corrientes inteligentes:** Estos dos dispositivos de conectan de forma alámbrica a la red, en la cual sustituye a los tomacorrientes e interruptores convencionales, y son los responsable del control de la iluminación y los equipos electrónicos en ellos se conecten.
- **Actuadores:** Son los encargados de efectuar las acciones que son emitidas por los sensores, ellos se encuentran ubicados en los lugares estratégicos en los cuales se los requiere.
- **Controlador o cerebro de la red:** es el que se encarga de gestionar la red, y permite la interoperabilidad con otras tecnologías y además permite el manejo del sistema ya sea de manera local o remota, mediante la utilización de las interfaces que pueden ser la web o un celular inteligente.

Una vez ya instalado el sistema domótico en la edificación, este brindara al usuario el confort, seguridad, gestión energética y comunicación, a continuación se enunciará una reseña de cada uno de estos objetivos domóticos:

- **Confort:** Brindara al usuario mayor bienestar y comodidad, ya que tendrá un mayor control en:
 - La apertura, cierre y regulación de las persianas
 - En control de la iluminación (encendido, apagado y su regulación).
- **Seguridad:** Este es uno de los sistema más importante de la domótica y por ende este realiza las siguientes funciones:
 - El control del acceso inteligente a la edificación (manejo y ejecución).
 - Las alarmas de seguridad anti intrusos, fugas de agua y de incendios (manejo y ejecución).
 - Sistema de vigilancia de la edificación (manejo y ejecución).

- **Gestión energética:** Esta permite el manejo de una forma más eficiente y optimiza el consumo energético que se presenta en la edificación, y así contribuir de una forma considerable al cuidado del medio ambiente y a su vez reducir los costos de consumo de energía eléctrica. Esto se lo lograra controlando de una manera más eficiente la iluminación y el flujo de energía eléctrica que es consumida por cualquier electrodoméstico.
- **Comunicaciones:** Se refiere a los dispositivos que tienen la capacidad de detectar, transmitir y procesar una información de una manera inteligente (sensores, actuadores, red de WiFi).

En el **Anexo 3** se representa la distribución de cada uno de los elementos domóticos a utilizar, por ende a continuación se realizara una breve descripción de las simbologías expuestas en dicho anexo.

- **Multisensor (MS):** este dispositivo se distribuirá en cada una de las oficinas y aulas de clases con un total de 30 unidades, debido a que el equipo solo tiene un alcance de 5 metros con un ángulo de visión de 120°, solo se va a disponer de un dispositivo por ambiente.
- **Sensor de Humo (SH):** dicho dispositivo va a ser distribuido uno por cada ambiente de trabajo y por ende se instalaran un total de 30 unidades.
- **Sensor Magnético (SM):** serán instalados en cada una de las puertas de esta edificación con un total de 30 unidades, e igual que los dispositivos anteriores su comunicación con el cerebro principal es mediante radio frecuencia o en otras palabras son elementos inalámbricos.
- **Sensor de agua (SA):** este equipo será instalado en cada una de las baterías sanitaria (baños higiénicos) y en total serán implementados 6 dispositivos.
- **Cámaras de seguridad (CS):** las cámaras de seguridad o de video solo se las instalara en el pasillo de cada planta de la edificación con un total de 9 unidades de video.
- **Interruptor inteligente (II):** son instalado de la misma forma que cualquier interruptor convencional, su comunicación con el cerebro de la red Z-Wave en de forma inalámbrica, por ende se irán a instalar 41 unidades en toda la edificación una por cada ambiente de trabajo.

- **Toma corriente inteligente (TI):** los toma corriente inteligentes controlan el flujo eléctrico que consumen los equipos los equipos electrónicos; se instalaran 7 unidades por cada ambiente de trabajo, una unidad en cada baño sanitario, siendo un total a instalar en la edificación de 90 unidades.
- **Controlador o cerebro domótico:** como cada uno de los dispositivos anteriormente mencionado se comportan como un repetidor se considerar que se instalaran 1 cerebro los cuales serán el eje central de la red Z-Wave, por ende estos se instalaran en la primera y tercera planta del edificio.

En la **Tabla 5** se describirá el total de elementos que se proyecta a instalar en la edificación.

Tabla 5 - Gasto de la inversión del Proyecto Domótico⁴⁸.

Dispositivo	Primera Planta	Segunda Planta	Tercera Planta	Total de dispositivos	Precios por unidad (\$)	Precio total (\$)
Cerebro (VERA EDGE Home)	1	0	0	1	133,00	133,00
Multisensor	12	12	12	36	95,00	3420,00
Sensor de Humo	12	12	12	36	76,49	2753,64
Sensor Magnético	10	10	10	30	47,50	1425,00
Toma corriente inteligente	30	30	30	90	66,50	5985,00
Interruptor Inteligente	13	13	13	39	60,80	2371,20
Cámara de video	3	2	2	7	130,00	910,00
Cámara giratoria	1	1	1	3	120,00	360,00
Valor total a Pagar						17357,84

La proyección económica a invertir en el proyecto domótico es de alrededor de 17357,84 dólares americano, en donde se proyecta la utilización o instalación de un total de 242 dispositivos.

⁴⁸ Fuente: Autor.

4.3.1 Descripción de los dispositivos domóticos Z-Wave a utilizar.

En el instante que se adopte la utilización de cualquier protocolo domótico, se debe considerar uno de los puntos más importantes, el cual es la adquisición de los dispositivos ya que en su gran mayoría no son fabricados en el Ecuador; los dispositivos Z-Wave por naturaleza si son compatibles con casi todas las tecnologías y su funcionamiento se basa en la creación de escenas o escenarios de inteligencia domótica y esto se lo realiza con el fin de integrar cada uno de los dispositivos entre sí, recalando que entre más dispositivos se integren a la red más robustas se convierte ella; a continuación se realizara una pequeña descripción de los dispositivos a utilizar en la edificación.

- **Controlador o Cerebro:** El elemento principal para la creación (ver la **Figura 44**) de este sistema domótico es la utilización del VERA EDGE el cual es la Unidad de Control Z-Wave; este es el encargado de controlar de forma total la red Z-Wave mediante la utilización de una *interfaz web* desde la comodidad de tu ordenador o de un celular inteligente, por ende se podrá monitorear y controlar la edificación desde cualquier parte del mundo. Este controlador presenta una gran competitividad a nivel internacional; permite el control de más de 220 dispositivos en la edificación, permite el emparejamiento de forma sencilla de los dispositivos WiFi.



Figura 44 - VERA EDGE Unidad de Control Z-Wave⁴⁹.

➤ **Multisensor 6 en 1:** Es un dispositivo capaz de cumplir múltiples funciones las cuales se engloban en un solo equipo, su alimentación es mediante la utilización de baterías, unas de sus grandes ventajas es que su consumo es poco, tiene una mayor potencia y sobre todo un mayor alcance en la red Z-Wave. A continuación se realizara una breve descripción de todas las funciones que este dispositivo puede captar.

- **Sensor de presencia:** este sensor (ver la **Figura 45**) capta toda la información producida por los movimientos, dicha información puede ser utilizada en temas de seguridad, control de la iluminación, entre otras aplicaciones; su campo de visión es de 120° u una distancia máxima de captación de 5 metros.



Figura 45 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de presencia)⁵⁰.

⁴⁹ Fuente: <https://www.domoticalia.es/es/centros-domoticos/358-vera-edge-unidad-de-control-z-wave.html>

⁵⁰ Fuente: <https://www.domoticalia.es/es/multisensores/476-multisensor-6-de-aotec.html>

- **Sensor de temperatura:** tiene la capacidad de captar con una gran precisión temperaturas (ver la **Figura 46**) que varían desde los -10 a los 50 °C.



Figura 46 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de temperatura)⁵¹.

- **Sensor de luz:** con esta función se puede censar la luminosidad (referirse a la **Figura 47**) que se encuentra presente en el espacio de aplicación.



Figura 47 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de luz)⁵².

- **Sensor de vibración:** el Multisensor contiene en sí mismo un sensor sísmico (mirar la **Figura 48**) el cual permite detectar las vibraciones que puedan existir dentro de la edificación o en una vivienda, además podrá detectar si el equipo sufre manipulación alguna, o si accidentalmente es cambiado o movido del lugar donde fue instalado.

⁵¹ Fuente: <https://www.domotalia.es/es/multisensores/476-multisensor-6-de-aeotec.html>

⁵² Fuente: <https://www.domotalia.es/es/multisensores/476-multisensor-6-de-aeotec.html>



Figura 48 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de vibración)⁵³.

- **Sensor de humedad:** esta función nos brinda la información de la variación de la humedad (ver la **Figura 49**) que se encuentra en el ambiente que va desde 0 al 100 por ciento.



Figura 49 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de humedad)⁵⁴.

- **Sensor de rayos UV:** con esta función que también tiene incorporado el Multisensor 6 en 1, se podrá medir con precisión la luz ultravioleta (observar la **Figura 50**) y con ello poder controlar que dichos valores no sean muy altos, ya que pueden ser perjudicial para la salud humana y también al deterioro del inmueble.

⁵³ Fuente: <https://www.domotalia.es/es/multisensores/476-multisensor-6-de-aeotec.html>

⁵⁴ Fuente: <https://www.domotalia.es/es/multisensores/476-multisensor-6-de-aeotec.html>

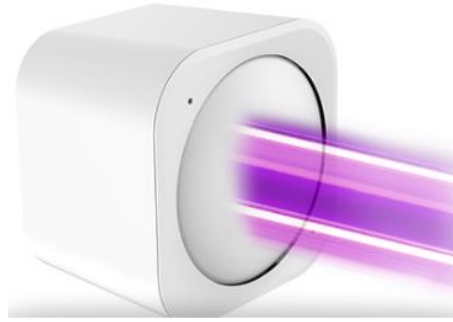


Figura 50 - Multisensor 6 de AEOTEC (Sensor de rayos UV)⁵⁵.

- **Sensor de puerta y ventana (Magnético):** de igual forma que los otros dispositivos este tiene un consumo mínimo de energía, se lo utiliza para como un elemento de seguridad ya que permite saber cuándo una puerta o ventana se encuentra abierta o cerrada (ver la **Figura 51**), además con él se podrá crear escenas en las cuales estará incluida el sistema de alarma o el mismo sistema de iluminación.



Figura 51 - Sensor de puerta ventana z-wave⁵⁶.

- **Sensor de humo:** este sensor permite captar la presencia del humo en cualquier ambiente en donde este se encuentre instalado (observar la **Figura 52**), su alimentación puede ser con baterías o con una fuente de 12 a 24 Vcd, con él se pueden crear múltiples escenas en donde destaca un sistema de alarma el cual se activara en presencia de una cierta

⁵⁵ Fuente: <https://www.domoticalia.es/es/multisensores/476-multisensor-6-de-aeotec.html>

⁵⁶ Fuente: https://http2.mlstatic.com/domotica-sensor-de-apertura-para-puertas-y-ventanas-z-wave-D_NQ_NP_881866-MEC27252575112_042018-F.webp

cantidad de humo, además tiene incorporado un sensor de temperatura ya que existen materiales que al estar en combustión no producen la cantidad exacta de humo como para la activación del sensor.



Figura 52 - Sensor de humo Z-Wave⁵⁷.

- **Toma corriente inteligente:** este dispositivo es compatible con toda red Z-Wave y es el encargado controlar el flujo de energía que consume un electrodoméstico (mirar la **Figura 53**); puede sustituir fácilmente a los tomacorriente convencionales de 120 V a 15 A ya que este elemento puede tolerar a cualquier electrodoméstico que consuma dicho amperaje.



Figura 53 - Tomacorriente inteligente⁵⁸.

⁵⁷ Fuente: <https://www.domoticalia.es/es/humo-fuego/382-detector-de-humo-z-wave-plus-de-fibaro.html>

⁵⁸ Fuente: https://http2.mlstatic.com/domotica-tomacorriente-doble-z-wave-D_NQ_NP_737989-MEC27252892011_042018-F.webp

- **Interruptor inteligente:** su control lo realiza de forma inalámbrica y se comporta como un transmisor y receptor, con él se puede realizar un control ya sea manual o remoto del encendido y apagado de las luminarias (referirse a la **Figura 54**) que se encuentran en el ambiente de trabajo; considerando que dicho dispositivo solo puede tolerar un máximo de 6 A y su alcance de repetición es de máximo 30 metros.



Figura 54 - Interruptor inteligente⁵⁹.

- **Cámara de vigilancia:** esta permitirá brindarle una mayor seguridad a la edificación; el sistema de cámara de vigilancia (ver la **Figura 55**) a instalar será de alta definición y sobre todo resistente a cualquier ambiente en la cual se instalen; internamente tiene incorporado sensores de movimientos los cuales al detectar algún tipo de movimiento activa las cámaras y a su vez los micrófonos internos que ayudan a escuchar todo lo que se hable cerca de él. Su alimentación es de CA y su configuración WPS le permite la fácil conexión con el controlador vera o a la red WiFi y por ende puede ser motorizada desde cualquier parte del mundo mediante un teléfono inteligente, tiene una memoria interna de 8 Gb y puede grabar aunque no

⁵⁹ Fuente: <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71nssKkCG3L.SL1500.jpg>

exista conexión a internet y se carga automáticamente cuando el servicio se restaura.



Figura 55 - CAMERA - VISTACAM1000⁶⁰.

4.3.2 Descripción de la utilización del sistema domótico a utilizar.

El protocolo domótico Z-Wave trabaja con diferentes páginas Web, y por ende la página a utilizar en esta proyección domótica es el del sistema “VERA”.

El sistema Vera Home permite una mayor facilidad al instante de realizar la programación de una forma más didáctica de nuestro sistema inteligente, brindándole al administrador de esta edificación un mayor entendimiento del mismo.

A continuación se realizara la descripción básica de la configuración del protocolo domótico en la antes mencionada página Web.

Como se puede apreciar en la **Figura 56**, se representa la página de inicio del Vera Home, y en ella es en la que se realiza la configuración del cerebro o controlador, y a su vez se puede realizar la creación de un usuario y su respectiva contraseña.

⁶⁰ Fuente: <https://www.zwaveproducts.com/shop/z-wave-security/z-wave-security-cameras/vistacam1000-vistacam-1000-high-definition-waterproof-outdoor-wi-fi-camera>

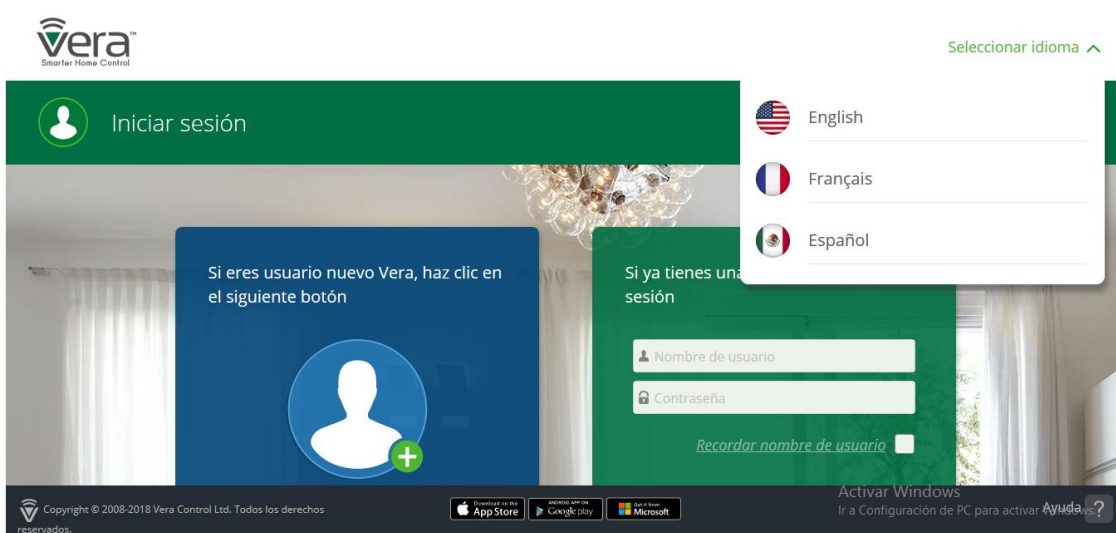


Figura 56 - Sistema Vera (Smarter Home Control)⁶¹.

Una vez configurado el cerebro y creado el usuario, se procede a ingresar a la página Web de Vera (*Smart Home Control*). Al ingresar se encontraran en la página principal que ya el cerebro está instalado (referirse a la **Figura 57**), (también se puede añadir otro controlador) y para proceder a ingresar en la parte donde se encuentran todas las pestañas de dicha página de debe dar clip en “**Conectar**”.

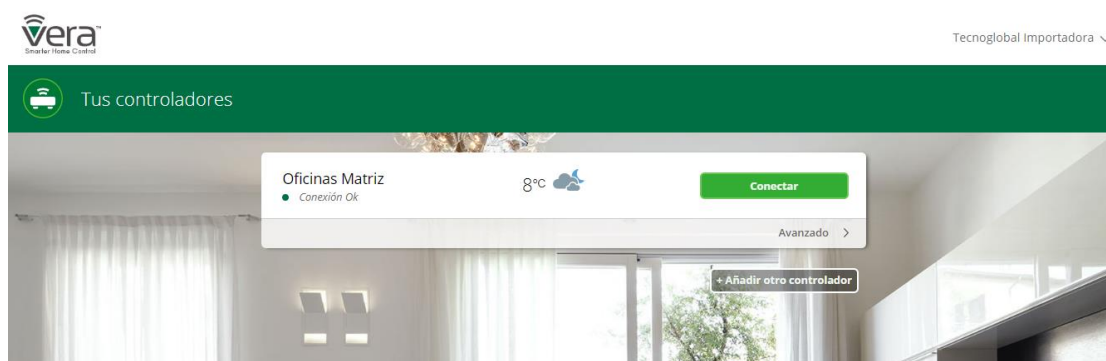


Figura 57 - Página de inicio del sistema Vera⁶².

Una vez que ya el controlador esta sincronizado con la página, se podrá visualizar en la parte izquierda de la misma una columna en donde se despliega un sin número de opciones las cuales ayudaran a brindarle un grado de inteligencia a la instalación domótica a instalar. (Ver la **Figura 58**)

⁶¹ Fuente: <https://home.getvera.com/users/login>

⁶² Fuente: <https://home.getvera.com/dashboard/display>

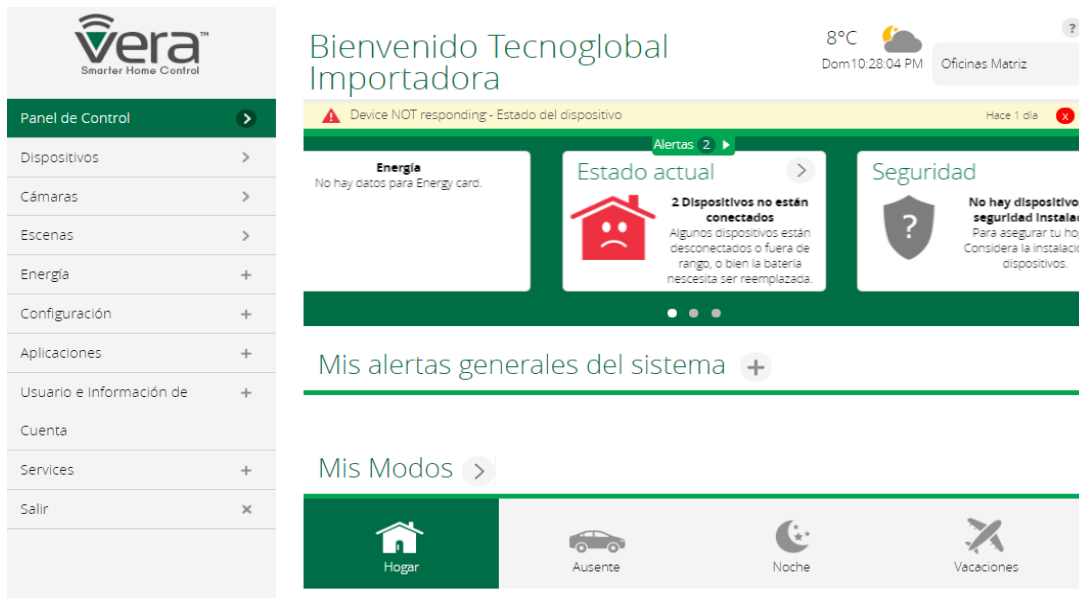


Figura 58 - Página principal de trabajo del sistema Vera⁶³.

Una de las primeras cosas que se debe de realizar es la creación de las escenas (se debe de ubicar el nombre a cada escena que se desea crear), en ellas se podrá seleccionar los dispositivos a utilizar en un proyecto domótico (observar la **Figura 59**), además a dichos dispositivos también se los puede programar para que en ciertos horarios cumplan con tareas específicas. Entonces el paso número uno sería seleccionar el evento a suceder.



Figura 59 - Selección de los eventos a realizar⁶⁴.

⁶³ Fuente: http://192.168.1.15/cmh/?lang_code=mx#dashboard

⁶⁴ Fuente: http://192.168.1.15/cmh/?lang_code=mx#scenes

Al dar click en seleccionar un dispositivo se podrá visualizar los dispositivos instalados, si los mismos no se encuentran debidamente instalado se deberá ir a la opción dispositivos y se tendrá que dar click en el botón “Agregar dispositivos” y de ahí se desplegara la siguientes opciones de dispositivos a elegir. En la **Figura 60** se podrá observar el despliegue de todos los dispositivos que son compatibles con este protocolo.

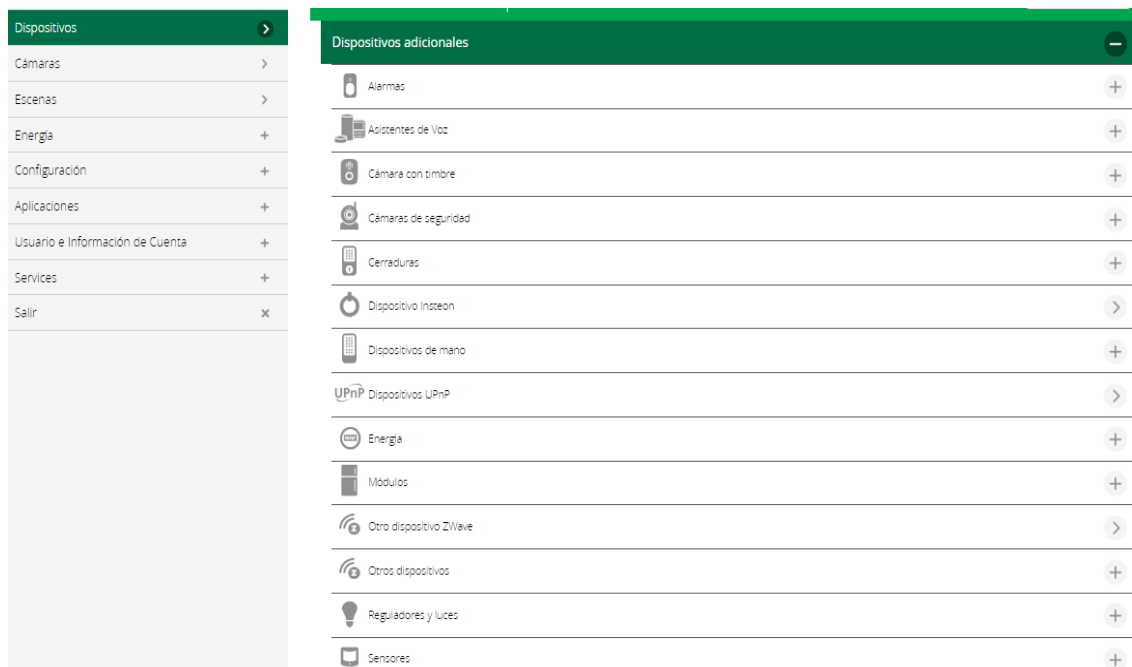


Figura 60 - Registró de los equipos a instalar (Paso 1)⁶⁵.

Una vez identificado el dispositivo que se desea agregar en el proyecto domótico se debe de seguir los tres pasos que la misma página de Vera Home indica.

Como por ejemplo al ingresar el Multisensor 6 en 1 se lo debe de buscar como **Aeotec** (dicha especificación siempre se encuentra en las cajas de cada dispositivo) y al dar click en el mismo se desplegara la siguiente página (ver la **Figura 61**).

⁶⁵ Fuente: http://192.168.1.15/cmh/?lang_code=mx#devices



Figura 61 - Registró de los equipos a instalar (Paso 2)⁶⁶.

Al finalizar con los tres pasos necesarios para el registro de los dispositivos, aparecerán todos los elementos la siguiente pantalla. (Observar la **Figura 62**)

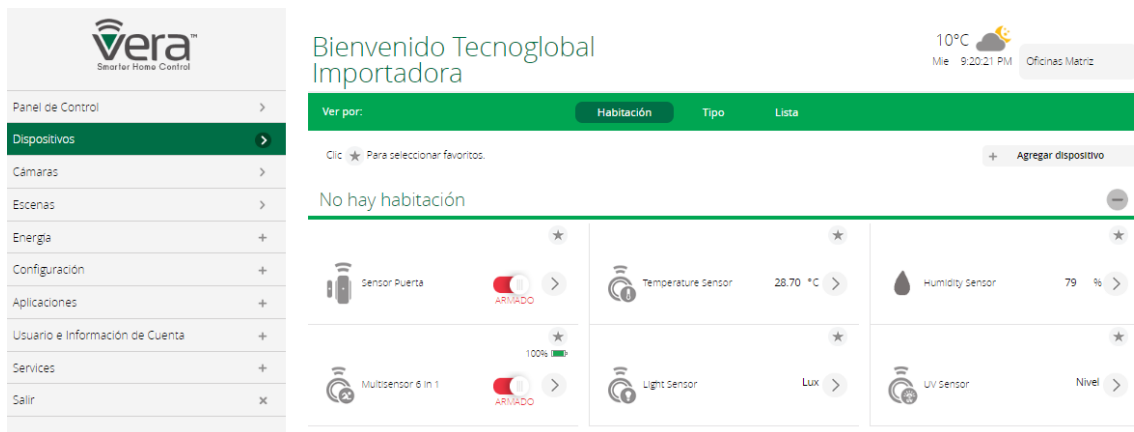


Figura 62 - Dispositivos agregados en el sistema⁶⁷.

Una vez de haber culminado los pasos anteriores se procederá a la creación de las escenas así como lo indica la **Figura 63**, para poder crear las escenas se debe ubicar el cursor en la palabra escena ubicado al lado izquierdo de la pantalla y a continuación se da clip en la palabra agregar escena ubicada al lado derecho de la misma.

⁶⁶ Fuente: http://192.168.1.15/cmh/?lang_code=mx#devices

⁶⁷ Fuente: http://192.168.1.15/cmh/?lang_code=mx#devices

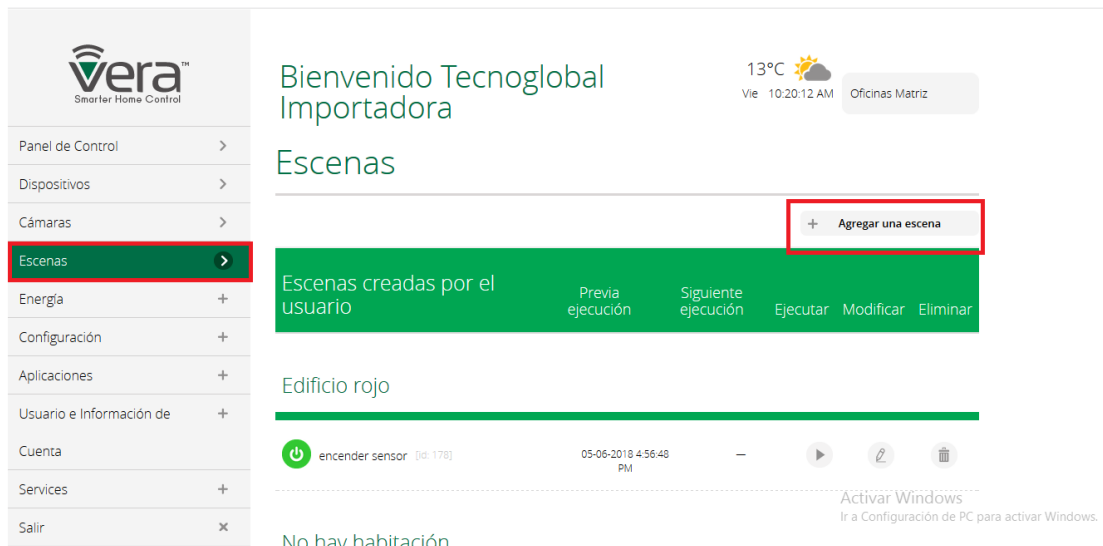


Figura 63 - Introducción a la creación de una escena domótica.

A continuación se selecciona el dispositivo que se necesite utilizar, para crear la escena adecuada con las condiciones o necesidades que se requieran así como lo muestra la **Figura 64**. En este caso se utilizará el Multisensor 6 en 1.



Figura 64 - Creación de las escenas (paso 1).

Una vez culminado lo anterior se escogerá entre las seis opciones la más apropiada a utilizar, en este caso se escogerá que detecte movimiento siempre y cuando el Multisensor este armado y desarmado y se procede a validar. (Observar la **Figura 65**).

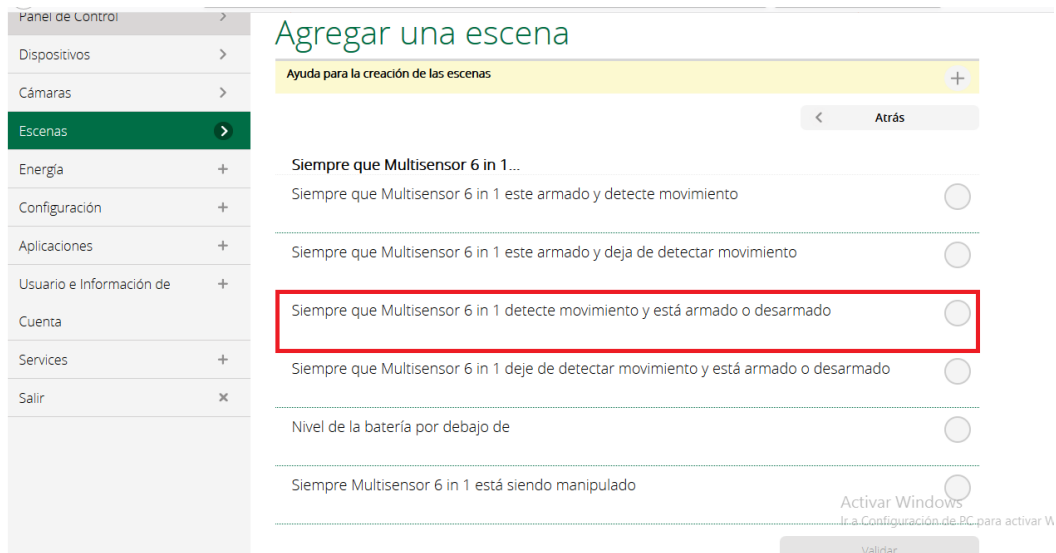


Figura 65 - Opciones de programación la el dispositivo seleccionado (paso 1).

Para continuar con el proceso se da clip en siguiente paso (así como se lo puede observar en la **Figura 66**).



Figura 66 - Opciones de programación la el dispositivo seleccionado (paso 2).

En la **Figura 67** se deberá escoger lo que se desea que suceda con el dispositivo al cual le va a dar la orden que se necesite ejecutar, siempre que el Multisensor este armado o desarmado.



Figura 67 - Programación correspondiente a la acción a ejecutar.

En la **Figura 68** se procederá a seleccionar el dispositivo, la habitación o lugar donde esté ubicado el elemento domótico, en este caso utilizaremos el toma corriente que se encuentra ubicado en la oficina de docentes de la Carrera de Electricidad del Edificio de Docente N°3, y para continuar con el proceso se le dará clip en la palabra siguiente.

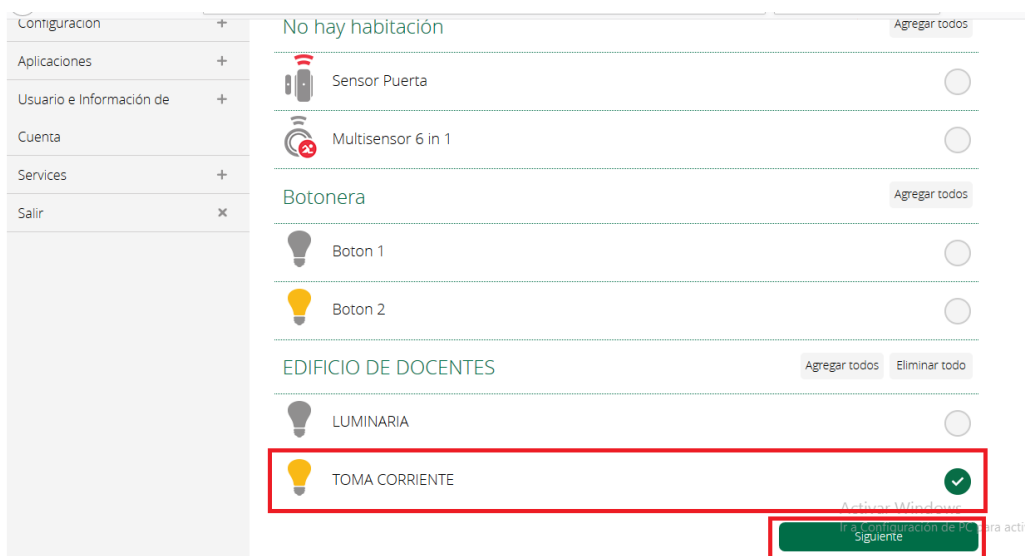


Figura 68 - Selección del o los dispositivos a utilizar.

En la **Figura 69** se procede a dar la orden de que el interruptor este encendido o apagado según la necesidad, cuando el tomacorriente este armado o desarmado. En este caso se escogerá que este encendido y se procede a validar lo escogido, escogemos siguiente paso.

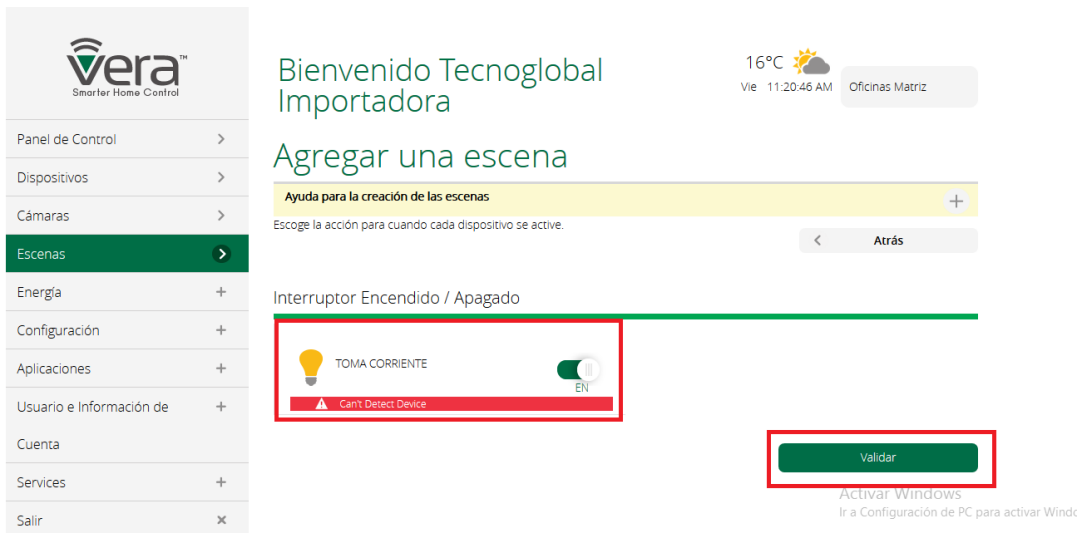


Figura 69 - Selección de la orden a ejecutar por el dispositivo doméstico.

Para la finalización de la escena hay que señalar la opción PASO 3, en donde se procede a escoger cuando la escena se debe ejecutar, el modo y a que usuario se le debe notificar, cabe recalcar que para recibir las notificación se deberá descargar una aplicación denominada VeraMobie (ver la **Figura 71**), disponible en Play Store y que es compatible para Android e iOS.

Como nos muestra la **Figura 70** se deberá escoger el modo en que se desea ejecutar la escena, de las cuatro opciones disponibles en este caso marcaremos las cuatro opciones para que se ejecute en modo vacaciones, hogar, noche y ausente para luego dar click en la palabra listo.



Figura 70 - Modos de ejecución de las escenas.

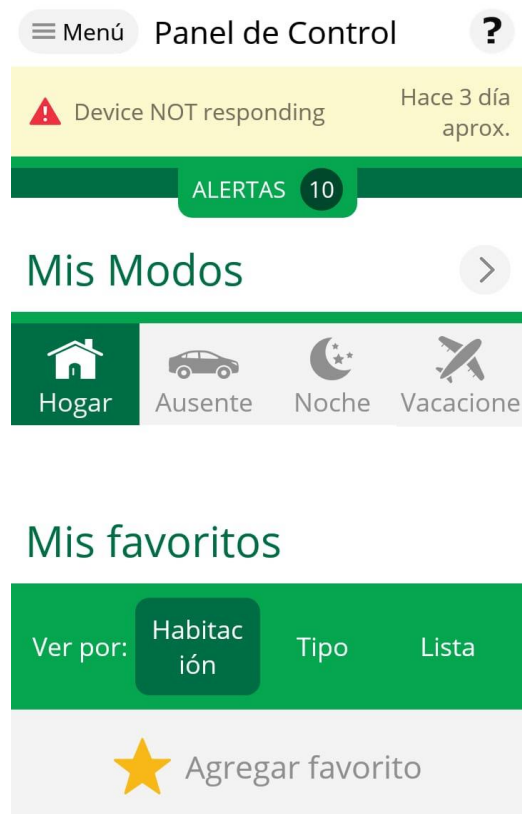


Figura 71 - Pagina inicial de la aplicación VeraMobile.

Como se lo refirió al inicio de este análisis, esta página Web permite registrar más de un usuario, y por ende se debe escoger al usuario (observar la **Figura 72**) al cual se le desea notificar mediante la aplicación VeraMobile y para finalizar se da click en la palabra “LISTO”.

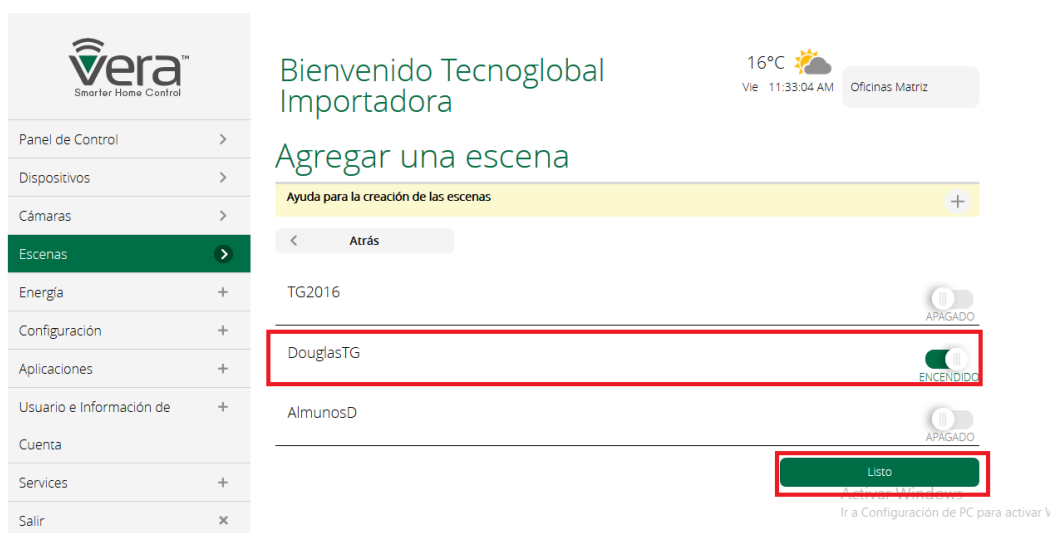


Figura 72 - Elección del usuario al que se enviara las notificaciones.

Para concluir la realización de la escena seleccionamos la habitación donde se va a ejecutar la escena así como nos muestra la **Figura 73**, para después proceder dar un nombre a la escena creada, y por último se da clip en finalizar.

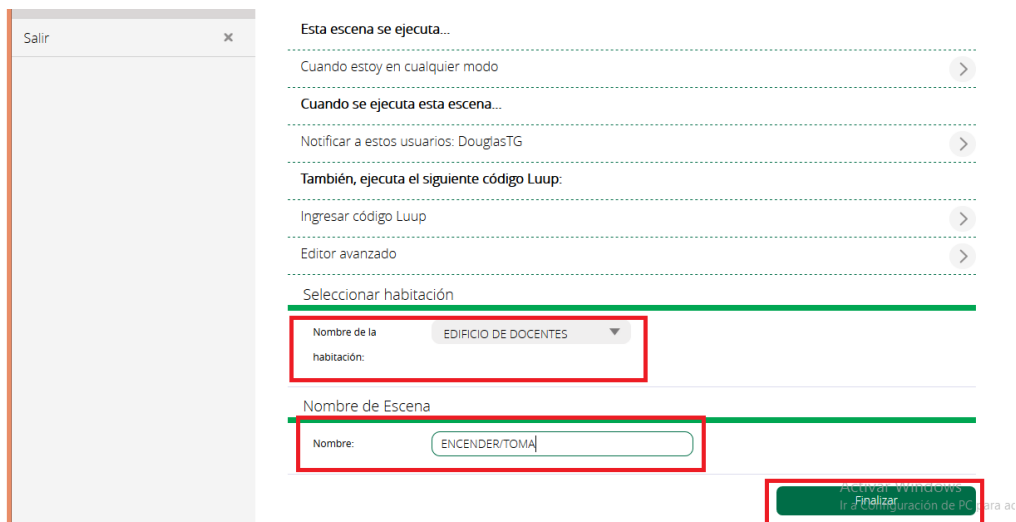


Figura 73 - Ubicación del nombre de la habitación y escenas.

Recalcando la conceptualización que se analizó en la sección **2.2.14** (los sistemas agentes y SMA), nos decía que para que pueda existir un agente inteligente es de gran importancia la identificación del ambiente de interacción, ya que su principal objetivo es el de aprender y tener su propia autonomía ya que dicho agente intentará aprender de la eventualidad presente y así poder modificar su comportamiento y sus capacidades de interacción.

En este capítulo se analizó la integración del protocolo Z-Wave mediante la utilización de una herramienta informática o página Web, en la cual al relacionarlo con la teoría agente y multi-agente si hizo énfasis en sus propiedades, permitiendo la autonomía de aprendizaje del mismo, los cuales estarían conformado por una parte sensoria y la otra de reacción (actuador). Se debe entender que los agentes pueden ser iguales o diferentes, ya que las escenas creadas para un sistema domótico están conformadas por más de un sensor y actuador; por ejemplo el mini-mundo o ambiente de interacción para esta proyección domótica es el edificio docente N° 3 de la UTM, en donde se instalarán un sin números de sensores con el objetivo de captar una información y enviarla a un micro controlador (cerebro domótico) para así poder procesar dicha información y enviarle una orden al actuador para que cumpla con su propósito.

CAPÍTULO V

5.1 Análisis de la factibilidad Económica y Medio Ambiental.

En esta unidad se procederá a realizar el respectivo análisis correspondiente a la factibilidad económica y a la aportación que tiene la domótica en el medio ambiente; este análisis tiene como finalidad justificar el empleo de la domótica, el cual tiene como objetivo general además del confort y seguridad es la reducción del consumo energético y así poder lograr una mayor eficiencia energética en el edificio docente N° 3 de la Universidad Técnica de Manabí. Cabe que para lograr una mayor eficiencia energética, que este trabajo investigativo se debe complementar al trabajo investigativo que lleva como nombre “**Gestión Eficiente de Redes Eléctricas Inteligentes en la Mini-central Fotovoltaica de la Universidad Técnica de Manabí**”, que fue elaborado por el Ing. Ney Balderramo.

5.2 Análisis de Factibilidad Económica.

En este análisis es necesario conocer el costo de energía eléctrica, y el de los equipos domóticos correspondiente al protocolo Z-Wave. El valor monetario del costo energético es regulado por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad, y dichos valores son reflejados en el **Anexo 4**, mientras que el costo de los equipos domóticos se encuentran reflejados en la **Tabla 5**.

5.3 Análisis de la facturación de la energía eléctrica tomada desde la red.

Para la realización de este tipo de análisis, es de vital importancia tener el conocimiento de la tarifa contratada; la Universidad Técnica de Manabí cuenta con una tarifa en media tensión con demanda horaria, estas tarifas se encuentran regulada por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

En dicho reglamento se podrá encontrar y determinar cuáles son las penalizaciones existentes a causa de la disminución del Factor de Potencia (FP), y para poder conocer cuál es el factor de penalización se deberá recurrir a las siguientes expresiones matemáticas.

$$FP_r = \begin{cases} P_{BFP} = 0 & \text{si } FP_r \geq 0.92 \\ P_{BFP} = B_{FP} \times FSPEE_i & \text{si } FP_r < 0.92 \rightarrow B_{FP} = \frac{0.92}{FP_r} - 1 \end{cases}$$

En donde:

- FP_r = Factor de potencia registrado.
- P_{BFP} = Penalización por bajo factor de potencia.
- B_{FP} = Factor de penalización.
- $FSPEE_i$ = Factura por servicio público de energía eléctrica inicial.

Dicha expresión matemática se la aplica para los consumidores que tienen una categoría general, con medición de energía reactiva. Cabe recalcar que cuando el valor medio del factor de potencia sea inferior a 0,60 la empresa distribuidora realizara una notificación en la cual dará conocer al usuario sobre la suspensión de su servicio de energía eléctrica y por ende este servicio será restablecido cuando dicho valor supere lo normalizado. (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018). En la **Tabla 6**, se podrá visualizar un modelo de facturación en donde se incluye la penalización por el bajo factor de potencia.

Tabla 6 - Facturación de la Energía Eléctrica tomada de la Red mensuales⁶⁸.

Consumo Energético de la edificación mensual sin la aplicación del protocolo domótico Z-Wave				
	Costo de Energía	Consumo	Unidad	Valores totales
Energía 07:00 am - 22:00pm	\$ 0,095	4288,25	kWh	\$ 407,38
Energía 22:00 pm - 07:00am	\$ 0,077	287,74	kWh	\$ 22,16
Demanda Mensual	\$ 4,576	29	kW	\$ 132,70
			Valor a Pagar	\$ 562,24
Factor de Potencia promedio	0,63			
Penalización por el bajo Factor de Potencia (FP)	0,46		Pago por penalización por el bajo FP	\$ 258,63
			Comercialización	\$ 1,41
			Valor total a Pagar	\$ 822,29

Realizando un breve análisis a la tabla anterior, se puede determinar que la Universidad Técnica de Manabí tendrá que pagar una considerable suma de dinero por concepto de penalización por bajo el bajo factor de potencia, que sumado a la energía consumida da un total de \$ 822,29.

Es muy importante tener en consideración que al aplicar el protocolo domótico Z-Wave se podrá obtener un ahorro que supere al 30 por ciento de su consumo general de electricidad, recalcando lo que se mencionó en la sección **2.2.7.4.1** y **2.2.7.4.2** que al lograr la optimización del sistema de iluminación se podrá ahorrar hasta un 60 por ciento, por lo que el indicador que asumimos con esta aportación es conservador ya que estamos refiriéndonos a la mitad de su valor (30 por ciento). Además consideramos que al variar un grado de la temperatura en el sistema de climatización se obtendrá un ahorro de hasta el 5 por ciento. Es por ello que en la propuesta presentada se asume un ahorro del 35 por ciento. Por ende en la **Tabla 7** se presenta la facturación de la energía eléctrica en la cual se toma en consideración el posible porcentaje de ahorro estimado mensual; además se podrá observar que el consumo energético y el valor a pagar por concepto de penalización disminuyo considerablemente dando un resultado total a pagar de \$ 525,27.

⁶⁸ Fuente: Fue elaborado por el Ing. Ney Balderramo.

Tabla 7 - Facturación de la Energía Eléctrica mensual tomada de la Red aplicando el protocolo domótico Z-Wave⁶⁹.

Consumo Energético de la edificación aplicando el protocolo domótico Z-Wave							
	Costo de Energía	Consumo de la Edificación	% de Ahorro	Consumo Aplicando Prot. Domótico	(C.E)-(C.A.D)	Unidad	Valores totales
Energía 07:00 am - 22:00 pm	\$ 0,095	4288,25	0,35	1500,89	2787,36	kWh	\$ 264,80
Energía 22:00 pm - 07:00 am	\$ 0,077	287,74	0,65	187,03	100,71	kWh	\$ 7,75
Demanda Mensual	\$ 4,576	29	0,35	10,15	18,85	kW	\$ 86,26
						Valor a Pagar	\$ 358,81
Factor de Potencia	0,63						
Penalización por el bajo Factor de Potencia (FP)	0,46		Pago por penalización por el bajo FP				\$ 165,05
						Comercialización	\$ 1,41
						Valor total a Pagar	\$ 525,27

Es de suma importancia conocer que al realizar la diferencia monetaria de los valores totales a pagar se obtendrá un ahorro teórico, ya que dicho ahorro podría aumentar.

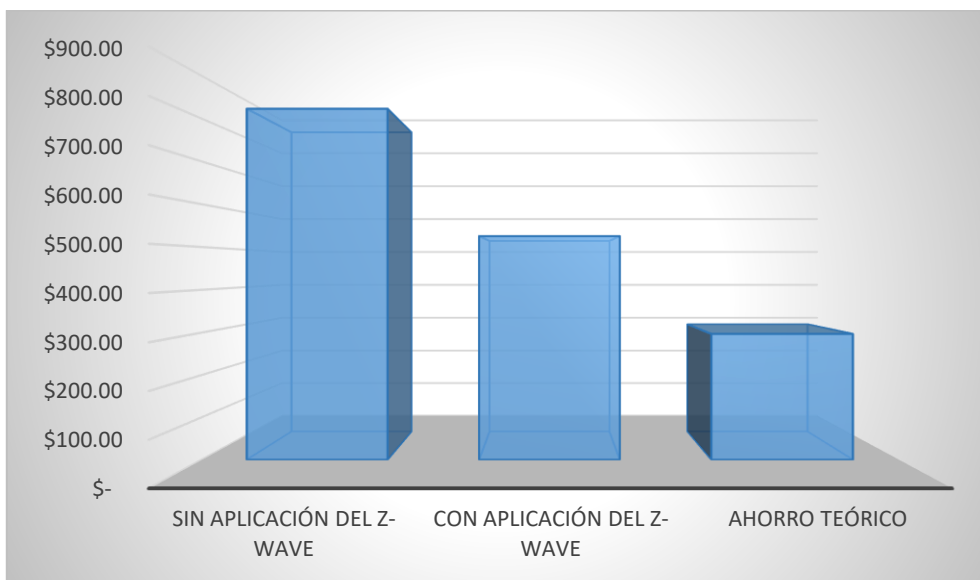


Figura 74 - Ahorro teórico mediante la Aplicación del Protocolo Z-Wave⁷⁰.

En la **Figura 74** se puede observar que el ahorro teórico es de 297,19 dólares mensuales y por ende se tendrá un ahorro anual de 3566,27 dólares. Si se considera en el futuro expandir el trabajo presentado a otras edificaciones de la

⁶⁹ Fuente: Autor.

⁷⁰ Fuente: Autor.

universidad, aumentaría el ahorro en correspondencia con el consumo de cada una de las instalaciones, y por tanto la ganancia de la proyección tendría una mayor cuantía, con un retorno de la inversión a menor plazo. Además de contribuir con el ahorro energético, la implementación del proyecto domótico contribuirá al mejoramiento del factor de potencia en dicha edificación.

5.4 Análisis de factibilidad.

La realización de este análisis es de suma importancia ya que se podrá conocer si la aplicación del proyecto domótico es factible no. En la **Tabla 8** se ilustra los valores aproximado de costo de implementación de los dispositivos domóticos, el mantenimiento anual, la tasa de descuento y la vida útil de la instalación.

Tabla 8 - Datos Preliminares para el análisis de factibilidad⁷¹.

Elementos	Costos	Tasa de descuento	10%
Dispositivos domóticos	\$ 17.357,84	Vida Útil (años)	20
Mantenimiento anual	\$ 100,00		
Valor total	\$ 17.457,84		

En el rubro de mantenimiento entra el valor de adquisición de las baterías que dichos dispositivos, se aplicará una tasa del 10 por ciento ya que la instalación domótica será instalada para dar mejoramiento a un sistema ya existente y se proyecta una vida útil de los dispositivos de 20 años. En la **Tabla 9** se podrá visualizar los resultados del análisis de factibilidad.

Tabla 9 - Resultados del Análisis de Factibilidad⁷².

VAN	\$ 12.152,49
TIR	19,4%
ROI	1,70
PAY-BACK (Años)	8

En donde gracias a este análisis se pudo determinar que la implementación del proyecto domótico si es factible, ya que al partir del octavo año de haber sido instalado se producirá ingresos y ya no egresos, considerando que al instante de

⁷¹ Fuente: Autor.

⁷² Fuente: Autor.

la implementación de este proyecto domótico el año de recuperación tendería a disminuir; en la **Figura 75** se podrá visualizar el posible comportamiento realizado al análisis de factibilidad.

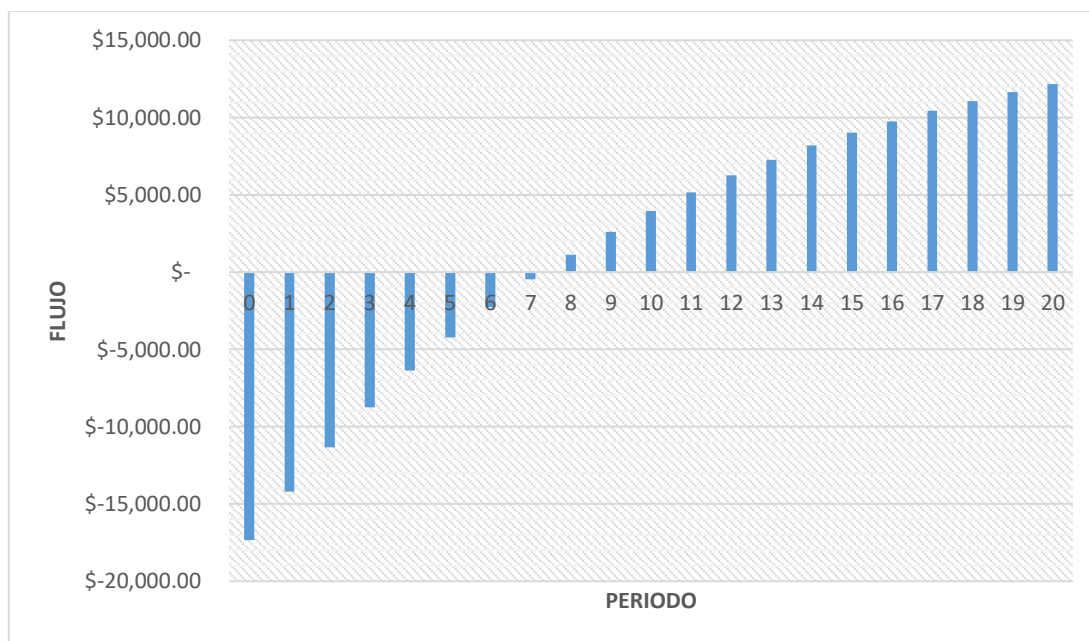


Figura 75 - Comportamiento del flujo económico de la instalación del proyecto domótico⁷³.

5.5 Análisis de la Aportación Medio Ambiental.

En este punto de la investigación es donde se demuestra que la proyección de la utilizando de la domótica en el edificio docente N° 3 no solo refleja ahorros en la parte económica y energética, sino que también presenta una aportación considerable al ambiente, ya que lograra reducir de forma parcial las emisiones de CO2 a la atmosfera.

Para la realización del análisis Medio Ambiental, es muy importante conocer cuál es el Factor de Emisión de CO2 a la atmosfera, tomando en consideración que el valor tomado a considerar es de 0,7079 Kg CO2 e / kWh, dicho valor fue obtenido del (Ministerio del Ambiente., 2013), en donde se argumenta que es aplicable para todos los sistemas que se encuentran conectados en el sistema nacional de electricidad.

⁷³ Fuente: Autor.

Para validar el cumplimiento de la reducción de las emisiones a la atmosfera, se considerara dos escenas muy importantes, en donde en la primera se reflejara las emisiones que no serán emitidas al ambiente gracias a la utilización de la microcentral fotovoltaica ubicada en este edificio, y la segunda ara referencia al ahorro energético teórico que se obtendrá gracias a la implementación de los elementos domótico.

Tabla 10 - Aporte de emisión por parte de la mini-central fotovoltaica⁷⁴.

	Consumo Anual	Unidad	Emisión a la Atmosfera	Unidad
E. consumida de la red	54911,89	kWh	38,87	ton CO2 e
E. producida anual de la mini- central	3607,66	kWh	2,55	ton CO2 e
E. total equivalente 1	51304,28	kWh	36,32	ton CO2 e

En la **Tabla 10** se puede observar las emisiones que son producidas por esta edificación por concepto del consumo energético, y también hace referencia a la cantidad de toneladas de toneladas de CO2 que se dejarían de emitir a la atmosfera gracias a la implementación de la microcentral fotovoltaica, la misma que refleja una disminución de 2,55 ton CO2 e, y por ende las emisiones totales a la atmosfera es de 36,32 ton CO2 e, que equivale a decir que el edificio solo tendría un consumo anual de 51304,28 kWh.

Conociendo que ya existe una disminución de emisiones de CO2 a la atmosferas gracias a la implementación de la microcentral fotovoltaica, se prevé poder disminuir un poco más dichas emisión, por ende en la **Tabla 11** se realiza el mismos análisis de la tabla anterior con la diferencia que en ella se implementa el consumo energético teórico que resulta al instante de implementar el protocolo Z-Wave.

⁷⁴ Fuente: creado por el Ing. Ney Balderramo.

Tabla 11 - Aporte de emisión por parte de la implementación del sistema domótico⁷⁵.

	Consumo anual	Unidad	Emisión a la atmosfera	Unidad
E. total utilizando el protocolo Z-Wave	34656,858	kWh	24,53	ton CO2 e
E. consumida en el periodo 22:00h – 07:00h	1208,52	kWh	0,85	ton CO2 e
Energía total consumida	33448,34	kWh	23,68	ton CO2 e

En los resultados de la **Tabla 11** se puede observar que al instante de aplicar el sistema domótico se podrá reducir considerablemente las emisiones de CO2 a la atmosfera, ya que el consumo anual de energía tendería a disminuir y a su vez las emisiones que son producidas por consumir dicha energía; en si se lograría disminuir unos **15,19 ton CO2 e** producto de la disminución del consumo anual de energía, mientras que en las noches se podrá disminuir un aproximada de 0,85 ton CO2 e, de emisiones a la atmosfera. Concluyendo que la energía que se prevé que el edificio consume es de 33448,34 kWh emitiendo un total de 23,68 ton CO2 e, de emisiones a la atmosfera.

⁷⁵ Fuente: creado por el Ing. Ney Balderramo.

CAPÍTULO VI

6.1 Propuesta, conclusiones y recomendaciones.

6.2 Propuesta de la investigación.

Al finalizar el estudio de esta proyección domótica, se realizó una breve simulación del protocolo domótico a utilizar, en donde se pudo visualizar como interactuaban los elementos domóticos en el ambiente instalado ya que las escenas creadas en este sistema brindan la suficiente inteligencia artificial a la edificación; también se realizó el impacto económico y ambiental en la cual se demostró la factibilidad de la implementación de un sistema domótico en la edificación. Por ende se propone la instalación de los dispositivos domótico en el edificio N° 3 de docentes a tiempo completo de la UTM, el cual ayudara a la disminución del consumo energético y a la disminución de CO₂ a la atmosfera, y además también sería recomendable la instalación de más paneles solares acompañado de un banco de baterías, y así poder disminuir el consumo de energía proveniente de la red pública de electricidad recalcando que el banco de baterías además de alimentar la edificación en las noches, contribuirá al mejoramiento del factor de potencia en ese horario. En trabajos de investigaciones a futuros se prevé realizar una investigación en donde se acoplarán la microcentral fotovoltaica, el sistema de baterías y el sistema domótico mediante la utilización de las redes neuronales artificiales, con el fin de aumentar el ahorro energético de este edificio y además disminuir las emisiones CO₂ a la atmosfera.

6.3 CONCLUSIONES.

El análisis de la teoría de los agentes permitió un mayor entendimiento de cómo se comporta un agente referente a un sistema domótico, ya que un agente tiene la capacidad de aprender cosas nuevas de forma autónoma, y gracias a ese aprendizaje se puede proponer una arquitectura multi-agente de tipología de mallas de igual forma que el sistema domótico a utilizar, ya que cada agente estaría conformado por sensores, actuadores y el cerebro domótico los cuales

permitirán una mayor gestión de la energía eléctrica; el sistema domótico permitirá conseguir un gran ahorro energético disminuyendo el consumo de energía de eléctrica proveniente de la red eléctrica y de la microcentral fotovoltaica, y además se podrá disminuir las emisiones de CO₂ a la atmosfera; recalcando que si existiera un banco de baterías, la energía que se dejaría de consumir de la microcentral se podría almacenar en las mismas y así reutilizar dicha energía en el horario nocturno.

La implementación de una gran cantidad de dispositivos domóticos garantizará que dicho sistema sea más robusto y la red domótica sea de mayor eficacia, ya que los dispositivos del protocolo domótico Z-Wave se comportan como repetidores de señal acoplando hasta cuatro dispositivo en un máximo de 100 metros; recalcando que todas las escenas domóticas pueden ser monitoreadas mediante la página Web VERA o por cualquier teléfono inteligente que descargue dicha aplicación.

La implementación de una red eléctrica inteligente permitirá una mayor eficiencia ya que podrá mejorar considerablemente la calidad de energía que la edificación requiera, ya que esta red se puede adaptar al medio que la rodea, en otras palabras, en ella se podrá incorporar el sistema domótico propuesto en esta investigación.

Para la implementación del sistema domótico propuesto se realizó un análisis económico y medio ambiental, dando como resultado la factibilidad de su instalación. Este sistema domótico además de contribuir con la eficiencia energética, confort, y seguridad, también tendrá la capacidad de contribuir a la disminución y corrección de las diferentes anomalías eléctricas que existen en esta edificación.

El resultado obtenido en el **Capítulo V** en cuanto al ahorro proyectado de un 35 por ciento que corresponde al valor **297,19 dólares mensuales** (3566,27 dólares anuales), evidencia la factibilidad de la propuesta realizada. Además se pone a manifiesto el positivo impacto al ambiente, al disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera de **15,19 ton CO₂ e.**

6.4 Recomendaciones y trabajos a futuros.

La principal propuesta y recomendación de este trabajo investigativo es el poder aplicar los resultados de esta investigación en todas las edificaciones que conforman la UTM, ya que los resultados obtenidos están en base a una pequeña parte de su consumo general de energía eléctrica. Al aplicar un sistema domótico en toda la universidad, se podrá contribuir a una mayor eficiencia energética y con ello mejorar su gestión energética.

Para conseguir una mayor disminución de emisiones de CO₂ a la atmosfera, se debe reducir el consumo de energía eléctrica proveniente de la red, y para ello se ha considerado la implementación de un sistema domótico; pero para obtener mayores resultado se recomienda realizar un estudio que se enfoque en la creación de una central fotovoltaica que tenga la capacidad de cubrir el consumo energético de la UTM, y con ello la implementación de un sistema de almacenamiento de energía; y para obtener una mayor optimización de la energía eléctrica proveniente de esta fuente de energía renovable, es necesario que la misma se encuentre concatenado al sistema domótico, el cual se lo realizará mediante la implementación de las redes eléctricas inteligentes basadas en la creación de una red neuronal artificial.

7 Bibliografía

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2018). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución. Servicio público de energía eléctrica. Periodo: enero - diciembre 2018, 18, 1–18. Retrieved from <http://www.regulacionelectricidad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/2018-01-11-Pliego-y-Cargos-Tarifarios-del-SPEE-20182.pdf>
- Aguilar, J., Rios, A., Hidrobo, F., & Cerrada, M. (2012). *Sistemas MultiAgentes y sus Aplicaciones en Automatización Industrial*. Retrieved from <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/ilich/articulos/portada-2012.pdf>
- Aguirre, S., & Mogollón, E. (2011). “ Diseño e implementación del sistema inmótico para el control de iluminación en el aeropuerto de Latacunga basado en la tecnología Lonworks, 105. Retrieved from <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2747/1/T-ESPE-030458.pdf>
- Álvarez, A. A. (2011). *Sistema de agentes para control de stock de almacén basado en identificación por radiofrecuencia*. Retrieved from [https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/1497/TESES DEF.pdf?sequence=1](https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/1497/TESES_DEF.pdf?sequence=1)
- Baldeón, D., & Congacha, M. (2014). Estudio y diseño de un sistema domótico aplicado en el edificio de laboratorios para la facultad de mecánica., 120. Retrieved from <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/3739/1/25T00244.pdf>
- Barrero, E., Fernández, B., & Llanes, O. (2014). “ Propuesta de procedimiento para configurar una red neuronal artificial de Base Radial con aplicaciones en el diagnóstico de fallos ,” 60–75.
- Bovet, G., & Hennebert, J. (2013). Web-of-Things Gateways for KNX and EnOcean Networks. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00872187/document>
- Callejas Cuervo, M., Parada Prieto, L. M., & Alarcón Aldana, A. C. (2012). Modelado E Implementación De Un Sistema Multiagente Para El Diagnóstico De Enfermedades De Transmisión Sexual. *Modelling and Implementation of a Multi-Agent System for Diagnosing Sexually Transmitted Diseases.*, 8(1), 190–208. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=82880376&lang=es&site=ehost-live>
- Capella, J. V. (2010). *Redes inalámbricas de sensores : una nueva arquitectura eficiente y robusta basada en jerarquía dinámica de grupos*.
- Carmen, G. ., & Moreno, F. (2013). Una panorámica de la inteligencia artificial aplicada a la domotica.
- Cedeño Núñez, V. E., & Ruiz Vasco, J. C. (2013). Diseño e implementación de un módulo de control domótico de arquitectura centralizada y distribuida basada en Lonworks. Retrieved from

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7199>

- Chung, I. (2013). Distributed Intelligent Microgrid Control Using Multi-Agent Systems. *Engineering*, 5(1), 1–6. <https://doi.org/10.4236/eng.2013.51B001>
- Conte, G., & Scaradozzi, D. (2003). Viewing Home Automation Systems as Multiple Agents Systems. *Workshop on Multiagent Robotic Systems: Trends and Industrial Applications*, (March 2014). Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/David_Scaradozzi/publication/238661364_Viewing_Home_Automation_Systems_as_Multiple_Agents_Systems/links/0a85e532089a401a1c000000/Viewing-Home-Automation-Systems-as-Multiple-Agents-Systems.pdf
- Cuenca, L. (2016). Aplicación de las Redes Inteligentes para el aumento de la Eficiencia Energetica en las Redes Eléctricas, 49–53.
- Cupuerán, M., & Ortiz, J. (2015). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INMÓTICO EN EL EDIFICIO DE EDUCACIÓN TÉCNICA DE LA UNCERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Ducatel, K., Bogdanowicz, M., Scapolo, F., Leijten, J., & Burgelman, J.-C. (2001). ISTAG Scenarios for Ambient Intelligence in 2010. *Society*, 58. Retrieved from <ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/ist/docs/istagscenarios2010.pdf>
- Fenercom. (2004). Energía Fotovoltaica en la Comunidad de Madrid. Retrieved from <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/energia-solar-fotovoltaica-en-la-comunidad-de-madrid-fenercom.pdf>
- Fouladi, B., & Ghanoun, S. (2013). Security Evaluation of the Z-Wave Wireless Protocol. *Black Hat*, 6. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/10e1/21b903366ea81b94ca0c2e61c095cc087695.pdf>
- Gaeta, E. (2012). Modelado de sistemas de inteligencia ambiental para el entrenamiento de las cualidades fisicas, 28040.
- Galán, H., & Martínez, A. (2010). Inteligencia artificial . Redes neuronales y Aplicaciones, 8. Retrieved from <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/10-11/06mem.pdf>
- Glavic, M. (2006). Agents and Multi-Agent Systems : A Short Introduction for Power Engineers, 1–21. Retrieved from https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/209564/1/MAS-Intro_Tech_report.pdf
- Haya, P, Montoro, G, Alamán, X. (2005). Un mecanismo de resolución de conflictos en entornos de Inteligencia Ambiental. *Anuario Filosofico*, 4, 311–345.
- Hernández, E. (2016). Controlador central para un sistema domótico utilizando el protocolo inalámbrico ZigBee. Retrieved from [https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/3085/Controlador central para un sistema domotico utilizando el protocolo inalambrico ZigBee.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/3085/Controlador%20central%20para%20un%20sistema%20domotico%20utilizando%20el%20protocolo%20inalambrico%20ZigBee.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Herrera Quintero, L. F. (2005). Viviendas inteligentes (Domótica). *Revista Ingeniería E Investigación*, 25(2), 47–53. Retrieved from

- <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r101024.PDF>
- Jara, A. P. (2015). Estudio y diseño de un sistema inmótico para seguridad, comunicación y confort, utilizando el protocolo KNX para el edificio Torre Piamonte ubicado en el sector de Totoracocha de la ciudad de Cuenca. *Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca*, 1, 1–139. Retrieved from <http://pdspace.ups.edu.ec/bitstream>
- Joaquín, F., Tamargo, L. H., & García, A. J. (2017). Confianza y Reputación de Agentes en Sistemas Multi- agente para Entornos Dinámicos, 48–52. Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/61411/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
- LonUser España. (2009). Introducción a la tecnología de membranas. Retrieved from http://www.lonmark.es/www/pdf/articulos/Introduccion_Tecnologia_LonWorks__6.pdf
- Loor, G., Cuenca, L., Castro, M., & Vilaragout, M. (2017). Roadmap for the Introduction of Smart Grids in Ecuador. *International Journal of Physical Sciences and Engineering*, 1(2), 1–10. <https://doi.org/10.21744/ijpse.v1i2.28>
- Los Santos Aransay, A. (2009). Computación Ubicua : Trabajo Individual Diseño de interacción centrada en el usuario. Retrieved from http://www.albertolsa.com/wp-content/uploads/2009/07/interaccion_albertolossantos.pdf
- Manuel, J., Novel, B., Calafat, C., Eduardo, S., & Adrian, N. (2007). La Domótica Como Solución de Futuro, 161. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Matich, D. J. (2001). Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones. *Historia*, 55. Retrieved from <ftp://decsai.ugr.es/pub/usuarios/castro/Material-Redes-Neuronales/Libros/matich-redesneuronales.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2013). Factor de Emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador. Retrieved from <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/Factor-de-emisión-2013-PUBLICADO.pdf>
- Montelier, S., Teyra, M. D. A., Gómez, J., Pérez, C., Goza, O., & Borroto, A. (2010). Estimación de cargas térmicas de climatización de hoteles mediante simulacion y redes neuronales artificiales. *Ingeniería Energética*, XXXI(3), 13–18. Retrieved from <http://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/article/view/275/273>
- Moscoso, C. (2016). Diseño de la Red Inmótica para el Hotel Walther que permita el control de seguridad, confort, ahorro de Energía y comunicaciones. Retrieved from <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/5688>
- Navarrete Quiroz, J. L. (2005). Análisis de los sistemas de comunicación utilizados para la implementación de las aplicaciones de la domótica, 1, 222. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5042%5Cnhttp://bibdigital.epn.edu>

u.ec/bitstream/15000/5042/1/T2409.pdf

- Palma, L., & Sangopanta, S. (2011). “ *Diseño de un PLC con Microcontrolador PIC 16F873*”. Universidad de Pinar del Rio. Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1049/1/T-UTC-1272.pdf>
- Palma Mendez, J. T., & Marín Morales, R. (2008). Inteligencia artificial. *España*, 1(3), 1050. <https://doi.org/M-26913-2004>
- Peralta Sevilla, A. G., & Amata Fernández, F. (2013). Evolución de las Redes Eléctricas hacia Smart Grid en Países de la Región Andina. *Revista Educación En Ingeniería*, 8, 1–14. <https://doi.org/10.26507/rei.v8n15.285>
- Querol, O. (2016). Ahorro y Eficiencia Energética, 38–42.
- Quintana, E. (2010). Diseño y simulación de un sistema domótico mediante un control PDA para una pasarela domótica utilizando el software labview. Retrieved from <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1061/1/T-UTC-1278.pdf>
- Ramírez, R. (2015). Diseño de un sistema supervisorio en el Hotel Casa Granda utilizando tecnología inalámbrica.
- Ramos, V., Jorge, G., & Blanco, V. (2009). Investigación en Tecnologías de Inteligencia Ambiental para la Salud del Futuro, 1–124.
- Restrepo, S. (2012). Modelo de Inteligencia Ambiental basado en la integración de Redes de Sensores Inalámbricas y Agentes Inteligentes, 126.
- Restrepo, S. E., Pezoa, J. E., & Ovalle, D. A. (2014). An adaptive architecture for ambient intelligence based on meta-modeling, smart agents, and wireless sensor networks. *IEEE Latin America Transactions*, 12(8), 1508–1514. <https://doi.org/10.1109/TLA.2014.7014521>
- Reus, P. (2013). Inmótica para el ahorro energético en la facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE).
- Rios, G. (2014). *Propuesta de aplicación de un sistema Inmótico de seguridad para la Urbanización Estrella del Mar bajo el estandar LONWORK*. Tesis. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20239>
- Rocamora, E. P. (2008). Diseño y Simulación de un Sistema Domótico para una Vivienda Unifamiliar. Retrieved from <http://repositorio.upct.es/bitstream/10317/750/1/pfc2869.pdf>
- Rosales, D. (2012). Sistema de automatización de instalación domótica de laboratorio.
- Salazar Ospina, O. M. (2015). Modelo de Sistema Multi-Agente ubicuo, adaptativo y sensible al contexto para ofrecer recomendaciones personalizadas de recursos educativos basado en ontologías, 136. Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/48308/>
- Salih, A. S. M., & Abraham, A. (2013). A Review of Ambient Intelligence Assisted Healthcare Monitoring. *Mirlabs.Org*, 5, 741–750. Retrieved from http://www.mirlabs.org/ijcisim/regular_papers_2013/Paper153.pdf

- Sánchez García, C. M., & Moreno Martín, F. (2013). Una panorámica de la inteligencia artificial aplicada a la domótica. *Universidad Carlos III de Madrid*. Retrieved from <http://www.it.uc3m.es/jvillena/irc/practicas/13-14/08.pdf>
- Stone, P., & Veloso, M. (2000). Multiagent Systems : A Survey from a Machine Learning Perspective. *Robotics*, 8(3), 345–383. <https://doi.org/10.1023/A:1008942012299>
- Tapia, D. I., Abraham, A., Corchado, J. M., & Alonso, R. S. (2010). Agents and ambient intelligence: Case studies. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 1(2), 85–93. <https://doi.org/10.1007/s12652-009-0006-2>
- Tapia Martínez, D. I. (2009). Arquitectura multiagente para entornos de Inteligencia Ambiental. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10366/76358%0Ahttp://www.tdx.cat/handle/10803/21197>
- Thu, K., Win, Z., & Tun, H. M. (2014). Design and Implementation of SCADA System Based Power Distribution for Primary Substation (Control System), 254–261.
- Venturini, V. M. (2012). Sistema Multi-Agente basado en Contexto , Localización y Reputación para dominios de Inteligencia Ambiental, 1–241.
- Villada, F., Cadavid, D. R., & Molina, J. D. (2008). Electricity price forecasting using artificial neural networks, 111–118.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis del estado del arte.

Referencia	Tema	Metodología	Aporte	Comentario crítico
(Loor et al., 2017)	Roadmap for the Introduction of Smart Grids in Ecuador	En este artículo se realiza un análisis que se relaciona con la generación, transporte, distribución y el suministro de energía, enfocándose en las redes inteligentes.	El Ecuador al transcurso de los años avanza a pasos agigantados, y por ende la automatización del sistema nacional de energía es esencial, de tal forma la implementación de la inteligencia artificial es un gran aporte para conseguir una mayor eficiencia en las redes eléctricas.	Con esta investigación se podrá conocer un poco más sobre la aplicación de las redes inteligentes.
(Salazar Ospina, 2015)	Modelo de Sistema Multi-Agente ubicuo, adaptativo y sensible al contexto para ofrecer recomendaciones personalizadas de recursos educativos basado en ontologías.	En este trabajo se utilizaron técnicas propias tanto de la IAD, las bondades de la computación oblicua, Sistemas de recomendación, la ontología.	Este trabajo contribuye a la creación de nuevas plataformas informáticas de aprendizajes, las cuales brindaran información que se adapta al usuario y además evidencia la eficiencia de utilizar estas tecnologías para lograr el aprendizaje de manera virtual.	A partir de este trabajo se podrá dar un mejor entendimiento sobre la utilización de los SMA.

Referencia	Tema	Metodología	Aporte	Comentario critico
(Baldeón & Congacha, 2014)	Estudio y diseño de un sistema domótico aplicado en el edificio de laboratorios para la facultad de mecánica.	En esta investigación se enfoca en la implementación del protocolo o estándar X-10	Esta investigación aporta a ser el pilar principal para las futuras investigaciones e implementación de los sistemas domóticos en cualquier área de estudio.	Con este trabajo se podrá tener un mejor entendimiento del funcionamiento y uso de cada uno de los estándares para los sistemas de control.
(Barrero, Fernández, & Llanes, 2014)	Propuesta de Procedimiento Para Configurar Una Red Neuronal Artificial de Base Radial Con Aplicaciones En El Diagnóstico de Fallos	En esta investigación se analiza los parámetros de una arquitectura de RNA en base radial	El aporte que se tendrá a raíz este trabajo es la obtención de una arquitectura de RNA de base radial la cual permitirá diagnosticar un determinado fallo.	Con este trabajo se podrá tener un mayor conocimiento sobre la utilización y comportamiento de las RNA.
(Carmen & Moreno, 2013)	Una panorámica de la inteligencia artificial aplicada a la domótica.	En este artículo hace referencia al funcionamiento técnico presente en un sistema domótico.	Esta investigación nutre al lector con su gran aporte técnico y del funcionamiento de un sistema domótico.	Con esta investigación se podrá comprender de una forma más sencilla el funcionamiento, estándares, y aplicación en un sistema domótico.

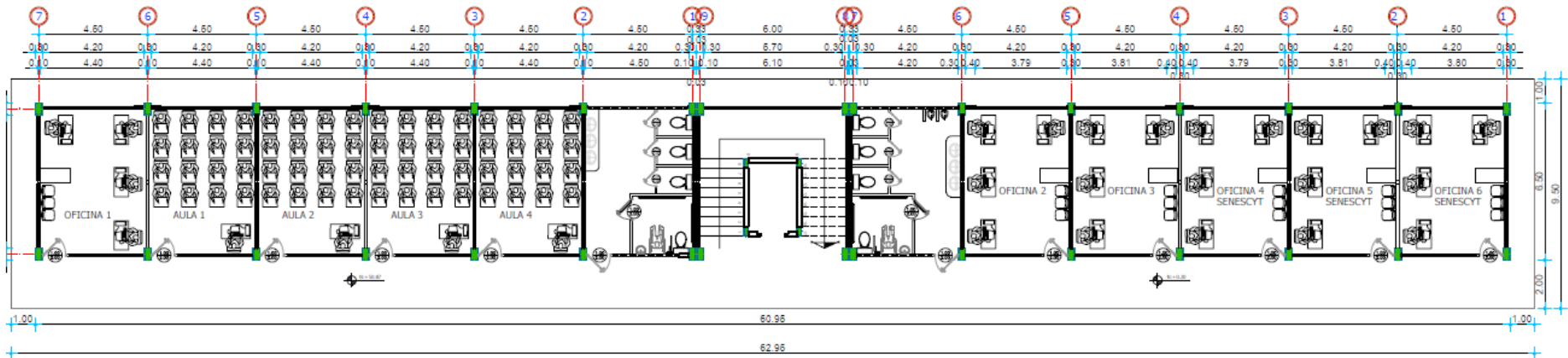
Referencia	Tema	Metodología	Aporte	Comentario crítico
(Chung, 2013)	Distributed Intelligent Microgrid Control Using Multi-Agent Systems	En esta investigación se realiza la presentación del desarrollo de un sistema de control de microred superior utilizando sistemas multi-agente.	Este trabajo hace referencia a la importancia que tienen los agentes inteligentes al instante de tomar una decisión, y las cuales estarán reflejadas en la parte de la generación o consumo de energía.	A raíz de esta investigación se podrá conocer la importancia de la utilización de agentes y multi-agentes inteligentes a la hora de una toma de decisión y así obtener más eficiencia a mayor escala y con un bajo valor económico.
(Gaeta, 2012)	Modelado de sistemas de inteligencia ambiental para el entrenamiento de las cualidades físicas	En esta investigación se definió un modelo funcional para los sistemas de Aml	El aporte de esta investigación se enfoca en la aplicación de dispositivos móviles los cuales al estar inmersos con el modelo funcional tendrá la capacidad de cuantificar, evaluar y entrenar las cualidades físicas.	Este trabajo nos da a conocer la importancia que tiene la Aml en el desarrollo del diario vivir, acoplando la tecnología con nuestras actividades cotidianas.

Referencia	Tema	Metodología	Aporte	Comentario crítico
(S. Restrepo, 2012)	Modelo de Inteligencia Ambiental basado en la integración de Redes de Sensores Inalámbricas y Agentes Inteligentes	En esta investigación se propone la creación de un meta-modelo de Aml que englobe modelos relevantes para la creación de diseños e implementación de redes de sensores inalámbricos inteligentes.	La integración de una red de sensores inalámbrico en combinación a un agente inteligente, aportando a la sociedad con avances significativos en cuanto al manejo de los sistemas de control y a la toma de decisiones.	Con esta investigación se podrá conocer un poco más de la utilización de los agentes inteligentes, acoplado a otros mecanismos con el fin de obtener ambientes inteligentes.
(Rosales, 2012)	Sistema de automatización de instalación domótica de laboratorio.	En este trabajo se hace la propuesta de la realización de un lenguaje PLC que permita realizar un supervisorio de mayor eficiencia y con ello la obtención de un modelo optimizado en redes Petri.	El aporte de esta investigación se relacionada en la obtención de un sistema de supervisión que es capaz de completar un sistema de automatización que le corresponde a una instalación domótica.	Esta investigación tiene una gran importancia ya que nos da a conocer la conceptualización de la domótica, la modelación de redes Petri y el diseño de la automática local, demostrando la utilización de la domótica en el área de educación.

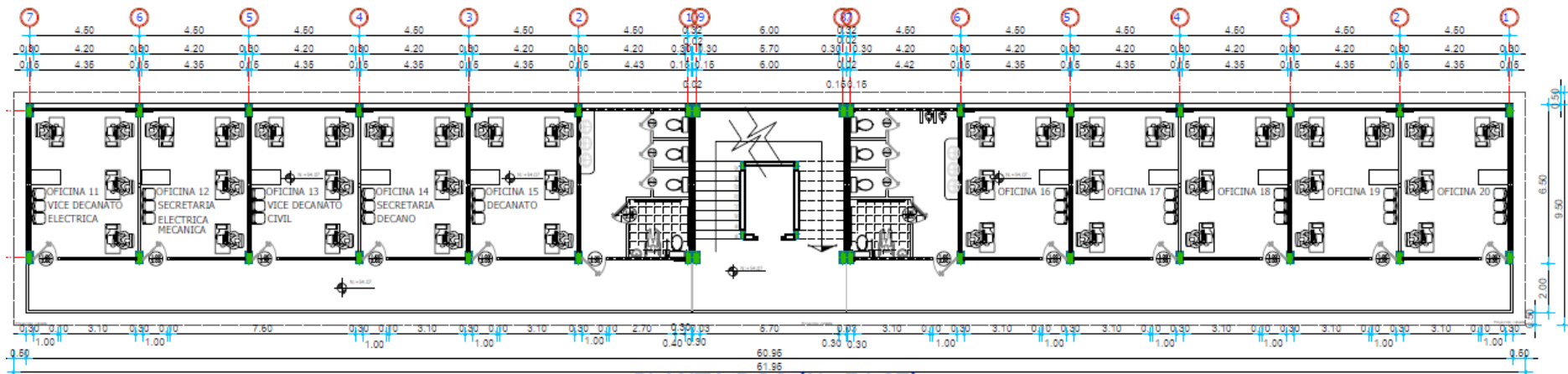
Referencia	Tema	Metodología	Aporte	Comentario critico
(Capella, 2010)	Redes inalámbricas de sensores : una nueva arquitectura eficiente y robusta basada en jerarquía dinámica de grupos	En su trabajo doctoral propone una nueva arquitectura la cual la denomina como EDETA, con el fin de reducir el consumo de energía	Esta investigación contribuye a la integración de los sensores mediante la utilización de redes inalámbrica, la misma que están comandada por una arquitectura eficiente.	Este trabajo toma una gran importancia ya que permite conocer el amplio mundo de la utilización de los sensores, y además como ellos puedes ser acoplado a una red inalámbrica.
(Galán & Martínez, 2010)	Inteligencia artificial. Redes neuronales y Aplicaciones	En este artículo se enfatiza en la eficiencia energética a partir de las múltiples utilizaciones de la IA y RNA en los sistemas de comunicación.	Esta investigación aporta en el conocimiento necesario al instante de estructurar el funcionamiento de una RNA	Este trabajo nos da un más entendimiento sobre el comportamiento básico de un sistema los cuales podría ser la detección de un Spam entre otras aplicaciones.
(Monteliet et al., 2010)	Estimación de Cargas Térmicas de Climatización de Hoteles Mediante Simulación Y Redes Neuronales Artificiales.	En esta investigación se realiza el diseño de una RNA capaz de dar una estimación de cargas térmicas de climatización mediante la utilización de un	Este artículo aporta con la utilización de un simulador térmico capaz de dar una estimación de cargas térmicas de climatización mediante el diseño de las redes neuronales.	Gracias a esta investigación se podrá tener más conocimiento sobre y las aplicaciones de las RNA, y con dicho conocimiento poder predecir

		simulador térnico.		el consumo de energía del el sistema de climatización.
--	--	-----------------------	--	---

Anexo 2: Planos arquitectónicos de la edificación.

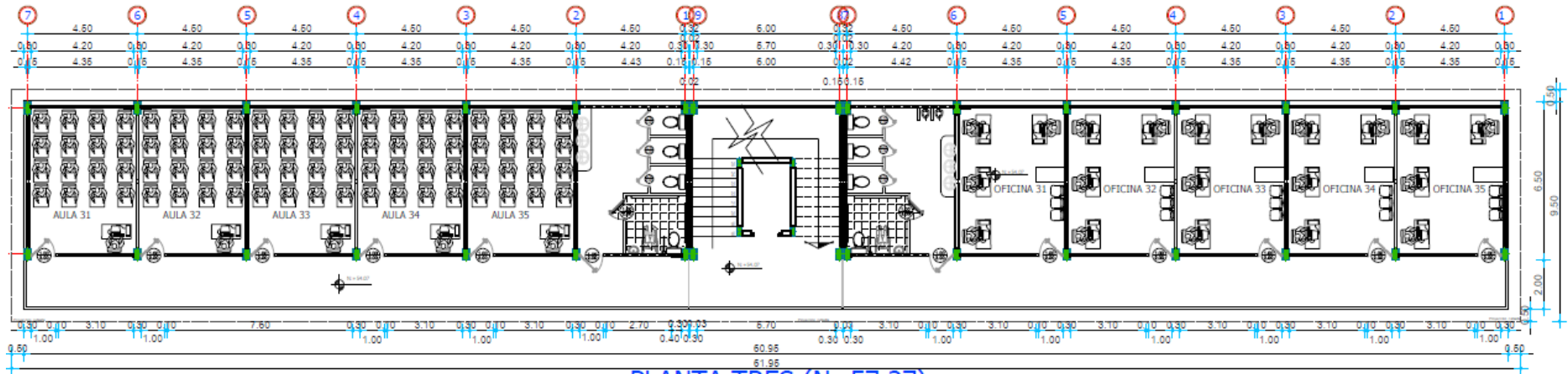


PLANTA UNO (N+50.87)



PLANTA DOS (N+54.07)

ESC. 1:200



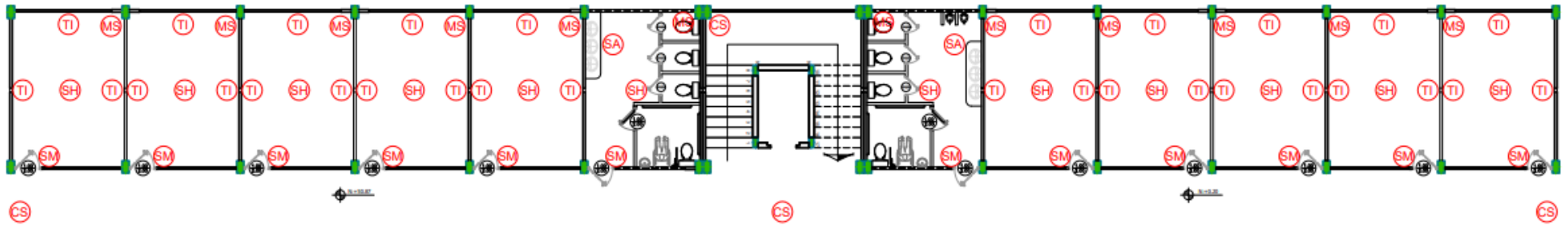
PLANTA TRES (N+57.27)

ESC. 1:200

Fuente: Departamento de obras civiles de la Universidad Técnica de Manabí

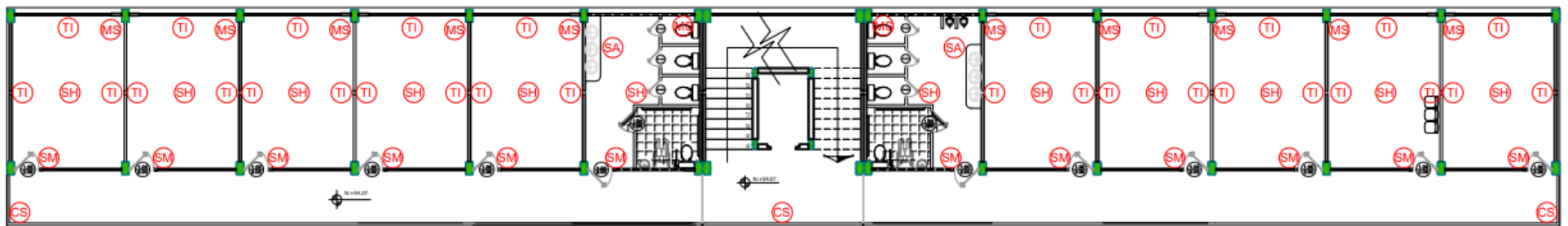
Anexo 3: Planos de la ubicación de los elementos domóticos.

PLANTA UNO (N+50.87)



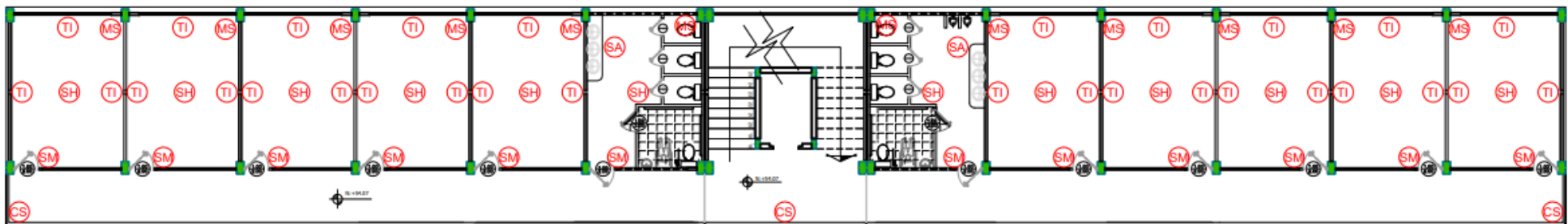
PLANTA DOS (N+54.07)

ESC. 1:200




PLANTA TRES (N+57.27)

ESC. 1:200



Anexo 4: Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución.


Agencia de Regulación y Control de Electricidad
PERÍODO: ENERO - DICIEMBRE *
EMPRESAS ELÉCTRICAS:
CNEL EL ORO-CNEL ESMERALDAS-CNEL GUAYAS LOS RÍOS-CNEL LOS RÍOS-CNEL MANABÍ-CNEL MILAGRO-CNEL SANTA ELENA-CNEL SANTO DOMINGO-CNEL SUCUMBIÓS-GALÁPAGOS
CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS
JUNIO - NOVIEMBRE **

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/KW-mes)	ENERGÍA (USD/KWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
NIVEL TENSIÓN			
GENERAL MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA			
	COMERCIALES		
	4,790	0,085	1,414
	INDUSTRIALES		
	4,790	0,083	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
	4,790	0,071	
	BOMBEO AGUA		
	4,790	0,061	
NIVEL TENSIÓN			
MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA			
	COMERCIALES		
07h00 hasta 22h00	4,576	0,085	1,414
22h00 hasta 07h00		0,077	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES		
07h00 hasta 22h00	4,576	0,071	
22h00 hasta 07h00		0,069	
	BOMBEO AGUA		
07h00 hasta 22h00	4,576	0,061	
22h00 hasta 07h00		0,049	
NIVEL TENSIÓN			
MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA			
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		
	2,629	0,043	1,414
L-V 06h00 hasta 18h00		0,073	
L-V 18h00 hasta 22h00		0,034	
L-V 22h00 hasta 06h00*** S,D 18h00 hasta 22h00		0,043	
	ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA		
L-V: 06h00 hasta 18h00	4,050	0,069	
L-D: 18:00 hasta 22:00		0,085	
L-D: 22h00 hasta 06h00		0,043	
SyD: 06h00 hasta 18h00			
	INDUSTRIALES		
L-V 06h00 hasta 18h00	4,576	0,0897	
L-V 18h00 hasta 22h00		0,1037	
L-V 22h00 hasta 06h00***		0,0501	
S,D,F 18h00 hasta 22h00		0,0897	

Fuente: (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018)