

**CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA MINIMIZAR EL
CONSUMO ENERGÉTICO, BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS**

**DAVID RICARDO CARO LUGO
ESNAIDER YESID PRIETO JARA
MIGUEL ANGEL SILVA GOMEZ**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2015**

**CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA MINIMIZAR EL
CONSUMO ENERGÉTICO, BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS**

**DAVID RICARDO CARO LUGO
ESNAIDER YESID PRIETO JARA
MIGUEL ANGEL SILVA GOMEZ**

PROYECTO DE GRADO

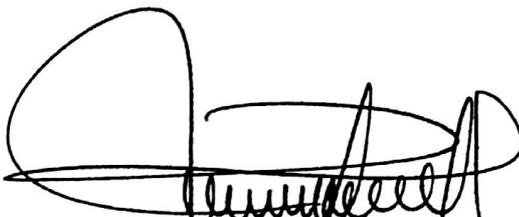
Director de proyecto

MS.C RUBÉN DARÍO HERNÁNDEZ BELEÑO PH.D (c)

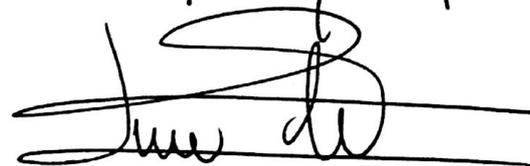
**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD INGENIERÍA MECATRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2015**

Nota de aceptación:

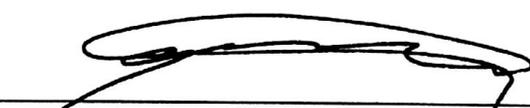
El trabajo de grado, titulado **"CARACTERIZACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA MINIMIZAR EL CONSUMO ENERGÉTICO, BASADO EN EL INTERNET DE LAS COSAS"** elaborado y presentado por los estudiantes **DAVID CARO, ESNAIDER PRIETO Y MIGUEL SILVA**, como requisito parcial para optar al título de Ingenieros en Mecatrónica, fue aprobado por el Jurado Calificador



Firma del presidente del jurado



Firma del jurado



Firma del jurado

Bogotá D.C. 30 de Enero de 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme salud, vida y los medios para poder sacar mi carrera adelante.

Agradezco especialmente a mi mamá, a mi abuelo, a Monica Mesa y a Guillermo Velez por brindarme no solo su apoyo económico sino también su apoyo emocional; gracias por siempre regalarme esas palabras de aliento que muchas veces necesité.

Agradezco al Programa de Ingeniería Mecatrónica por ayudarme en todo mi proceso tanto de admisión como de culminación de mi carrera.

Finalmente quiero agradecer a nuestro director de proyecto y a mis compañeros de tesis por su colaboración y experiencia brindada.

David Ricardo Caro Lugo

En primer lugar agradezco a mi familia por ayudarme a cumplir un logro más de mi vida, también agradezco a la universidad Piloto de Colombia por la colaboración prestada durante mi formación educativa.

Esnaider Yesid Prieto Jara

Agradezco a mi familia por apoyarme en todas las decisiones. Así mismo agradezco la experiencia brindada por la facultad de ingeniería mecatrónica de la universidad Piloto, especialmente a mi asesor de tesis Ruben Dario Hernandez, por compartir su conocimiento para que este proyecto fuera un éxito.

Miguel Angel Silva Gomez

RESUMEN

La siguiente monografía describe el proceso de caracterización de un sistema domótico para minimizar el consumo energético, basado en el internet de las cosas, la cual incluye una introducción, en la cual se expone el proceso de desarrollo de la tecnología para la automatización residencial y las tendencias alrededor del mundo para la domótica.

Contiene la formulación y planteamiento del problema, en las cuales se describe el análisis hecho en donde se determina el problema a resolver con el proyecto planteado. Contiene la justificación de la elaboración e investigación del proyecto en la cual se involucra el ámbito social e institucional.

Contiene el estado de arte, donde se estudian los casos de éxito alrededor del mundo para los sistemas de automatización residencial, el uso y las aplicaciones así como los beneficios en ahorro energético que la implementación de estas tecnologías presentan para una construcción convencional.

Contiene los objetivos identificados para el proyecto y para poder lograrlo, con lo cual se plantea también el alcance y limitación de la elaboración e investigación del proyecto. Para después identificar la línea de investigación involucrada del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia.

Contiene el marco teórico en el cual se describe de manera detallada la evolución del internet y como esta red mundial incorpora tecnología de las comunicaciones para poder interconectar no solo personas si no bienes materiales, también describe los diferentes protocolos de comunicación que se usan actualmente para realizar instalaciones que involucren automatización residencial.

Contiene el diseño metodológico en el cual se describe los métodos a seguir para llegar a la elaboración de una interfaz de usuario que funcione con el controlador; para la gestión de los dispositivos y el reporte del consumo eléctrico de los mismos.

Contiene también los cálculos que fueron utilizados y los procesos necesarios para estimar la potencia máxima necesaria para las diferentes áreas con el fin de realizar un ahorro energético perceptible desde el comienzo.

Finalmente los resultados y las conclusiones de este trabajo de investigación así como los trabajos futuros.

SUMMARY

The following paper describes the process of characterizing a home automation system to minimize energy consumption, based on the internet of things, which includes an introduction, in which the process of developing the technology for home automation and exposed trends around the world for automation.

It contains the formulation and approach to the problem, which describes the analysis in which the problem to be solved is determined by the project I raised. Provides rationales for the development and research project in which the social and institutional level is involved.

Contains the state of art, in which success stories around the world for home automation systems, the use and applications as well as energy saving benefits that implementing these technologies pose for a conventional construction are studied.

Contains the objectives identified for the project and to achieve that, which the scope and limitation of the development and research also raises project. Then identify the research involved faculty Mechatronics Engineering of the Piloto of Colombia College.

Contains the theoretical framework which describes in detail the evolution of the internet and how this global network incorporates communication technology to interconnect people not only material goods if not also describes the different communication protocols currently used for residential installations involving automation.

Contains the methodological design in which the described methods to follow to reach the development of a user interface that works with Vera Z-Wave Lite driver for device management and reporting of electricity consumption thereof.

Also provides the calculations that were used and the processes necessary for estimating the maximum power required for different areas to make a noticeable savings from the beginning.

Finally, the results and conclusions of this research and future work.

Contenido

CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.2.1 <i>Wynn resort and casino las vegas</i>	3
1.2.2 <i>Casa de enfermeras Leo polaks en Holanda</i>	4
1.2.3 <i>Proyecto Rosetta</i>	5
1.2.4 <i>Sistema domótico “credanet”</i>	5
1.2.5 <i>Proyecto para la unión Europea: Smarthg</i>	6
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.4 JUSTIFICACIÓN	7
1.5 OBJETIVOS	8
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	8
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	8
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	8
1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA	9
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO PRELIMINAR	9
CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL	11
2.1 GENERALIDADES	11
2.2 MARCO TEÓRICO	11
2.2.1 <i>Historia del internet</i>	11
2.2.2 <i>Funcionamiento de internet</i>	12
2.2.3 <i>Direcciones IP</i>	12
2.2.4 <i>WSN: Wireless sensor network</i>	15
2.2.5 <i>Protocolos inalámbricos aplicados a la domótica</i>	19
2.2.6 <i>Requisitos de un sistema de control inalámbrico</i>	30
2.2.7 <i>Alternativa para el control del hogar de manera inalámbrica</i>	31
2.2.8 <i>Protocolos de comunicación propietarios de diferentes fabricantes</i>	32
2.3 MARCO TÉCNICO	32
2.3.1 <i>Domótica</i>	32
2.3.2 <i>Arquitecturas para la automatización residencial</i>	33
2.3.3 <i>Z-Wave</i>	36
2.4 MARCO LEGAL	46
2.4.1 <i>FCC CFR47 Part 15.249</i>	47
2.4.2 <i>NTC 2050</i>	48
2.4.3 <i>UNE 20460-5-523</i>	50
2.4.4 <i>NTC 5360</i>	50
CAPÍTULO 3. INGENIERÍA DEL PROYECTO	53
3.1 GENERALIDADES	53

3.2 COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	53
3.3 CÁLCULO DE POTENCIA ELÉCTRICA.....	54
3.4 CÁLCULO DE POTENCIA TÉRMICA	58
3.5 PROGRAMACIÓN BÁSICA DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL	62
CAPÍTULO 4. RESULTADOS, CONCLUSIONES E IMPACTOS	68
4.1 GENERALIDADES	68
4.2 DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO.....	68
4.3 DESARROLLO DE PLUGIN PARA EL CONTROL DE POTENCIA	70
4.4 REPORTE DEL AHORRO ENERGÉTICO GENERADO.....	71
4.5 CONCLUSIONES	72
4.6 TRABAJOS FUTUROS	73
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXO 1. DATASHEET MODULO DE IGNICIÓN HONEYWELL S8610U	77
ANEXO 2. DATASHEET VÁLVULA SOLENOIDE HONEYWELL SERIE MD ..	88
ANEXO 3. ESPECIFICACIONES CENTRAL DE AUTOMATIZACIÓN VERA LITE	95
ANEXO 4. ESPECIFICACIONES MICRO SMART DIMMER AEON LABS	96
ANEXO 5. ESPECIFICACIONES MODULO APPLIANCE LPM-15.....	98
ANEXO 6. NORMA UNE 20460-5-52.....	99
ANEXO 7. NORMA NTC 2050	110
ANEXO 8. NORMA FCC CFR47	116
ANEXO 9. PLANO ARQUITECTÓNICO	126

Tabla de figuras

FIGURA 1. GANANCIA DE MERCADO DE LOS WSN VS DISMINUCIÓN DEL COSTO DE LOS SENSORES.....	17
FIGURA 2. CONFORMACIÓN DE UNA WSN.....	17
FIGURA 3. ESTADO DE UN NODO SENSOR.....	19
FIGURA 4. TRANSMISIÓN DE LAS SEÑALES DE CONTROL X10.....	20
FIGURA 5. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO INSTEON.....	25
FIGURA 6. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO PLC.....	27
FIGURA 7. ARQUITECTURA DOMÓTICA DISTRIBUIDA.....	34
FIGURA 8. ARQUITECTURA DOMÓTICA HÍBRIDA/MIXTA.....	34
FIGURA 9. ARQUITECTURA DOMÓTICA DESCENTRALIZADA.....	35
FIGURA 10. ARQUITECTURA DOMÓTICA CENTRALIZADA.....	36
FIGURA 11. TERCERA GENERACIÓN DEL CHIP ZEN-SYS.....	37
FIGURA 12. MODELO GENERAL DE CAPA DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....	38
FIGURA 13. ATENUACIÓN DE RADIOFRECUENCIA EN UN MURO.....	39
FIGURA 14. ID DE DISPOSITIVOS Z-WAVE ANTES DE INCLUIRLOS EN UNA RED	43
FIGURA 15. RED SIN ENRUTAMIENTO.....	44
FIGURA 16. Z-WAVE NET CON ENRUTAMIENTO.....	45
FIGURA 17. TRANSMISIÓN DE PODER DE Z-WAVE VS CELULAR.....	46
FIGURA 18. DISTANCIAMIENTO DE LA CHIMENEA CON RESPECTO A MATERIALES COMBUSTIBLES.....	51
FIGURA 19. CANTIDAD DE LÚMENES (COMEDOR).....	55
FIGURA 20. CANTIDAD DE LÚMENES (SALA).....	57
FIGURA 21. COEFICIENTE DE DESCARGA DEL INYECTOR.....	60
FIGURA 22. DISEÑO DE MECANISMO PARA OBTENER EL EFECTO VENTURI EN EL QUEMADOR DE GAS.....	62
FIGURA 23. CONTROLADOR PRINCIPAL.....	63
FIGURA 24. INTERFAZ DE REGISTRO DEL SISTEMA VERA LITE.....	64
FIGURA 25. CONEXIÓN ELÉCTRICA.....	64
FIGURA 26. INTERFAZ.....	65
FIGURA 27. INCLUSIÓN DE DISPOSITIVOS.....	65
FIGURA 28. MODIFICACIÓN DE NOMBRE Y ASPECTOS GENERALES DE CADA DISPOSITIVO.....	66
FIGURA 29. PARTE DEL CÓDIGO INICIAL.....	69
FIGURA 30. IMAGEN DEL ÁREA DE LA SALA SIENDO CONTROLADA MEDIANTE EL APLICATIVO.....	69
FIGURA 31. CÓDIGO DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL REPORTE DE ENERGÍA.....	70
FIGURA 32. VARIACIÓN DE LA POTENCIA ELÉCTRICA EVIDENCIANDO EL FUNCIONAMIENTO DEL PLUGIN.....	71

Lista de tablas

TABLA 1. DATOS PARA DETERMINAR LA DISTANCIA MÁXIMA DE RADIO FRECUENCIA.....	41
TABLA 2. ATENUACIÓN DE LA SEÑAL SEGÚN MATERIAL	41
TABLA 3. HOME ID VS NODE ID.....	43
TABLA 4. FRECUENCIA Y POTENCIA MÁXIMA PERMITIDA.....	48
TABLA 5. REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN SEGÚN EDIFICACIÓN.....	48
TABLA 6. CONDUCTOS DE CONEXIÓN Y SUS ACCESORIOS.....	52
TABLA 7. COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....	53
TABLA 8. VALOR DE REFLEXIÓN QUE PRESENTA LA CONSTRUCCIÓN DEBIDO A PAREDES (COMEDOR).....	55
TABLA 9. VALOR DE REFLEXIÓN QUE PRESENTA LA CONSTRUCCIÓN DEBIDO A PAREDES (SALA).....	56
TABLA 10. COEFICIENTES TÉRMICOS.....	59
TABLA 11. COMPARACIÓN GASTO ENERGÉTICO.....	72

CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde las últimas décadas, gracias a las tecnologías de las comunicaciones y la información, en el mundo se han presentado importantes avances científicos, ya que debido a estas tecnologías, cada día más personas alrededor del mundo tienen la posibilidad de acceder a la información de una manera más fácil, haciendo que mediante redes como el internet se puedan compartir imágenes, archivos multimedia, documentación que antes solo era posible encontrar en bibliotecas y facilitar la comunicación.

La red internet ha cambiado la forma mediante la cual las personas interactúan, es por eso que se puede afirmar que es el internet uno de los inventos más trascendentales de toda la historia de la humanidad. Desde su creación ha presentado diferentes cambios y transiciones; desde sus inicios como una red de comunicación militar ha sufrido una serie de cambios y estandarizaciones hasta lo que actualmente es el protocolo de internet IPV4.

Para que la red de internet funcione, es necesario que cada dispositivo conectado a la red tenga una única dirección. El protocolo de Internet IPV4 es la cuarta versión de la aplicación de protocolos para internet y la que actualmente funciona desde 1981, fue pensada en su momento para que cada persona en el mundo tuviera una dirección IP única, sin embargo ya que cada vez es más fácil y más económico acceder a dispositivos electrónicos con capacidad de conectividad a la red internet, entre 2003 y 2010 se produjo una escasez en la capacidad de direcciones IPV4, por tal motivo se está implementando actualmente el protocolo IPV6.

Con la aparición del protocolo de internet IPV6, aparece el termino internet de las cosas, este último afirman empresas como CISCO será la última evolución del internet, con capacidades casi ilimitadas para reunir, transportar, procesar y enviar información, la cual eventualmente la percibe el ser humano como conocimiento. Con una capacidad casi ilimitada de direcciones IP, el protocolo IPV6 permite brindar conectividad a dispositivos que antes no tenían esta capacidad, este es el caso de equipos de sonido, sistemas de monitoreo y seguridad y aplicaciones de hogar como las cerraduras, iluminación y calefacción. A esta capacidad de integración de la tecnología del hogar con la red internet se denomina domótica, siendo un primer acercamiento de las posibilidades que el internet de las cosas puede brindar a la humanidad.

El termino domótica o automatización residencial aparece a mediados de los años 80's en países desarrollados como Estados Unidos y Japón, y se popularizo

en las series de televisión y dibujos animados, en los cuales la persona llamaba a una máquina para que esta realizara labores sencillas como encender la iluminación o preparar un café. Gracias a los avances tecnológicos la brecha entre la tecnología y el hogar se está cerrando y es por esto que se puede disfrutar de un hogar con conectividad a internet, que no solo permite operar dispositivos como luces, calefactores o cortinas de manera remota, si no que presenta un importante aporte al ahorro energético, reportando el consumo eléctrico de todos los dispositivos de nuestro hogar y si es el caso desconectarlos de manera remota, así la domótica genera un importante ente para la economía en los hogares y ayuda a reducir la carga ambiental, desconectando dispositivos que accidentalmente hubiesen quedado activados.

Para el control del hogar existen diferentes métodos de conectar los dispositivos a controlar como luces, calefactores y sonido, inicialmente se realizaba de manera cableada, de esta manera se requiere que todos los dispositivos estén conectados a una central de control mediante un cable especial para la comunicación. Actualmente este procedimiento de comunicación entre los dispositivos se puede realizar de manera inalámbrica. Existen diferentes protocolos de comunicación para lograr tal fin, algunos de estos son: WIFI, Zigbee y ZWave, los cuales se explicaran de mejor manera en este trabajo.

1.2 ANTECEDENTES

Los avances tecnológicos han marcado la evolución del ser humano. De acuerdo con las afirmaciones realizadas por el cofundador de Intel, Gordon Moore en 1965 [1], quien planteo una tendencia empírica que hasta 2010 aplicaría; la cual afirma que el número de transistores por superficie en integrados se duplicaría en número cada dos años, la consecuencia directa de esta tendencia sería evidentemente dispositivos cada vez más económicos con mayores prestaciones.

Esta evolución en los circuitos integrados es notoria, ya que actualmente la tecnología es un mercado de total acceso para la mayor parte de la población. Desde los años 70's en busca de mejorar la calidad de los diferentes productos y aumentar el volumen en la producción, las grandes manufactureras en todo el mundo comienzan a realizar cambios en la forma como ejecutan sus procesos, incluyendo en estos procesos sistemas electrónicos inteligentes capaces no solo de transportar y ensamblar partes, si no realizar dichos procesos con exactitud, minimizando así el factor de error humano y aumentando la productividad y las utilidades de las compañías. La automatización industrial es el punto de partida donde las máquinas y sistemas inteligentes empiezan a hacer parte de nuestras vidas.

Fue solo hasta 1990 que la tecnología para la automatización pudo ingresar al mercado residencial; esto debido a los elevados costos, y a la falta de madurez de

dichas tecnologías. Desde este punto el término “domótica” se usa para expresar la integración de diferentes tecnologías que juntas buscan mejorar la calidad de vida de las personas que habitan en un hogar inteligente, brindando confort, seguridad, ahorro energético y control. El origen de la palabra domótica se deriva de la unión de las palabras *domus* (que significa *casa* en latín) y *tica* (de *automática*, palabra en griego, ‘que funciona por sí sola’) [2].

Con esta nueva posibilidad de negocio, diferentes compañías a nivel mundial dedicadas a la venta de dispositivos para el hogar, emprenden una carrera por desarrollar tecnologías para la automatización residencial. Muchas de ellas crean protocolos de comunicación propietarios para sus dispositivos, sin embargo el mercado de la domótica se dispara debido a la creación del protocolo de comunicación entre dispositivos llamado X10. Posteriormente, gracias al desarrollo de tecnologías de la información las posibilidades se amplían, y se generan una serie de protocolos inalámbricos para el mismo fin, es el caso de tecnologías como Zigbee, KNX-RF, insteon y zwave. A continuación se mostrarán algunos casos de éxito en los que la domótica mostró sus primeros avances.

1.2.1 Wynn resort and casino las vegas

Este lujoso hotel ubicado en las Vegas Nevada, es la construcción hotelera merecedora a la mención de cinco estrellas otorgada por la revista Forbes, siendo el primer rascacielos en el mundo con un sistema automático para limpiar todas sus ventanas, cuenta con 45 pisos y más de 2.700 habitaciones totalmente automatizadas con tecnología Z-wave. El nivel de control de cada habitación va desde el control de acceso con tarjetas inteligentes, televisión de alta calidad, sistema de HVAC¹, control de cortinas e iluminación.

El reto para la empresa contratista del proyecto (EvolveControls), consistió en generar una solución en la cual, electricistas de planta del hotel pudieran conectar los dispositivos, así como generar la menor cantidad de obras civiles y obtener una interfaz de usuario que no requiriera curva de aprendizaje de ningún tipo, es decir que fuera intuitiva. Así es como las empresas EvolveControls, Sigma (creadora del protocolo Z-Wave) y Bulogics unieron fuerzas a partir de junio de 2010 para comenzar con este proyecto.

El lapso de tiempo destinado para el proyecto fue de 6 meses, siendo la fecha límite de entrega en diciembre de 2010. Fue necesario la elaboración de un plan de ejecución el cual se cumplió con exactitud hasta el último día. Para agilizar procesos de configuración, los dispositivos z-wave que fueron instalados en cada habitación, se configuraron previo a su instalación en el lugar, con un tiempo de 12 minutos por habitación.

¹ HVAC: Heating, Ventilation, and Air Conditioning

Debido a que cada habitación se configuró como una red Z-wave independiente, la fiabilidad de las comunicaciones entre dispositivos es mucho más eficaz y confiable, así que si por accidente se perjudica un nodo, los esfuerzos por encontrarlo y reemplazarlo serán mucho menores que si fuera una única red para todas las habitaciones.

Con 65.000 dispositivos que operan bajo el protocolo de comunicación z-wave, el hotel y casino Wynn se convierte en la instalación más grande de una red Z-wave, generando un ahorro energético del 40% comparándolo con los niveles de consumo eléctrico que se presentaban antes de automatizarlo. Haciendo merecedor al título al mérito en 2012 por la sociedad de ingeniería de la iluminación y permitiendo para soluciones futuras la centralización de todas las redes zwave que componen este hotel usando tecnología zigbee para edificaciones mayores [3].

1.2.2 Casa de enfermeras Leo polaks en Holanda

Este complejo hospitalario ubicado en la ciudad de Polakhuis en Holanda inicio un proyecto en el año 2002 el cual tiene capacidad para hospedar a 75 adultos mayores con un problema en particular, todos ellos sufren de demencia senil. La prioridad de la automatización residencial es brindar mejor calidad de vida a las personas que la usan, por tal razón se invirtieron alrededor de 730.000 euros en la adecuación del lugar para permitir a sus habitantes mayor autonomía sin olvidar su dificultad, el equipo médico y de enfermeros se vio reducido drásticamente ya que con sistemas autónomos para la iluminación, las cortinas, iluminación indirecta para evitar caídas y un sistema de monitoreo en vivo así como un control de acceso moderno, los habitantes podrían estar seguros sin necesidad de supervisión directa [4].

Para el control de acceso de los residentes, la solución fue generar un tag por radio frecuencia el cual portaría cada adulto mayor en su ropa, así este no lo olvidaría, sin embargo para cada paciente este tag estaba limitado hacia áreas específicas, esto minimizaría la posibilidad de que algún paciente pudiera extraviarse o salir sin autorización.

El complejo también cuenta con un sistema de monitoreo que le permite a los enfermeros y al grupo de seguridad observar cualquier anomalía, como posibles caídas y situaciones de emergencia. Así mismo la iluminación del lugar opera de manera automática, con la opción de encenderla de manera manual si el usuario lo desea. Este sistema tiene la posibilidad de reprogramar la información, haciéndolo adaptable a las nuevas necesidades y tendencias tecnológicas.

Sin embargo existe un punto negativo, ya que la cantidad de personal necesario para operar se vio reducido drásticamente, generando el interrogante de hasta qué punto la automatización puede llegar sin excluir la labor humana [5].

1.2.3 Proyecto Rosetta

El proyecto Rosetta desarrollado por la compañía Dutch DomoticsBv, ha desarrollado un innovador sistema integrado destinado a la prevención y la gestión de los problemas que pueden ocurrir a las personas de edad avanzada como resultado de enfermedades progresivas crónicas (como el Alzheimer). La funcionalidad del sistema Rosetta; basado en radio frecuencia se puede resumir en:

- El sistema monitorea las actividades de los residentes mediante múltiples sensores de diferentes características.
- Genera una alarma en caso de inesperado, inactividad o errante, que se remitirá al cuidador.
- Este sistema genera una alarma en caso de largas variaciones en los patrones del paciente durante su día a día.

El objetivo del grupo Rosetta incluye gente con enfermedades progresivas como parkinson. Para la primer mitad de 2013 se implementaron 200 sistemas en Europa, especialmente en países como Holanda y Alemania. [6]

1.2.4 Sistema doméstico “credanet”

Credanet es un sistema de automatización residencial desarrollado en Reino Unido. Este sistema integrado tiene la capacidad de controlar y monitorear el consumo energético y la seguridad en el hogar. Este sistema fue lanzado al mercado en 1991. Para la comunicación entre dispositivos y poder operar el sistema eléctrico, Credanet utiliza la red eléctrica entre cada dispositivo.

Este sistema fue diseñado para ser totalmente compatible con los estándares europeos IHS (Integrate Home Systems) y como un sistema expandible, para aprovechar cualquier desarrollo nuevo.

Este sistema cuenta con una central de pared con un procesador y una pantalla LCD, con un módulo de comunicación para conectar a la línea telefónica y un software básico para controlar las funciones programadas.

Credanet al igual que la mayoría de sistemas para el control del hogar actualmente ofrece cuatro sistemas principales para la automatización.

- Control de temperatura: con una red de sensores de temperatura dispuestos en toda la casa conectados a la central Credanet, se puede controlar los calefactores eléctricos individualmente por cada habitación o la temperatura en toda la casa. 16 programaciones diferentes cada día están disponibles para controlar cada habitación. Adicionalmente, tiene la opción de controlar

la temperatura del agua en dos puntos, pudiendo entonces programar la temperatura del agua y también reportando la cantidad de agua caliente.

- Control de iluminación: la programación de la activación para la iluminación puede ser de manera automática y se puede configurar diariamente o semanal, adicionalmente cuenta con programaciones especiales que pueden ser activadas cuando la vivienda este inhabitada con el fin de general la impresión de actividad interna.
- Administración de la seguridad: sensores de seguridad y protección pueden ser conectados a esta central de control. Estos sensores incluyen: sensores magnéticos de apertura, sensores de presión, detectores pasivos infra-rojos, detectores de humo, gas y agua. Estos sensores se pueden activar de manera individual o colectivamente.
- Control de aparatos eléctricos: se pueden controlar diferentes dispositivos eléctricos, como el encendido o apagado de lámparas de mesa o ventiladores, así como la intensidad de los mismos, si los dispositivos son trasladados, la central Credanet tiene la capacidad de identificar el nodo y ajustar su ubicación para poderlo controlar.[7]

1.2.5 Proyecto para la unión europea: Smarthg

La Università Degli Studi Di Roma La Sapienza en Italia es la entidad que coordina el proyecto Smarthg, el cual pretende generar un proyecto viable económicamente para toda la unión europea, en el cual todas las casas estarán dotadas con dispositivos inteligentes, que le permitirán al usuario conocer el consumo eléctrico de su hogar, así como la operación remota. La información reportada por el hogar será enviada a un servidor externo con el fin de ser analizada y realizar una factura adecuada de acuerdo a los hábitos de consumo eléctrico de los habitantes de la vivienda. Con un sistema basado en el internet de las cosas, la red eléctrica tendrá la capacidad de regular la cantidad de energía que emite hacia los hogares y así mismo las plantas productoras de energía tendrán la capacidad de conocer el consumo requerido con el fin de reducir o aumentar dicha producción cuando sea necesario, optimizando este proceso que actualmente genera polémicas debido a que deben estar encendidas en todo momento, siendo grandes contribuyentes de contaminación, refiriéndose puntualmente a las termoeléctricas, las cuales necesitan carbón para su funcionamiento.

Al existir un sistema que sea capaz de determinar la tasa energética para las diferentes zonas, no se producirá energía de mas, simplemente la necesaria. Con un reporte del consumo eléctrico, los usuarios podrán observar sus hábitos de consumo y así mismo podrán mejorarlos observando una reducción drástica en los elevados precios de las facturas y de una manera indirecta contribuir con la reducción de emisiones para minimizar el calentamiento global. [8]

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la preocupación a nivel mundial por los problemas ambientales como el calentamiento global y los cambios climáticos generan interrogantes y retos de diseño para el desarrollo sostenible en los diferentes sectores económicos. Colombia por su parte, es potencia en la región para generar energía eléctrica, debido a sus fuentes hidráulicas y minas de carbón, las hidroeléctricas y termoeléctricas generan importantes recursos para la nación. Sin embargo, debido a fenómenos ambientales como el fenómeno del niño, la producción de energía eléctrica se ve gravemente afectada. El mercado residencial en el país, se encarga de consumir el 41.2% del total de la energía eléctrica producida [9]. Por tal motivo es necesario aplicar esfuerzos en el desarrollo de tecnologías que ayuden a reducir dicho consumo y concientizar a los consumidores sobre el impacto ambiental que esto genera.

Este trabajo de investigación muestra una necesidad importante de generar un aplicativo enfocado al ahorro energético para los sistemas de automatización residencial. Actualmente la mayoría de sistemas automatizados a nivel residencial en Colombia se enfocan en el control a distancia y la facilidad para el manejo entre el usuario y los dispositivos, no obstante estas funcionalidades solo abarcan la parte de confort y operatividad entre dispositivos que son parte de la domótica. Sin embargo, no abarcan el concepto completo. El ahorro energético, la autonomía y la seguridad en las redes de comunicación así como en la planta física son enfoques incluso más importantes que los anteriormente mencionados, es por eso que surge la necesidad de desarrollar dicho aplicativo.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo de investigación pretende desarrollar un aplicativo enfocado hacia el ahorro energético para instalaciones domóticas con tecnología Z-Wave. El cual permitirá al usuario saber el consumo actual de los dispositivos en su hogar que estén conectados mediante el protocolo de comunicación inalámbrico. Haciendo de este aplicativo un punto de partida y precedente para que entusiastas y estudiantes interesados en el tema de la automatización residencial decidan enfocar sus esfuerzos y realizar investigaciones más robustas, para el desarrollo de aplicativos que ayuden a minimizar el impacto ambiental reduciendo el consumo eléctrico y creando conciencia.

El uso de alternativas energéticas y la posibilidad de integrarlas a un sistema de control y reportes en línea darán la posibilidad al usuario para reducir los consumos eléctricos, generando economía y ayudando en gran parte a reducir los índices de calentamiento global y polución.

Con la divulgación de este tipo de trabajos interdisciplinarios se busca que el Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia invierta mayores esfuerzos en la educación de sus estudiantes incentivándolos hacia el desarrollo de aplicativos web en general, ya que este tipo de desarrollos no requiere de un capital económico grande teniendo en cuenta que el montaje físico es virtualmente nulo en la mayoría de los casos y los resultados se pueden observar sin necesidad de gran infraestructura.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Desarrollar un aplicativo web enfocado hacia el ahorro energético, evidenciando el consumo eléctrico en instalaciones domesticas donde se encuentren instalados dispositivos para el control residencial con tecnología inalámbrica.

1.5.2 Objetivos específicos

- Realizar el análisis y comparación de los diferentes protocolos de comunicación utilizados en la domótica.
- Realizar una interfaz de usuario basada en el protocolo que se adapta mejor a la necesidad del proyecto.
- Programar y enlazar los diferentes dispositivos a controlar por medio de una central de automatización.
- Usar normatividad internacional para caracterizar correctamente la potencia eléctrica y térmica para un área determinada.
- Realizar un aplicativo que permita visualizar la potencia eléctrica generada por los diferentes dispositivos incluidos en el sistema domótico.

1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

Este trabajo pretende desarrollar un aplicativo web enfocado hacia el ahorro energético. Para lograr este objetivo se usaran como herramientas: lenguaje de programación lua y el estándar internacional upnp.

Dicho aplicativo será capaz de reportar el consumo energético de los diferentes electrodomésticos incluidos en la red residencial, sin embargo se requiere una investigación más exhaustiva con el fin de que el aplicativo tenga la capacidad de reportar el consumo en valor monetario por kilovatio consumido, así como de restringir el consumo para el usuario en caso de ser excesivo.

La principal limitación es el presupuesto económico para implementar el sistema, ya que existen diferentes interfaces y productos para ser usados los cuales operan

bajo un protocolo determinado; sin embargo muchos de estos equipos suelen ser costosos, por tal motivo el desarrollo solo se realizó con una interfaz específica.

1.7 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DEL PROGRAMA

De acuerdo a las líneas de investigación del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia, este proyecto cumple con los requerimientos necesarios para hacer parte de la línea de automatización y domótica de esta facultad. El proyecto lo componen varios campos de investigación, debido a que involucra conocimientos en distintas áreas como lo son la etapa de control, conocimientos en electrónica de potencia para cálculos de potencia eléctrica y programación avanzada para lograr generar un aplicativo que cumpla con los objetivos propuestos así como generar confort y control a las personas que lo usaran.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

Con el fin de cumplir con el proyecto planteado en su totalidad, se desarrolló una metodología científica para poder comprender inicialmente las etapas de las cuales está compuesto y así mismo poder establecer lapsos de tiempo y un presupuesto que se ajuste para este proyecto. Para el desarrollo de La caracterización de un sistema domótico para el ahorro energético enfocado en el internet de las cosas se compone de cuatro etapas las cuales son: etapa de investigación, etapa de diseño y desarrollo, etapa de pruebas y de ajustes.

La etapa de investigación comprende:

- Estado del arte de la automatización residencial y el internet de las cosas.
- Casos de éxito de la domótica a nivel mundial enfocado hacia el ahorro energético.
- Estado del arte de la automatización residencial en Colombia.
- Análisis de los métodos y diferentes arquitecturas para construir una red eléctrica automatizada.

La etapa de diseño y desarrollo comprende:

- Estudio de las aplicaciones existentes hasta el momento para el control y automatización del hogar en Colombia.
- Calculo de la iluminación óptima requerida en los ambientes a automatizar.
- Calculo de la potencia térmica requerida para ambientar el área necesaria.
- Calculo de la potencia eléctrica de los dispositivos que harán parte de la red domótica.
- Programación básica para incluir los dispositivos en la central de automatización.

- Diseño inicial de un aplicativo que funcione para la interfaz ya existente de la central de automatización.
- Implantación del programa para el ahorro energético en la interfaz de la central de automatización.

La etapa de pruebas y ajustes comprende:

- El montaje físico de los diferentes dispositivos para el control en una red eléctrica convencional.
- Medición análoga mediante multímetros y equipos de medida de la potencia eléctrica de cada red con el fin de compararla con el reporte del programa de ahorro energético.
- El montaje y configuración de una red local de internet para conectar la central de automatización y su configuración.
- Pruebas iniciales desde el aplicativo web para el control de los dispositivos de iluminación y calefacción así como de seguridad.
- Ajustes en el programa de ahorro energético.

CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL

2.1 GENERALIDADES

En este capítulo se expone el marco referencial que es necesario para el desarrollo de este proyecto, se compone de tres partes; inicialmente un marco teórico, siguiendo de un marco técnico y finalmente un marco legal.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Historia del internet

La comunicación entre los seres humanos marco la evolución de la especie. Con el paso de los años, los medios de comunicación fueron cambiando, desde cartas y telegramas hasta el internet con las redes sociales. Es innegable el hecho que la tecnología avanza rápidamente, y esta rapidez con la cual maduran a diario los diferentes desarrollos científicos se debe gracias a la red de internet.

Con la tensión latente después de la segunda guerra mundial entre Estados Unidos y la Unión Soviética, se dio inicio a la guerra fría, aunque nunca se enfrentaron directamente, esta tensión generó grandes avances en la industria bélica. Los misiles intercontinentales presentaban la mayor amenaza para las dos potencias, estos debían ser destruidos en el aire, y para lograr este objetivo la información del lanzamiento debería reportarse en cuestión de minutos, objetivo que solo sería posible con la ayuda de ordenadores, es en este momento cuando el gobierno de los Estados Unidos decide realizar un avance importante para la tecnología de las comunicaciones.

Con la ayuda de cuatro universidades, se logró la interconexión de diferentes ordenadores con la característica que ninguno de ellos fuera el ordenador central, ya que en caso de ser atacado la red quedaría inservible, y fue así como el 29 de octubre de 1969 se realiza la primera transmisión de datos entre la universidad de UTAH y Stamford dando lugar a la red Arpanet 10.

Con la internacionalización de la red Arpanet en 1972, incluyendo universidades como el College of London en Gran Bretaña y el instituto NOR SAR en Noruega, se decide en 1982 la creación del protocolo TCP/IP (transfer control protocol- internet protocol) y es en este momento cuando aparece el internet.

Sin embargo el internet era poco atractivo para el público en general. En la década de los 90`s, el licenciado de Oxford Tim Berners-Lee desarrolla el lenguaje HTML, el cual busca incluir imágenes y texto en la red, aparte de poder descargar

y subir a la red documentos bajo un método determinista [10], así es como nace el primer buscador.

2.2.2 Funcionamiento de internet

El protocolo internet implementa dos funciones básicas: direccionamiento y fragmentación. Los módulos internet usan las direcciones que se encuentran en la cabecera internet para transmitir los datagramas internet hacia sus destinos. La selección de un camino para la transmisión se llama encaminamiento.

Los módulos internet usan campos en la cabecera internet para fragmentar y reensamblar los datagramas internet cuando sea necesario para su transmisión a través de redes de "trama pequeña". El modelo de operación es que un módulo internet reside en cada host involucrado en la comunicación internet y en cada pasarela que interconecta redes. Estos módulos comparten reglas comunes para interpretar los campos de dirección y para fragmentar y ensamblar datagramas internet. Además, estos módulos (especialmente en las pasarelas) tienen procedimientos para tomar decisiones de encaminamiento y otras funciones.

El protocolo internet trata cada datagrama internet como una entidad independiente no relacionada con ningún otro datagrama internet. No existen conexiones o circuitos lógicos (virtuales o de cualquier otro tipo). [11]

2.2.3 Direcciones IP

Las direcciones IP son un número único e irreplicable con el cual se identifica un dispositivo conectado a una red que corre el protocolo TCP-IP. Se forma por un conjunto de cuatro números del 0 al 255 separados por puntos. Cuando un dispositivo se conecta a Internet (computadora, teléfono celular, tableta) es asignado con una dirección IP, así como también cada sitio que se visite en la red tiene una dirección IP. [12]

El sistema de direccionamiento que se ha usado desde que nació Internet es llamado IPv4, y el nuevo sistema de direccionamiento es llamado IPv6. La razón por la cual se debe reemplazar el sistema IPv4 con el IPv6 es porque Internet a finales del 2014 se quedará sin espacio de direcciones IPv4, mientras que IPv6 provee una exponencialmente larga cantidad de direcciones IP.

Con la rápida evolución de la red internet desde los años 90`s, se implanta el protocolo de internet IPV4. [13]

2.2.3.1 Direcciones IPv4

Para entender por qué el espacio de direcciones IPv4 es limitado a 4.3 mil millones de direcciones, se puede descomponer una dirección IPv4. Una dirección IPv4 es un número de 32 bits formado por cuatro octetos (números de 8 bits) en una notación decimal, separados por puntos. Un bit puede ser tanto un 1 como un 0 (2 posibilidades), por lo tanto la notación decimal de un octeto tendría 2 elevado a la 8va potencia de distintas posibilidades (256 de ellas para ser exactos). Ya que se empieza a contar desde el 0, los posibles valores de un octeto en una dirección IP van de 0 a 255 como se puede observar en los siguientes ejemplos.

Ejemplos de direcciones IPv4: 192.168.0.1, 66.228.118.51, 173.194.33.16. Si una dirección IPv4 está hecha de cuatro secciones con 256 posibilidades en cada sección, para encontrar el número de total de direcciones IPv4, solo se debe de multiplicar $256 \times 256 \times 256 \times 256$ para encontrar como resultado 4,294,967,296 direcciones. Para ponerlo de otra forma, se tienen 32 bits entonces, 2 elevado a la 32va potencia dará el mismo resultado.

En países densamente poblados como China, este protocolo empieza a limitar la evolución del internet. Para 2010 quedaban menos del 10% de direcciones IPV4 disponibles, por tal motivo surge la necesidad de una nueva versión de internet, la IPV6. [13]

2.2.3.2 Direcciones IPv6

Las direcciones IPv6 están basadas en 128 bits. Usando la misma matemática anterior, se tiene 2 elevado a la 128va potencia para encontrar el total de direcciones IPv6 totales, mismo que se mencionó anteriormente. Ya que el espacio en IPv6 es mucho más extenso que el IPv4 sería muy difícil definir el espacio con notación decimal... se tendría 2 elevado a la 32va potencia en cada sección.

Para permitir el uso de esa gran cantidad de direcciones IPv6 más fácilmente, IPv6 está compuesto por ocho secciones de 16 bits, separadas por dos puntos (:). Ya que cada sección es de 16 bits, se tiene 2 elevado a la 16 de variaciones (las cuales son 65,536 distintas posibilidades). Usando números decimales de 0 a 65,535, se obtendría representada una dirección bastante larga, y para facilitararlo es que las direcciones IPv6 están expresadas con notación hexadecimal (16 diferentes caracteres: 0-9 y a-f) como se puede observar en el siguiente ejemplo.

Ejemplo de una dirección IPv6: 2607 : f0d0 : 4545 : 3 : 200 : f8ff : fe21 : 67cf que sigue siendo una expresión muy larga pero es más manejable que hacerlo con alternativas decimales.

IPv6 fue pensado para permitir el crecimiento de Internet en las generaciones futuras. Como ya se mencionó antes, cada dispositivo que se conecta a Internet utiliza una dirección IP que requiere ser única. Otras soluciones existentes o en desarrollo consideran el "compartir" una misma dirección IP entre distintos dispositivos, lo que lleva a redes complicadas que se vuelven frágiles y al mismo tiempo son difíciles de analizar para corregir problemas.

La unidad mínima de asignación en IPv6 es, utilizando la notación CIDR, un /64. Esto implica que cada dispositivo conectado a Internet utilizando IPv6 tiene a su disposición 2 a la 64 va potencia ($18,446,744,073,709,551,616$) direcciones IP.

El bloque mínimo asignado a los ISPs por los RIRs (Registros Regionales de Internet) o NIRs (Registros Nacionales de Internet) es de un /32, que implica que, en el caso en que hiciera asignaciones de tamaño /64 a cada uno de sus clientes, tendría disponibles 2 a la 32 bloques disponibles para asignación, o lo que es lo mismo, puede hacer tantas asignaciones de bloques /64 como direcciones tiene IPv4.

Hasta el momento no hay un uso específico para las direcciones IPv6 asignadas a un host, pero se espera que conforme crezca el despliegue del protocolo se genere innovación y se encuentren usos y se desarrolle tecnología que haga uso de las mismas. [14]

2.2.3.3 Transición de IPv4 a IPv6

El espacio de IPv4 se está acabando rápidamente, si un sitio aún no tiene una configuración de IPv6 es posible que no esté disponible para el grupo creciente de usuarios quienes acceden a Internet usando el protocolo IPv6, el cual no es compatible con IPv4. Por el otro lado, si el proveedor de servicios de Internet (ISP por sus siglas en inglés) aún no soporta el protocolo IPv6, no será posible acceder a sitios web que se publiquen en Internet utilizando únicamente direcciones IPv6.

El porcentaje de estos casos actualmente es relativamente pequeño, pero pronto se hará más grande.

El diseño del protocolo IPv6 da preferencia a IPv6 frente a IPv4, si ambos están disponibles (IPv4 e IPv6). De ahí que se produzca ese desplazamiento del peso en "nuestra balanza", de una forma natural, en función de múltiples factores, y sin que podamos determinar durante cuánto tiempo seguirá existiendo IPv4 en la Red y en qué proporciones. Posiblemente se puede pensar, intentando mirar la tendencia a futuro, que IPv6 llegará a ser predominante en 3-4 años, y en ese mismo entorno de tiempo, IPv4 desaparecerá de Internet, al menos en muchas partes de ella.

Es importante recordar que el 3 de Febrero de 2011 se han agotado las direcciones IPv4 en el registro central de IANA (Autoridad de Asignación de Números en Internet), por lo que los proveedores de servicios de Internet están acelerando el despliegue de IPv6 en sus redes para que tanto los nuevos usuarios como los existentes sigan disfrutando de un uso habitual y continuado de Internet. [14]

2.2.4 WSN: Wireless sensor network

Una red de sensores inalámbrica se basa en una serie de pequeños dispositivos electrónicos que poseen acceso al mundo exterior por medio de todo tipo de sensores. El nombre que se le da a este tipo de dispositivos es el de “mote” o “mota de polvo”; el cual expresa muy bien sus dos conceptos principales; su pequeño tamaño y la idea de que pueden estar situados en cualquier lugar.

2.2.4.1 Historia de la WSN

Para entender de mejor manera lo que es una Red Inalámbrica de Sensores lo más útil y recomendable es examinar brevemente su historia. Muchas de las tecnologías avanzadas que se poseen hoy en día vieron sus inicios en el sector militar, la red inalámbrica que dio a luz cualquier parecido real a una WSN moderna es el Sistema de Vigilancia de sonido (SOSUS), desarrollado por el ejército de Estados Unidos en la década de 1950 para detectar y rastrear submarinos soviéticos.

SOSUS utiliza sensores acústicos sumergidos; llamados hidrófonos, distribuidos en los océanos Atlántico y Pacífico. Hoy en día esta red está en servicio, aunque sirviendo funciones más pacíficas para el seguimiento de la fauna submarina y la actividad volcánica.

Aprovechando las inversiones realizadas entre 1960 y 1970 para desarrollar el hardware del internet de hoy en día la Agencia de Defensa de Investigación Avanzada de Proyectos (DARPA) inició el programa de red de sensores distribuidos (DSN) en 1980, para explorar formalmente los desafíos al implementar la red de sensores distribuidos o inalámbricos (distributed/wireless).

Con el nacimiento de DSN y su progreso en el mundo académico a través de universidades tales como la Universidad Carnegie Mellon y el Instituto de Tecnología de Massachusetts Lincoln laboratorios. La tecnología WSN pronto encontró un hogar en el mundo académico y de la investigación científica civil. Los gobiernos y las universidades con el tiempo comenzaron a usar WSNs en aplicaciones tales como la calidad del aire, la vigilancia, la detección de incendios forestales, la prevención de desastres naturales, estaciones meteorológicas y monitoreo estructural.

Entonces, como los estudiantes de ingeniería hicieron su camino en el mundo corporativo de los gigantes de la tecnología de la época, tales como IBM y Bell Labs, comenzaron a promover el uso de WSN en aplicaciones industriales pesadas tales como la distribución de energía, tratamiento de aguas residuales y la automatización de fábrica especializada.

Mientras que la demanda del mercado de WSNs era fuerte, moverse más allá de ciertas aplicaciones resultó ser un desafío. Los diferentes sectores; como el militar, ciencia, tecnología e industria pesada, de décadas anteriores estaban todos basados en sensores caros, voluminosos y con protocolos de redes propios.

Estos WSNs colocaban un plus en funcionalidad y rendimiento, mientras que otros factores tales como los costos de hardware y de implementación, la creación de redes, normas, el consumo de energía y la escalabilidad fueron un gran problema en aquella época. La combinación de alto costo y bajo volumen impedía la adopción generalizada y el despliegue de redes inalámbricas de sensores en una gama más amplia de aplicaciones. [15]

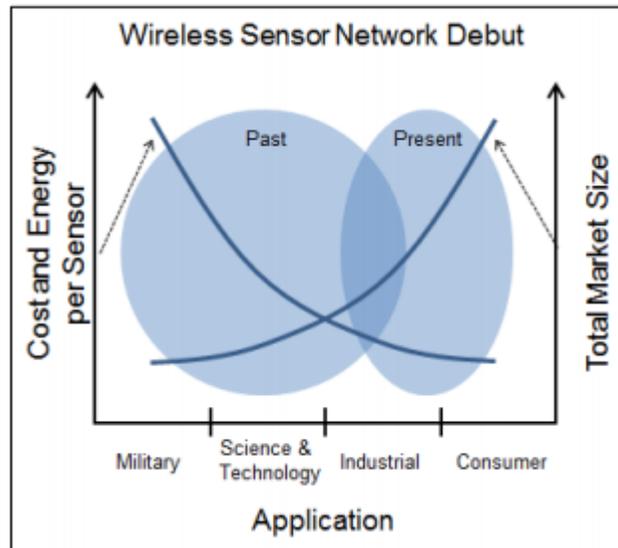
2.2.4.2 Transiciones de la tecnología WSN

Aunque la tecnología para aplicaciones industriales y de consumo de gran volumen no existía en el siglo 20, tanto en el mundo académico como en la industria se reconoció el potencial de este tipo de redes y formaron esfuerzos conjuntos para resolver los retos de ingeniería. Ejemplos de estas iniciativas académicas / industriales incluyen:

- UCLA - Red de sensores inalámbrico integrados (1993).
- Universidad de California en Berkeley programa - PicoRadio (1999).
- MIT - μ Programa de adaptación de sensores conscientes multi dominio (2000).
- NASA - Redes de sensores (2001).
- Alianza ZigBee (2002).
- Centro de red de sensores embebidos (2002).

El objetivo de muchas de estas iniciativas y organizaciones fue permitir el despliegue de grandes volúmenes de WSNs en aplicaciones industriales y de consumo, reduciendo el costo de fabricación y de energía consumida por sensor, mientras se simplificaban las tareas de desarrollo y mantenimiento. Esta evolución se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Ganancia de Mercado de los WSN vs Disminución del costo de los sensores

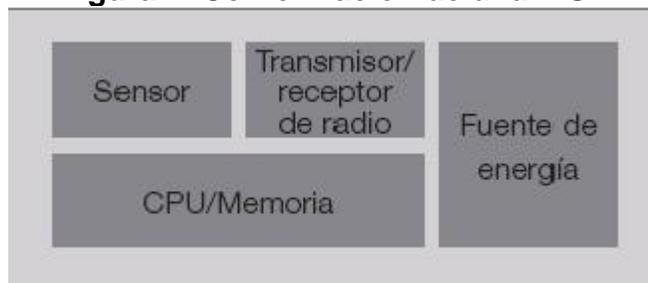


Fuente: The Evolution of Wireless Sensor Networks [15].

2.2.4.3 Composición de una red de sensores inalámbricos WSN

La red de sensores inalámbricos está formada por numerosos dispositivos distribuidos espacialmente; estos son unidades autónomas que constan de un microcontrolador, una fuente de energía, un radio-transceptor (RF) y un elemento sensor como se aprecia en la figura 2.

Figura 2. Conformación de una WSN



Fuente: Wireless Sensor Network 16.

Debido a las limitaciones de la vida de la batería, los nodos se construyen teniendo presente la conservación de la energía, y generalmente pasan mucho tiempo en modo "durmiente" o de bajo consumo de potencia. Las WSN tienen capacidad de auto-restauración, es decir, si se avería un nodo, la red encontrará nuevas vías para encaminar los paquetes de datos. De esta forma la red sobrevivirá en su conjunto aunque haya nodos individuales que pierdan potencia o se destruyan.

Las capacidades de autodiagnóstico, autoconfiguración, autore Restauración y autoreparación son propiedades que se han desarrollado en este tipo de redes para solventar problemas que no eran posibles con otras tecnologías. [16]

2.2.4.4 Eficiencia energética

El objetivo de la eficiencia energética es maximizar el tiempo de vida de la red al mismo tiempo que la aplicación cumple con sus requisitos. Las mejoras tecnológicas que permiten aumentar la capacidad de las baterías progresan despacio. Esto quiere decir que la eficiencia energética seguirá siendo un reto para este tipo de redes en el futuro próximo.

Para que los nodos de la WSN tengan un bajo consumo energético se debe recurrir necesariamente a elementos de baja potencia, lo cual implica aceptar compromisos sobre el rendimiento medio. Por regla general una CPU de baja potencia opera en un ciclo reducido de reloj, con menos características en el chip que otras unidades homologas que consumen más energía. Los elementos a considerar para optimizar el consumo energético en los nodos para lograr el máximo tiempo de vida en la red son:

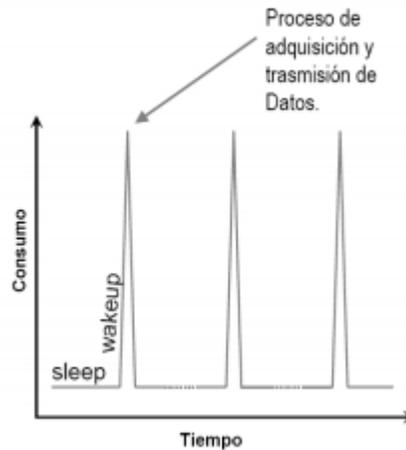
La comunicación es el primer consumidor de energía; un sistema distribuido significará que algunos sensores necesitaran comunicarse a través de largas distancias, lo que se traduce en un mayor consumo energético. Por tal razón se procesa localmente la mayor cantidad de datos para minimizar el número de bits transmitidos.

Otro aspecto importante es la capacidad de la CPU para entrar en el modo "sleep" mientras no tenga nada que hacer. La forma en que los datos se envían desde los nodos afectará sustancialmente el consumo; y se puede realizar de tres formas distintas: de modo continuo o en los intervalos establecidos, dirigido por eventos, o dirigido por consulta.

Existen configuraciones de software y hardware que se pueden usar para conseguir la mayor optimización del consumo de energía.

- Economizar la distancia de las comunicaciones.
- Programación eficiente de las líneas de código.
- Protocolos de enrutamiento.
- Configurar adecuadamente los estados de los nodos.

Figura 3. Estado de un nodo sensor



Fuente: Wireless Sensor Network [16]

Como se observa en la figura 3 en el modo *sleep* es donde se deberá encontrar la mayor parte del tiempo, al pasar al estado *wakeup* se deberá minimizar en lo posible este tiempo para pasar rápidamente al estado de trabajo, el nodo se encontrará el menor tiempo posible en el estado de trabajo o *active* para hacer su labor y retornar casi que de inmediato al modo *sleep*.

La reducción de los costos de implementación al tiempo que aumento la funcionalidad de la WSN implico grandes avances en cuatro áreas claves de la tecnología: sensores, dispositivos semiconductores basados en CMOS, protocolos de red y generación o almacenamiento de energía. La culminación de este esfuerzo es el despliegue de las redes de sensores inalámbricos para que de allí pueda emerger el Internet de las Cosas (Internet of things). Pero antes de entrar al mundo del internet de las cosas se deberá aclarar y pulir la información sobre las direcciones IP. [16]

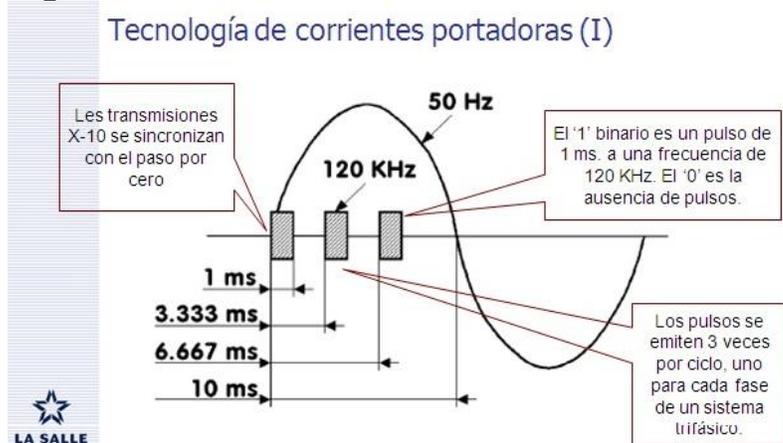
2.2.5 Protocolos inalámbricos aplicados a la domótica

2.2.5.1 X10

Este protocolo de comunicación para aplicaciones domóticas fue desarrollado en 1976 por los ingenieros de la empresa Pico Electrics, en Escotland. Su nombre se debe a una serie de micro controladores que serían usados en un proyecto denominado Serie X. La forma como el protocolo X10 transmite la información entre dispositivos integrados a un sistema de automatización residencial, se debe gracias a las corrientes portadoras, es decir, envía información de control usando la señal senoidal generada por la red eléctrica. Con un protocolo sencillo de direccionamiento, la tecnología X10 es capaz de controlar hasta 256 dispositivos en una misma red.

La transmisión X10 está sincronizada con los pasos por cero de la corriente. Un uno binario está representado como un pulso de 120 KHz durante un milisegundo, y un cero como la ausencia de ese pulso. La transmisión completa de un código X10 necesita 11 ciclos de corriente. Los dos primeros ciclos son para el código de inicio de mensaje, 1110. Los cuatro siguientes son el código de casa, y los cinco siguientes con el código de unidad o de función. Este bloque completo es transmitido dos veces, separadas cada una por tres ciclos de corriente; como se observa en la figura 4. [17]

Figura 4. Transmisión de las señales de control X10



Fuente: Tecnología de Corrientes portadoras Protocolo X-10 [18]

El protocolo está dividido por dos partes fundamentales, los códigos de casa; son 16 grupos de direcciones que van desde la letra A hasta la P y los códigos de unidad que se componen al igual que los códigos de casa por 16 direcciones. La comunicación se realizaba por cadenas de control, que son sucesiones de unos y ceros que completaban los comandos. En su primera versión tan sólo existían seis operaciones, encender, apagar, aumentar, disminuir, todo apagado y todo encendido.

Estas señales son recibidas en todos los módulos, pero sólo el módulo con la misma dirección que la indicada en el mensaje de control realizará alguna operación. El mensaje completo tiene 48 bits. Posteriormente, los códigos de operación fueron extendidos a 256 con una cabecera especial, e incluso, la cantidad de información que porta un mensaje puede ser mayor de 48 bits si es usado el código de datos extendidos en la cabecera de control del mensaje.

Actualmente existe un amplia gama de dispositivos disponibles en el mercado, los cuales funcionan a través de este protocolo, sin embargo existen una serie de limitaciones que hacen del protocolo X10 una tecnología casi obsoleta para los sistemas de automatización residencial.

Cuando este estándar fue creado, la velocidad de transmisión de la información no suponía un problema, sin embargo en un mundo cada vez más exigente, en el cual se requieren tiempos de respuesta más cortos y se presentan avances a diario con el fin de minimizar cada vez más dichos tiempos, este protocolo presenta falencias ya que X10 puede transmitir entre 50 a 60bps como máximo [19].

Sin embargo, el aspecto más preocupante al usar tecnología X10 para la automatización residencial es el aspecto de seguridad en la red, pues aunque se utilicen filtros de señal a la entrada de la red doméstica, los diferentes comandos para operar los dispositivos X10 siguen viajando por la red eléctrica, sin ninguna forma de incorporar encriptación a dichos comandos, haciendo del protocolo X10 inseguro y débil contra ataques informáticos.

2.2.5.2 Zigbee

Zigbee es el nombre que se le da a un conjunto de protocolos de comunicación inalámbrica por radio frecuencia. Esta tecnología; desarrollada por la Zigbee Alliance, se creó bajo la necesidad de crear comunicaciones inalámbricas seguras, pero con una baja tasa de envío de datos y un bajo consumo de energía para así maximizar la vida útil de las baterías de cada elemento. La red en su conjunto consumirá muy poca energía dándole a los dispositivos una autonomía superior a dos años; antes de cambiar su fuente de alimentación.

ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal área Newark, WPAN) y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. ZigBee es un sistema ideal para redes domóticas, específicamente diseñado para reemplazar la proliferación de sensores/actuadores individuales.

A diferencia de otros tipos de comunicación inalámbrica Zigbee crea una red de conexión multipunto, por lo tanto los obstáculos físicos entre cada elemento de la red no van a causar ningún tipo de impedimento en el correcto funcionamiento del sistema de comunicación; claro está que para que esta red se comporte de tal manera se necesitan los tres elementos esenciales de un protocolo zigbee, los cuales pueden ser acomodados para formar redes de malla, estrella o árbol. Estos elementos son:

- **Coordinador:** Encargado de controlar la red Zigbee, además es el que forma la red, maneja las direcciones del sistema, monitorea la seguridad y estabilidad del sistema, etc.
- **Ruteador:** Comunica los dispositivos terminales que no tienen contacto directo con el dispositivo coordinador, cuando están muy separados uno del otro.

- Terminal: Dispositivo final que se interconecta con el coordinador o router; envía datos referentes al estado de la variable a controlar.

2.2.5.2.1 Características de Zigbee

- Velocidades: Entre 20 y 250 Kbps.
- Rangos de alcance: De 10 a 100 m.
- Bandas de frecuencias: Puede usar las bandas libres ISM de 2,4 GHz (Mundial), 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU).
- Redes y nodos: Una red ZigBee puede estar formada hasta por 65.535 nodos en subredes de 255 nodos, los cuales están la mayor parte del tiempo dormidos con objeto de consumir menos energía que otras tecnologías inalámbricas.
- Durabilidad: Un sensor equipado con un transceiver ZigBee pueda ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años.
- Diferentes tipos de topologías: Estrella, punto a punto, malla, árbol.
- Acceso al Canal CSMA/CA (acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones).
- Escalabilidad de Red: Un mejor soporte para las redes más grandes, ofreciendo más opciones de gestión, flexibilidad y desempeño.
- Fragmentación: Nueva capacidad para dividir mensajes más largos y permitir la interacción con otros protocolos y sistemas.
- Agilidad de Frecuencia: Redes cambian los canales en forma dinámica en caso que ocurran interferencias.
- Gestión automatizada de direcciones de dispositivos El conjunto fue optimizado para grandes redes con gestión de red agregada y herramientas de configuración.
- Localización grupal: Ofrece una optimización adicional de tráfico necesaria para las grandes redes.
- Puesta de servicio inalámbrico: El conjunto fue mejorado con capacidades seguras para poner en marcha el servicio inalámbrico.
- Recolección centralizada de datos: El conjunto fue sintonizado específicamente para optimizar el flujo de información en las grandes redes.

2.2.5.2.2 Nivel de seguridad de una red Zigbee

ZigBee utiliza claves de 128 bits según lo dispuesto en el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad.

- Control de accesos: El dispositivo mantiene una lista de los dispositivos comprobados en la red.
- Datos Encriptados: Los cuales usan una encriptación con un código de 128 bits.
- Integración de tramas: Protegen los datos de ser modificados por otros.
- Secuencias de refresco: Comprueban que las tramas no han sido reemplazadas por otras. El controlador de red comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas. [20]

2.2.5.3 KNX-RF

El estándar internacional Konnex o KNX como comúnmente se le conoce, nace en 1999 con la unión de tres entidades europeas para la comunicación y las conexiones eléctricas. La EIBA (European installation Bus Association), laEHSA (European Home Systems Association) y la BCI (Batibus Club international). KNX es conocido como el estándar mundial para el control de edificios y viviendas. Inicialmente la transmisión de las señales se realizaba a través de un cable o Bus el cual interconecta todos los dispositivos para el control. Este cable permite que las instalaciones domesticas sin importar su orden puedan recibir órdenes, independientemente de la distancia entre ellos y su ubicación. [21]

KNX funciona de manera jerárquica, es decir que la unidad mínima es la línea de comunicación, en una línea se pueden conectar hasta 64 dispositivos como máximo. También se tienen que cumplir las siguientes condiciones para esa línea:

- Se disponga como mínimo de una fuente de alimentación.
- No supere los 1000 metros la longitud total de la instalación.
- Entre un dispositivo y la fuente de alimentación no puede haber una distancia mayor a 350 metros.
- Exista una separación mínima entre fuentes de alimentación de 200 metros
- Entre los diferentes dispositivos la distancia no puede ser mayor a 750 metros por línea.

Según el sistema usado por la EIB la línea es la parte fundamental, el área se obtiene uniendo varias líneas que llegan a ser hasta 15 líneas secundarias para conectar un total de hasta 960 dispositivos. Estas líneas secundarias se acoplan a la línea principal usando un elemento llamado acoplador de línea. De la misma manera, se pueden unir varias áreas, a esta línea principal se le denomina Backbone la cual permite gestionar hasta 14400 dispositivos. Sin embargo por medio de repetidores se pueden controlar hasta 57600 aparatos.

Teniendo clara la estructura mediante la que se conectan los diferentes aparatos, es importante tener claro la estructura de las tramas de comunicación. Los datos a través de este protocolo se transmiten en modo simétrico, además cuenta con una

especie de filtros de señal que junto con la simetría de los conductores, atenúa las señales causadas por ruido.

Las señales que se utilizan son de carácter binario, así pues un “1” lógico representa la ausencia de paso de señal, mientras que el “0” lógico representa un impulso negativo.

La comunicación entre dispositivos se realiza en varias etapas. Inicialmente, el dispositivo espera un tiempo hasta que el medio de transmisión este libre, después que este libre, comprueba que ningún otro dispositivo en la línea haya empezado a enviar datos, si estas dos condiciones se cumplen, se inicia el envío del telegrama para finalmente esperar otro tiempo para comprobar que el dispositivo recibió la información, la velocidad máxima de transferencia en KNX es de 9600 bps.

El protocolo de comunicación KNX proporciona gran flexibilidad, tanto en tamaño de la edificación como en ampliaciones de sistema, así mismo, permite la integración de diferentes dispositivos de distintos fabricantes. Además, reduce el riesgo de incendios en la infraestructura por corto eléctrico, ya que el cable de datos va de manera paralela al cable de alimentación.

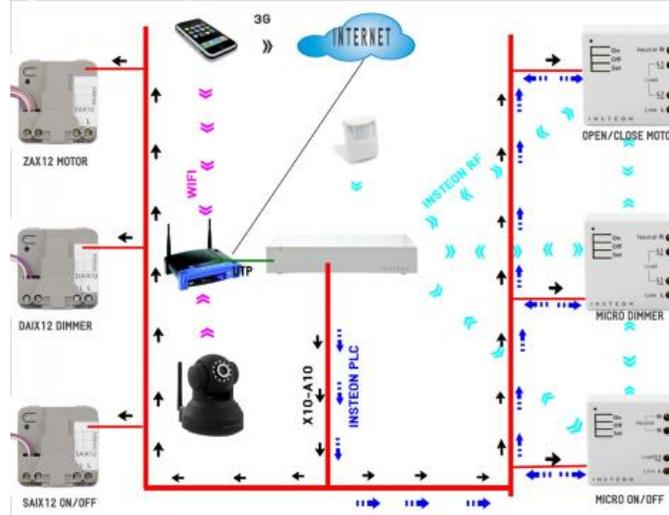
Sin embargo presenta un elevado precio de implementación, ya que los dispositivos tanto para el control como receptores son costosos. Además, se requiere que el lugar de implementación aun no esté terminado, ya que supone un coste más elevado la obra civil que generara atravesar un cable de datos que las propias prestaciones que se pueden obtener.

2.2.5.4 Insteon

Insteon es un protocolo de comunicación creado especialmente para el área de la domótica, lo que hace confiable y efectivo a este método es su doble malla de red. Lo cual significa que utiliza tanto señales de radiofrecuencia como señales que viajan a través del cableado eléctrico existente en el espacio a controlar; evitando así los inconvenientes que se presenta el envío de información por radiofrecuencia al encontrarse con un obstáculo físico de cualquier tipo, como una pared.

Con esta tecnología cada dispositivo actúa como un repetidor de señal; de tal manera que la efectividad del sistema domótico es proporcional a la cantidad de unidades que se instalen en el ambiente controlado. Los módulos INSTEON repetirán las señales valiéndose de las dos vías de comunicación explicadas en el párrafo anterior (RF y PLC); al remitirse a la figura 5 se podrá entender mejor el concepto de las dos vías, manejando frecuencias de 868 MHz y 130 KHz respectivamente.

Figura 5. Esquema de funcionamiento Insteon.



Fuente: Protocolo Insteon [22]

En un espacio en donde están instalados dispositivos insteon no hay necesidad de poseer una central de monitoreo; pero si se desea controlar el ambiente a través de un celular, tablet o computador; desde cualquier parte del mundo, se debe hacer uso de la central de control. Para lo cual cada módulo posee un identificador único (IP), que lo identifica en la red, para que las personas no autorizadas no puedan hacer intromisiones en su sistema.

Gracias a los 19 millones de módulos diferentes que se pueden incorporar en una red INSTEON; y a su posibilidad de emitir; también, señales X10 para poder aprovechar los módulos instalados de tecnología anterior, las funciones que se pueden tener son casi ilimitadas.

2.2.5.5 PLC (Power Line Communication)

En 1997, las compañías UnitedUtilities, de Canadá, y Northern Telecom, de Inglaterra, presentaron al mercado una tecnología que podía conseguir que Internet fuera accesible desde la red eléctrica: el PLC (Power Line Communications). Desde entonces, las compañías eléctricas empezaron a pensar que podían sacar un mayor rendimiento a sus redes y han sido numerosas las iniciativas en el sector para llevar a cabo un despliegue masivo de este servicio de comunicaciones.

Luego fueron los alemanes los que se unieron a la carrera por desarrollar la tecnología Power Line. A fines del '99 y principios de 2000 España ingresó también en esta disputa a través de Endesa.

El PLC en sus orígenes se limitaba al control de las líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de las lecturas de contadores. Más adelante, las

propias empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos a modo interno, PLC traduce Power Line Communication, es la tecnología que permite la transmisión de voz y datos a través de la red eléctrica existente. Este sistema permite actualmente la transmisión de información a velocidades de hasta 135 Mbps.

En la actualidad, esta tecnología nos ofrece una alternativa a la banda ancha ya que las PLC utilizan una infraestructura ya desplegada, como son los cables eléctricos. Basta un simple enchufe para estar conectado. Además, ofrece una alta velocidad, suministra servicios múltiples con la misma plataforma y permite disponer de conexión permanente.

Adicionalmente, al utilizar los cables eléctricos, como medio de transmisión, la instalación eléctrica domiciliaria se comporta como una red de datos en donde cada enchufe es un potencial punto de conexión al mundo de la Internet.

Las principales características de Power Line Communication son varias:

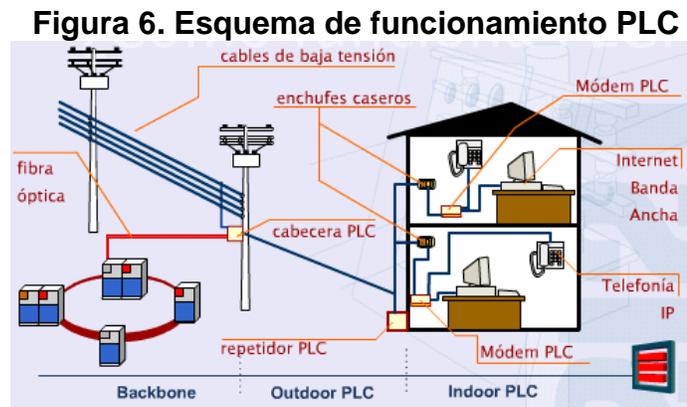
- No es necesario ningún tipo de obra adicional para poder disfrutar es esta tecnología de Banda Ancha, al utilizar la propia red eléctrica para la transmisión de datos y voz.
- No sufre de los inconvenientes de ADSL o cable que no llega en muchos casos al usuario final. Al estar ya implantada la red eléctrica permite llegar a cualquier punto geográfico.
- Se dispone de una única toma a la cual se conecta un módem con tecnología PLC.
- La conexión es permanente durante las 24 horas del día.
- Su instalación por parte del cliente es sencilla y rápida.
- El ancho de banda es de 45 Mbps aunque actualmente ya se alcanzan velocidades de 135 Mbps y en breve se llegará a 200 Mbps, permitiendo la distribución de datos, voz y vídeo de manera rápida y confiable.
- Posibilidad de implementar servicios como Internet a altas velocidades, telefonía VoIP (Voz sobre IP), Videoconferencias, VPN's, Redes LAN, Games online, Teletrabajo y comercio electrónico.

La comunicación PLC por los cables electrónicos requiere de un MODEM cabecera en el centro de transformación eléctrica que ilumina el edificio para enviar la señal.

En el domicilio del usuario se instala un MODEM PLC (similar a los de ADSL) donde se podrán conectar sus equipos de transmisión de voz y datos como computadores, teléfonos, impresoras y potencialmente otros dispositivos preparados para ello (como alarmas, aire acondicionado, etc.).

La tecnología Power Line Communications basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de baja tensión como medio de transporte desde un Centro Transformador, Hasta el cliente, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos.

Básicamente, esto transforma al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión, así como se observa en la figura 6.



Fuente: Repositorio.espe.edu.ec [23]

2.2.5.5.1 Campos de aplicación de PLC

Con la tecnología PLC se podrá disfrutar de innovadores servicios de comunicaciones. La implementación de la tecnología PLC, por su gran ancho de banda y bajo costo, hará realidad el desarrollo de nuevos servicios a distancia para el hogar y la oficina.

- Internet avanzado: Se podrá tener acceso a Internet de Alta Velocidad. Nuevos servicios estarán disponibles gracias al mayor ancho de banda.
- Mensajería unificada: Buzón único para todos los mensajes de telefonía fija, Móvil (SMS), Fax y Correo Electrónico.
- Televisión, música y radio “a la carta”: Se podrá descargar video y sonido desde la Internet. Se tendrá acceso a películas, televisión, programas de radio.
- TV digital interactiva: Con la conexión a la televisión digital podrás realizar comercio electrónico, reservas, entradas, juegos, entretenimiento multimedia e Internet.
- Juegos en la red: Se podrá participar en campeonatos de juegos en línea con otros contrincantes en la Red.
- Domótica: Se podrá controlar los electrodomésticos a distancia, por ejemplo desde el trabajo o mientras se está de vacaciones: poner la lavadora, encender el aire acondicionado, conectar el horno, grabar una película, alimentar a los peces, etc.

- Seguridad a distancia: Alarmas de robo e incendio que protegen la casa conectándola directamente con la central de policía y/o de los bomberos.
- Telediagnóstico: Los servicios técnicos de los fabricantes de los electrodomésticos pueden conocer las averías y presupuestar las reparaciones sin tener que desplazarse, ahorrando costos y molestias innecesarias.
- Teleasistencia: Posibilita la vigilancia de niños o enfermos a distancia.
- Telefonía: Se podrá disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar un terminal a la línea telefónica convencional.
- Servicio PLC desde diferentes habitaciones: La tecnología PLC permite conectarse a Internet y/o hablar por teléfono desde los enchufes eléctricos, ofreciendo la posibilidad de navegar y/o hablar de diferentes habitaciones de la casa u oficina.
- Hablar y navegar al mismo tiempo: La tecnología PLC permite la transmisión simultánea de voz y datos (se puede navegar por Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo).
- Alta velocidad: Conexión a Internet a alta velocidad (hasta 2 Mbps).
- Instalación simple y rápida: Instalación simple y rápida en casa del cliente (solo es necesario conectar un MODEM PLC), y no requiere obras ni cableado.
- Multitud de nuevos servicios: Puede suministrar múltiples servicios con la misma plataforma tecnológica IP (un solo MODEM permite el acceso a Internet a alta velocidad y telefonía, así como diversos servicios a distancia como Demótica, TV interactiva, Teleseguridad, etc.).
- Conexión permanente: Proporciona una conexión a Internet permanente (las 24 horas del día) y sin interrupciones.
- Red local: Los enchufes eléctricos son suficientes para disponer de una red local en la vivienda u oficina.

Con todo esto, las mayores ventajas de Power Line apuntan a su disponibilidad mundial, efectividad del costo y facilidad de instalación. A la vez, la conveniencia de conectar cualquier dispositivo a través de un enchufe de corriente permite navegar, bajar videos, transmitir datos y hablar por teléfono.

La siguiente comparación es para dar una idea de las posibles diferencias entre las distintas tecnologías. Se espera que el valor de la tecnología PLC será bastante inferior al de los actuales ADSL y Cable en el mismo rango de velocidades. [23]

2.2.5.6 UPnP

UPnP es el acrónimo de Universal Plug and Play, una familia de protocolos de comunicación que permite que computadoras, impresoras, bridges (dispositivos puente), puntos de acceso inalámbricos, dispositivos móviles, etcétera, descubran otros dispositivos presentes en una red, de manera de poder establecer y compartir

servicios y datos. Esta familia de protocolos está diseñada principalmente para entornos hogareños y permite que los dispositivos que se conecten a una red hogareña puedan ser utilizados casi de manera instantánea sin ser configurados.

La principal característica de esta arquitectura es su posibilidad de funcionamiento sin configuración inicial y con descubrimiento automático de los dispositivos entre sí, lo que facilita enormemente la labor de instalación y mantenimiento, ya que los dispositivos se integran automáticamente en la red, informando directamente a los demás dispositivos sobre los servicios que ofrecen y de cómo hacer uso de ellos.

El significado práctico es que para agregar un dispositivo UPnP a la red IP del hogar, basta con conectarlo y él solo se configura para integrarse en dicha red IP. Dicho de otro modo: son dispositivos para diferentes aplicaciones que se añaden sin requerir instalación. Además, con UPnP no hay que reprogramar el sistema para ampliarlo.

En UPnP, los dispositivos informan en todo momento de su estado, es decir, que se puede interrogar a una luz y ella informa de si está encendida o apagada. En términos prácticos, cuando se da una orden a un dispositivo, “se ve” si dicha orden se ha ejecutado, pues el dispositivo contesta confirmando que se ha realizado la acción.

También significa que si el usuario se conecta remotamente a la vivienda, mediante un acceso a Internet por ejemplo, puede ver el estado de los elementos de la casa, alarma activada o no, luz encendida o apagada, etc., y sus cambios de estado ante diversas órdenes. [24]

2.2.5.6.1 Redes

Si se traslada este concepto al ámbito de redes, se puede definir que son dispositivos que, una vez que se conectan a una red de computadoras, comienzan a comunicarse con otros dispositivos y a intercambiar información sin la necesidad de ser configurados con anterioridad.

Esta tecnología soporta los medios de transporte de datos más comunes, como Ethernet, IrDA (puerto infrarrojo), Bluetooth y Wi-Fi.

2.2.5.6.2 Funcionamiento

Como primer paso, cada dispositivo UPnP buscará un servidor DHCP en cuanto se conecte por primera vez a la red. De no existir ningún servidor DHCP, el dispositivo se asigna automáticamente una dirección IP. Una vez que un dispositivo ha establecido una dirección IP, el siguiente paso en UPnP es el descubrimiento.

Esto permite a los dispositivos que acaban de conectarse a una red anunciar sus servicios a los puntos de control presentes en la red.

Cuando un punto de control descubre un dispositivo, obtiene poca información sobre él. Por este motivo, debe obtener, a través de solicitudes, información sobre sus capacidades para poder interactuar. Al obtener la descripción del dispositivo, el punto de control puede manipular los servicios intercambiando mensajes. De esta manera, al invocar acciones en los servicios de un dispositivo, este responderá con un mensaje de control con los resultados de la acción, de forma similar a una llamada a una función.

Los efectos de la acción, en caso de existir, se modelarán mediante cambios en las variables que describen el estado del servicio. El último paso en UPnP es la presentación. Si un dispositivo posee una web de presentación, entonces, el punto de control podrá hacerla visible en un navegador y, dependiendo de las características de ella, permitirá a un usuario controlar el dispositivo o consultar su estado. El nivel de control presente en un dispositivo dependerá en gran medida de la naturaleza de este y del grado de interactividad que se encuentre en la interfaz de presentación.

2.2.5.6.3 Arquitectura UPnP

La arquitectura UPnP permite conexiones bidireccionales entre dispositivos tales como computadoras, electrodomésticos, dispositivos electrónicos de distinta índole y dispositivos inalámbricos. Es una arquitectura de naturaleza abierta y distribuida basada en estándares como los protocolos TCP/IP, HTTP, XML y SOAP. Los puntos de control son dispositivos que utilizan el conjunto de protocolos UPnP para controlar a otros dispositivos. [25]

2.2.6 Requisitos de un sistema de control inalámbrico

Para identificar una tecnología inalámbrica buena para la automatización residencial hay una serie de requerimientos que se tienen que considerar:

- Estabilidad en las comunicaciones: Características importantes como el control de motores o instalaciones de seguridad serán controladas de manera inalámbrica. Debido a esto, es esencial que todos los mensajes sean recibidos a los dispositivos y adicionalmente estos dispositivos envíen un mensaje de confirmación hacia el transmisor. No todos los protocolos inalámbricos de comunicación cumplen con este requerimiento.
- Seguridad en las comunicaciones: se debe garantizar en todo momento que sistemas no autorizados a propósito o de manera accidental intercepten o interfieran las comunicaciones del sistema inalámbrico. Normalmente tecnologías codificadas y sistemas cortafuegos aseguran esto.

- **Baja emisión de radio frecuencia:** las tecnologías inalámbricas para el control del hogar son usadas en dormitorios; por tal motivo es necesario tener en cuenta las emisiones electromagnéticas emitidas por los dispositivos de control.
- **Fácil uso:** la automatización residencial debe hacer la vida del usuario más fácil y no más complicada.
- **Protección de la inversión:** las soluciones en domótica suelen ser instaladas durante la construcción o las renovaciones de las edificaciones y necesitan cumplir con la vida útil normal de las instalaciones eléctricas. Es importante estar seguro, que el usuario pueda reemplazar dispositivos o extender sus sistemas incluso después de años y no corra el riesgo de incompatibilidades.
- **Interoperabilidad:** las funciones de la automatización residencial como lo es la climatización, iluminación o el control de cortinas son implementadas por diferentes proveedores que ofrecen distintas marcas y no se puede forzar a adquirir un producto solo para que opere de manera correcta.

2.2.7 Alternativa para el control del hogar de manera inalámbrica

En el mercado existen varias tecnologías inalámbricas para desarrollar un sistema domótico, que cumplen más o menos con los requerimientos de funcionamiento solamente sin conexión a internet; a continuación se expone la alternativa análoga.

2.2.7.1 Control análogo usando 27 MHz o 433 MHz

Los sistemas análogos que se comunican inalámbricamente, están disponibles por fabricantes desconocidos, estos sistemas tienen precios muy bajos. La fuerte diferencia en el precio de estos dispositivos se debe mayormente a la baja calidad en la manufactura de los mismos y una baja seguridad en las comunicaciones.

La frecuencia de operación de esta clase de dispositivos normalmente es la misma usada por otra serie de aparatos con uso residencial como sistemas de video niñera e intercomunicadores, esto conlleva a que el comportamiento de este tipo de sistemas sea impredecible. Este tipo de control inalámbrico no es usado para instalaciones robustas.

2.2.7.1.1 Características de los sistemas análogos

- No cuentan con seguridad en las comunicaciones.
- No cuentan con estabilidad en las comunicaciones.
- Presentan baja emisión de campo electromagnético.
- Fáciles de instalar.
- Bajo precio en los dispositivos.

- No cuentan con protección de la inversión ya que no tienen garantía extendida.
- No cuentan con interoperabilidad entre dispositivos.

2.2.8 Protocolos de comunicación propietarios de diferentes fabricantes

Múltiples fabricantes han desarrollado sus propias soluciones de sistemas inalámbricos para el control del hogar y algunos de estos fabricantes ofrecen una amplia variedad de productos. Algunas de estas empresas son Intertechno, Free Control (Kopp), FS20. La mayoría de estos protocolos usan radio frecuencia de 868 MHz para la comunicación.

Algunos protocolos han implementado una comunicación de doble vía. La limitante más grande de este tipo de soluciones es la limitación de proveedores. Mientras que esto presentaría un gran atractivo para la instalación, no garantizaría la disponibilidad de equipos a largo plazo y estabilidad en el protocolo.

2.2.8.1 Características de los protocolos inalámbricos propietarios

- Seguridad parcial en las comunicaciones.
- Estabilidad parcial en las comunicaciones.
- Baja emisión electromagnética.
- Interfaz fácil de usar.
- Bajo precio en los dispositivos.
- No cuentan con protección de la inversión debido a mejoras en los productos.
- No cuentan con interoperabilidad entre diferentes dispositivos.

2.3 MARCO TÉCNICO

2.3.1 Domótica

La automatización residencial, también llamada domótica, tiene como objetivo minimizar la labor humana y aumentar el confort mejorando la calidad de vida de sus habitantes. Los aspectos más relevantes de la domótica son la seguridad, entretenimiento, control de ambientes, y control sobre la red. El objetivo de esta tecnología es unificar varios sistemas existentes en la vivienda convirtiéndolo en un único sistema inteligente que minimice el tiempo y esfuerzos que los propietarios gastan para atender labores del hogar, al tiempo que aumenta la seguridad y el confort.

Para tener el control de los dispositivos en el hogar es necesario enviar información que los dispositivos como luces y sistemas de calefacción entiendan como órdenes. Para que dichos dispositivos entiendan estas órdenes, se requiere parametrizar la información; crear protocolos de comunicación especiales es primordial para su funcionamiento.

Los protocolos de comunicación varían dependiendo el fabricante y el país donde se implemente la domótica, y gracias a la rápida evolución de las tecnologías de la comunicación el medio de transmisión de datos. Inicialmente, esta transmisión se realizó mediante la misma red eléctrica, con el fin de aumentar la seguridad de estas comunicaciones se implementaron cables especializados para enviar los comandos, el resultado fue un sistema de automatización seguro y fiable pero costosos y casi imposible de implementar en infraestructuras que ya estuvieran terminadas. Sin embargo tecnologías inalámbricas desarrolladas en los últimos 20 años permiten desarrollar instalaciones para el control del hogar de manera más sencilla.

Teniendo en cuenta estas nuevas tecnologías, es importante conocerlas a fondo, ya que al no tener un cable mediante el cual se transmitan los comandos de control, se presentan mitigaciones de la señal por barreras físicas como muros o puertas, y desconocer estas características puede generar resultados inesperados de desconexión o retardos en la señal. Por tal motivo, existen diferentes arquitecturas para la conexión de dispositivos dependiendo el protocolo de comunicación.

2.3.2 Arquitecturas para la automatización residencial

Para que un sistema de automatización funcione correctamente, existen diferentes arquitecturas para conformar una red doméstica. La arquitectura centralizada, descentralizada, híbrida o mixta son ejemplos de estas arquitecturas; dependiendo los dispositivos, el protocolo de comunicación y la magnitud de la planta física determinan la mejor arquitectura para el sistema domótico.

2.3.2.1 Arquitectura distribuida

Es aquella en la que el elemento de control se sitúa próximo al elemento a controlar, cada sensor y actuador es también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema,. Hay sistemas que son de arquitectura distribuida en cuanto a la capacidad de proceso, pero no lo son en cuanto a la ubicación física de los diferentes elementos de control y viceversa, sistemas que son de arquitectura distribuida en cuanto a su capacidad para ubicar elementos de control físicamente distribuidos, pero no en cuanto a los procesos de control, que son ejecutados en uno o varios procesadores físicamente

centralizados. En los sistemas de arquitectura distribuida que utilizan como medio de transmisión el cable, existe un concepto a tener en cuenta que es la topología de la red de comunicaciones. La topología de la red se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación (cable), así como se observa en la figura 7. [26]

Figura 7. Arquitectura domótica distribuida



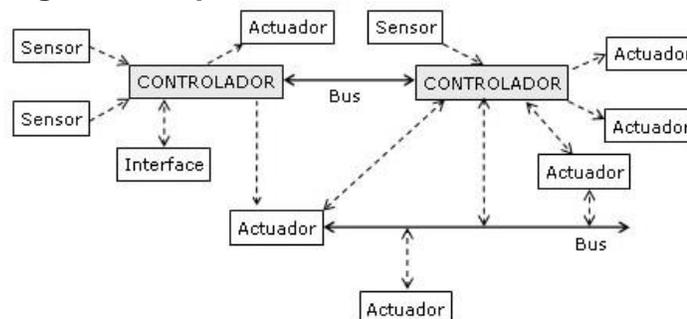
Fuente: La arquitectura del sistema de domótica [26]

2.3.2.2 Arquitectura híbrida o mixta

En un sistema de domótica de arquitectura híbrida (también denominado arquitectura mixta) se combinan las arquitecturas de los sistemas centralizadas, descentralizadas y distribuidas. A la vez que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados, los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores (como en un sistema “distribuido”) y procesar la información según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo, y tanto actuar como enviarla a otros dispositivos de la red, sin que necesariamente pasa por otro controlador, en la figura 8 se observa la distribución de esta arquitectura.

Cada propietario e inquilino contara con acceso parcial a funciones básicas de la casa mediante dispositivos móviles por ejemplo su teléfono móvil (Smartphone) teniendo que introducir una contraseña.

Figura 8. Arquitectura domótica Híbrida/Mixta



Fuente: La arquitectura del sistema de domótica [26]

2.3.2.2.1 Ventajas

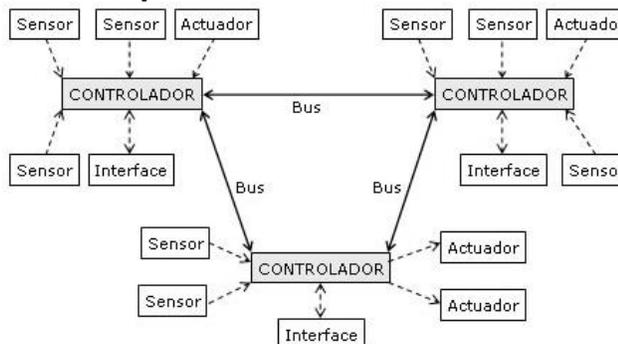
- Acceso rápido a cámaras de la casa.
- Asegurarse de haber cerrado la vivienda.
- En caso de lluvia cerrar ventanas y persianas y guardar la ropa tendida.
- En caso de intruso alerta al propietario para que este tome la decisión conveniente.
- En caso de accidente doméstico avisa a los propietarios y a una ambulancia.
- Sentimiento de seguridad y confianza en los inquilinos.
- Facilitar la vida a personas discapacitadas.

Se proporcionaría un programa para facilitar el acceso móvil a la vivienda desde dispositivos portátiles.

2.3.2.3 Arquitectura descentralizada

En la figura 9 se observa que en un sistema de domótica de arquitectura descentralizada, hay varios controladores, interconectados por un bus, que envía información entre ellos y a los actuadores e interfaces conectados a los controladores, según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios.

Figura 9. Arquitectura domótica descentralizada

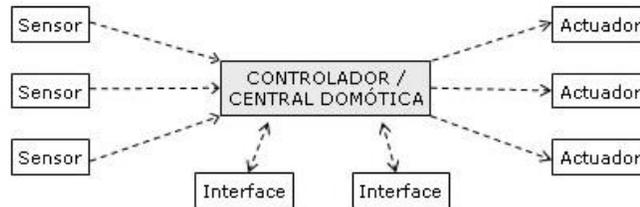


Fuente: Esquematización básica de cada vivienda [27]

2.3.2.4 Arquitectura centralizada

En la figura 10 se observa que en un sistema de domótica de arquitectura centralizada, un controlador centralizado, envía la información a los actuadores e interfaces según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios. [28]

Figura 10. Arquitectura domótica centralizada



Fuente: Esquematización básica de cada vivienda [27]

2.3.3 Z-Wave

La tecnología Z-Wave para la automatización residencial es la clave para tener el control total sobre el sistema de seguridad y el sistema energético en el hogar, con la mayor simplicidad. Con un sistema domótico que funcione mediante tecnología Z-Wave, se puede programar y configurar virtualmente todos los elementos que funcionen con energía eléctrica en el hogar, como el sistema de iluminación, calefacción, aire acondicionado y también el sistema de seguridad y alarma. Los beneficios no terminan ahí, también es un sistema sofisticado, fácil de usar, y funciona como una alternativa económica para el ahorro energético.

El sistema de automatización residencial mediante tecnología Z-Wave funciona remotamente, y utiliza ondas de baja intensidad electromagnética mediante radio frecuencia. Su arquitectura de red cubre todas las áreas de la construcción, ya que las ondas de radio viajan de manera fácil atravesando muros, pisos y fachadas, generando conectividad 100% estable.

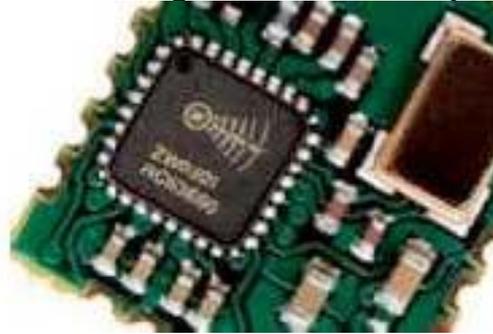
Esta libertad de conectividad permite al usuario fácilmente iniciar con pocos dispositivos, y agrandar su red con más componentes posteriormente, personalizar su sistema de seguridad y energía, haciéndolo único para cada construcción a conveniencia del usuario. Cada módulo que funciona mediante Z-Wave puede actuar como un repetidor haciendo que los comandos puedan ser ruteados a través de un máximo de cuatro dispositivos. Esto le proporciona al sistema un rango máximo de operación de 100 metros y el ruteo se hace de manera automática. Los dispositivos que funcionan bajo esta tecnología incluyen: toma-corriente, switches, botoneras, controles remotos y diferentes interfaces de control donde se pueden crear escenas, eventos y acciones por calendario para personalizar los dispositivos eléctricos como se necesite.

2.3.3.1 Historia y características de z-wave

El estándar internacional para la automatización Z-Wave es un desarrollo de la compañía danesa Zen-Sys. Esta compañía fue fundada a finales de los años 90's. Con la idea inicial de desarrollar su propia solución de automatización residencial, esta compañía pronto se convirtió en el principal proveedor de chips

ASIC(Application Specific Integrated Circuit) para la automatización residencial a otros fabricantes. Esto creó un ecosistema entre fabricantes de productos compatibles. En la figura 11 se puede apreciar la tercera generación del chip Zen-Sys.

Figura 11. Tercera generación del chip Zen-Sys



Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

La primera generación de hardware de esta compañía fue vendida en 2003, a este momento la tecnología seguía siendo una combinación de un microcontrolador estándar (Atmel) y un transmisor de radio frecuencia. Esta plataforma de hardware se extendió durante los años siguientes con las generaciones de chips 100 (2003), 200 (2005), 300 (2007), 400 (2009) y la última 500 (2014).

Z-Wave es un estándar internacional para la automatización residencial de manera inalámbrica. La domótica permite la interconexión de los diferentes aparatos eléctricos en el hogar, como iluminación, calefacción, aire acondicionado, sistemas de seguridad etc. entre ellos y aplicar automatización a estas aplicaciones. Esto resulta en mayor seguridad y confort en hogares y oficinas. La automatización residencial también permite reducir el consumo eléctrico en las instalaciones.

2.3.3.2 Codificación z-wave

La tecnología inalámbrica Z-Wave utiliza señales de radio frecuencia de 868.42 MHz y utiliza una modulación robusta de frecuencia Gausiana, que permite transmitir información a una velocidad máxima de 40KB/s. Todos los dispositivos también entienden a línea de codificación basada en 9.6 KB/s.

Una buena antena de 868.42 MHz permite una comunicación a una distancia máxima de 200 metros en ambientes sin obstáculos. En ambientes cerrados, la distancia máxima está limitada a 30 metros o incluso menos, dependiendo la estructura o los niveles de atenuación en la construcción.

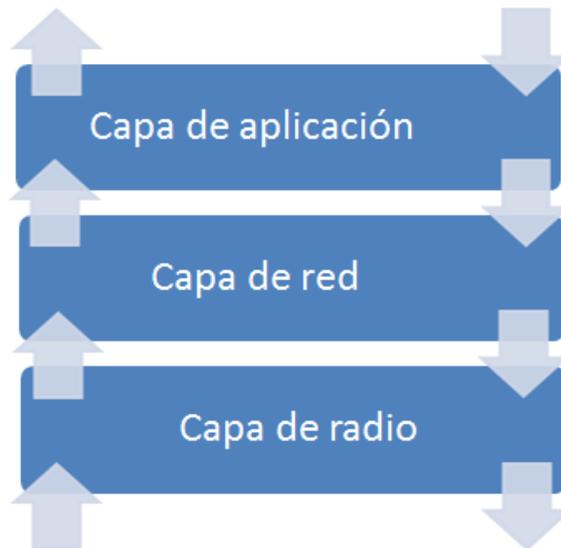
2.3.3.3 Modelo general de capa de comunicación inalámbrica

Los sistemas inalámbricos son complicados y consisten en una serie de funciones. Como se explicó anteriormente, existen diferentes caminos para

escoger, pero es importante, independientemente el protocolo de comunicación usado, debe ser compatible con los productos que se están usando. La capa inicial suele ser siempre el medio de comunicación. Para protocolos de comunicación inalámbrica esta siempre será el aire. La capa más alta será siempre el usuario final. En el caso de Z-wave existe una estructura de tres capas que ha resultado ser útil, en la figura 12 se observa el modelo de capa de comunicación inalámbrica.

- Capa de radio: Esta capa define el camino; una señal es intercambiada entre un dispositivo transmisor y un receptor. Esto incluye características como frecuencia, encriptación, acceso a dispositivos etc.
- Capa de red: Esta capa define como la información real de control debe realizarse entre dos dispositivos. Esto incluye características como direccionamiento, organización de red, ruteo etc.
- Capa de aplicación: Esta capa define que mensajes necesitan ser intercambiados para una aplicación en específico como encender la iluminación eléctrica o incrementar la temperatura de un dispositivo de calefacción.

Figura 12. Modelo general de capa de comunicación inalámbrica



Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

2.3.3.3.1 Capa de radio

Z-wave usa ondas de radio, y en comparación con otros sistemas similares, prueba que es más fuerte y estable su comunicación.

En una situación ideal, las ondas de radio frecuencia viajan y se expanden en todas las direcciones como las ondas de luz, generando un campo periférico. Para aplicaciones técnicas la longitud de onda y la frecuencia se relacionan entre sí en la ecuación 1.

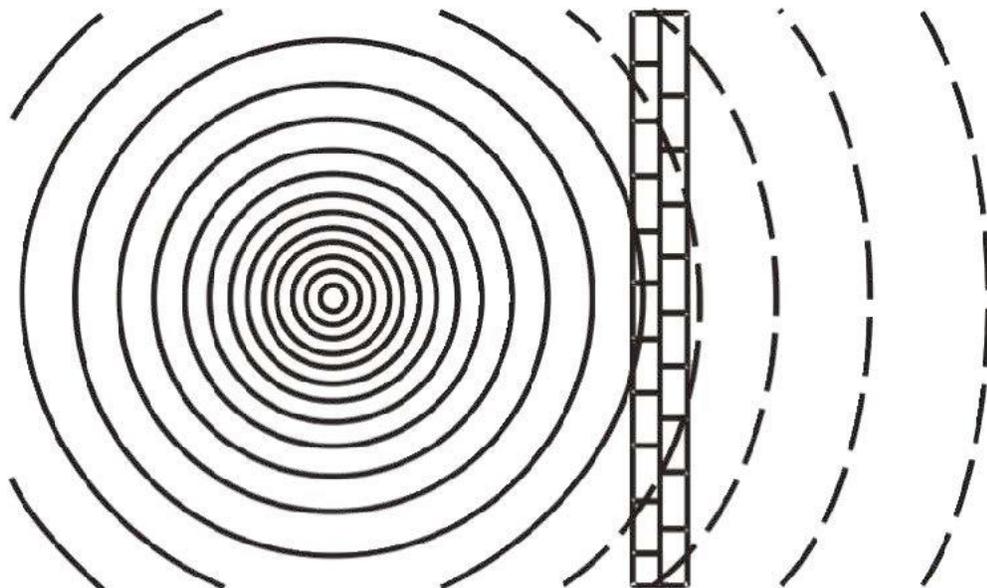
$$\lambda = c / f \quad (1)$$

Donde:

λ es la longitud de onda.
c es la velocidad de la luz.
f es la frecuencia de la señal.

En contraste con las ondas infrarrojas, u ondas de luz en general, las ondas de radio frecuencia permiten atravesar pisos, muros y otros obstáculos como se observa en la figura 13. Cada uno de estos obstáculos debilitan la señal de radio y reducen su rango de acción.

Figura 13. Atenuación de radio frecuencia en un muro



Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

Z-Wave utiliza la banda de frecuencia ISM (Industrial-Scientific-Medical) que está abierta para varias aplicaciones industriales y científicas. La frecuencia es 868.42 MHz que resulta en una longitud de onda de aproximadamente 34 cm.

Los dispositivos pueden usar esta banda de manera libre de certificaciones y permisos; sin embargo el poder máximo de transmisión y el tiempo de la comunicación es limitado. El tiempo de transmisión es en mili Watts y los

trasmisores deben estrictamente regular el tiempo máximo en el aire para minimizar interferencias. Enviar una señal permanente está estrictamente prohibido.

2.3.3.3.2 Capa de red

La capa de red está dividida en tres subcapas:

- Capa de medios de acceso: la capa MAC controla el uso de los dispositivos inalámbricos. Sus funciones son invisibles para el usuario final y representa mínima relevancia para el usuario.
- Capa de transporte: Esta función se asegura que un mensaje es intercambiado sin errores entre dos nodos inalámbricos. El usuario final no tiene influencia sobre esta función sin embargo los resultados si son visibles para él.
- Capa de ruta: Esta capa se asegura que utilizando otros nodos si es necesario, un mensaje es enviado entre el transmisor original y el dispositivo receptor. Las funciones de la capa de ruteo son visibles por el usuario final y pueden ser optimizadas por él.

2.3.3.3.3 Capa de medios de acceso y transporte

En muchas redes inalámbricas de comunicación, la interacción entre un receptor y un emisor se realiza simplemente enviando un mensaje al aire.

En caso de que el mensaje se pierda (probablemente por interferencia o distancia lejana entre el emisor y el receptor), el transmisor no puede recibir ninguna retroalimentación del receptor, si el mensaje fue recibido y el receptor ejecuta correctamente el comando. Esto resulta en problemas de estabilidad.

En la tecnología Z-Wave el receptor reconoce cada comando enviado por el transmisor. Esto presenta una indicación que la comunicación resulto exitosa o no. Adicionalmente, el receptor envía un mensaje de éxito o falla hacia el transmisor. Después de tres intentos fallidos, el transmisor Z-Wave envía un mensaje de error al usuario final. La cantidad de transmisiones fallidas pueden servir como indicador de la calidad de conexión inalámbrica.

2.3.3.4 Atenuación

La parte más importante para considerar es la distancia que debe atravesar la señal inalámbrica entre el transmisor y el receptor. Esta distancia debe ser más corta que la distancia máxima de los parámetros técnicos del dispositivo (50m o 100m). En la tabla 1 permite determinar la atenuación de las ondas de radio frecuencia dependiendo el obstáculo.

Tabla 1. Datos para determinar la distancia máxima de radio frecuencia

Obstáculo	Primera Distancia	Tipo	Atenuación	Nueva distancia
No 1	30 m	Concreto	30%	21 m
>>Tomar nuevo valor en el paso siguiente<<				
No 2	21 m	Vidrio	10%	18.90 m
>>Tomar nuevo valor en el paso siguiente<<				
No 3	18.9 m	pared de yeso	10%	17 m
>>Tomar nuevo valor en el paso siguiente<<				
-----	17 m	-----	-----	-----

Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

Si la señal de radio frecuencia penetra el obstáculo a diferente ángulo (más de 90 grados), entonces el efecto de atenuación se incrementa. Muebles, radio componentes, piezas metálicas y alta humedad en el aire se deben considerar para planear la mejor ruta para el sistema inalámbrico de comunicación. La tabla 2 presenta la atenuación debida a diferentes materiales, sin embargo es una aproximación.

Tabla 2. Atenuación de la señal según material

Nr.	Material	Espesor	Atenuación
1	Madera	<30 cm	10%
2	Yeso	<10 cm	10%
3	vidrio (sin revestimiento de metal)	<5 cm	10%
4	Piedra	<30 cm	30%
5	pedra pómez	<30 cm	10%
6	pedra de hormigón celular	<30 cm	20%
7	ladrillo rojo	<30 cm	35%
8	Hierro reforzado con concreto	<30 cm	30 ... 90%
9	Techo	<30 cm	70%
10	pared exterior	<30 cm	60%
11	pared interna	<30 cm	40%
12	rejilla metálica	<1 mm	90%
13	revestimiento de aluminio	<1 mm	100%

Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

2.3.3.5 Distancias a otras fuentes de señal inalámbrica

Los receptores de señal inalámbrica deben estar a una distancia mínima de 50cm de otras fuentes de radio. Ejemplo de fuentes de radio son: computadores, dispositivos microondas, transformadores, equipos de audio y video. Para otro tipo de transmisores inalámbricos como teléfonos debe ser por lo menos 3 metros.

2.3.3.6 Bases de red z-wave

Una red consiste de al menos dos nodos o dispositivos que se comunican entre sí. Para ser capaz de comunicarse entre nodos, estos dispositivos necesitan tener acceso a un medio común. En muchos casos este medio de comunicación es físico por medio de cable. El medio de comunicación de las ondas de radio es el aire, el cual es usado para transmitir por diferentes usuarios. Por lo tanto el protocolo de comunicación necesita definir una forma de identificación que permita a los diferentes dispositivos incluidos en una red identificarse entre ellos y excluir mensajes recibidos provenientes de otras fuentes de radio desconocidas.

2.3.3.6.1 Inclusión de nodos

Cada nodo o dispositivo en una red debe contar con una identificación individual para distinguirse de los demás dispositivos incluidos en la red.

Para lograr tal fin, el protocolo de comunicación Z-Wave define dos identificaciones para la organización de la red:

- La identificación HOME ID es la identificación común de todos los nodos o dispositivos pertenecientes a una red logia Z-Wave. Esta identificación tiene una longitud de 4 bytes o 32 bits.
- La identificación NODE ID es la dirección de nodo individual en la red Z-Wave. Esta identificación tiene una longitud de 1 byte o 8 bits.

Otros dispositivos o nodos con una identificación HOME ID diferente no pueden comunicarse con los demás (su homologo sería una conexión de cable diferente), estos deben tener una dirección NODE ID similar. En una red, definida con una dirección HOME ID no está permitido y no es posible tener dos dispositivos con la misma identificación NODE ID.

Para la tecnología Z-Wave se distinguen dos tipos básicos de dispositivos:

- Controles: Los cuales cuentan con un módulo de radio frecuencia Z-Wave que le permite controlar dispositivos Z-Wave.
- Esclavos: Son los dispositivos Z-Wave que accionan la red eléctrica después de recibir la señal de comando enviada por el control.

Los controladores vienen con una dirección HOME ID determinada por fábrica, mientras que los dispositivos esclavos no cuentan con esta dirección. El control que comienza construyendo la red Z-Wave transfiere su dirección HOME ID a los demás dispositivos convirtiéndolo en el controlador primario de la red. En una red grande se requieren varios controles que pueden trabajar juntos, pero siempre existe un único controlador que tiene el privilegio de incluir otro control, a este dispositivo de control se denomina controlador principal.

El controlador principal tiene la capacidad de incluir otros nodos asignándole a estos dispositivos su dirección HOME ID. Si el dispositivo o nodo acepta la dirección que se envió del controlador primario, este nodo pasa a ser parte de la red Z-Wave. Con la asignación de la dirección HOME ID del control primario también asigna una dirección individual NODE ID al nuevo dispositivo, a este proceso se denomina inclusión, en la tabla 3 se observa la comparación.

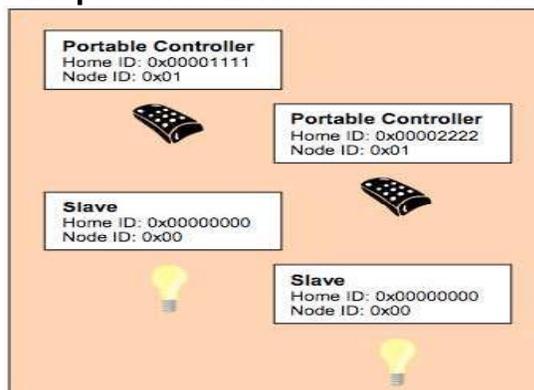
Tabla 3. Home ID vs Node ID

	DEFINICIÓN	EN EL CONTROL	EN EL ESCLAVO
HOME ID	La dirección HOME ID es la identificación común de la red Z-Wave	La dirección HOME ID está incluida por defecto de fabrica	No incluye dirección HOME ID de fabrica
NODE ID	La dirección NODE ID es la identificación o dirección individual de cada dispositivo a una red común	El controlador tiene su propia dirección NODE ID predefinida (comúnmente 0x01)	Esta asignada por el controlador primario

Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

La figura 14 explica de mejor forma el proceso; cuatro dispositivos con estado de fábrica. Dos controles con una dirección HOME ID predeterminedada. Los otros dos dispositivos, no pueden ser operados como controles (esclavos). Dependiendo de cuál de los controles se use para crear la red Z-Wave, la dirección HOME ID de la red en este ejemplo será 0x00001111 o 0x00002222.

Figura 14. ID de Dispositivos Z-Wave antes de incluirlos a una red



Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

Después de la inclusión exitosa todos los nodos deben tener la misma dirección HOME ID. Estos dispositivos están conectados en una misma red, al mismo tiempo

que cada dispositivo tiene una dirección NODE ID individual. Solamente con esta dirección individual, los dispositivos incluidos en la red pueden distinguirse entre los demás y lograr la comunicación.

La dirección de HOME ID, la cual cuenta con una longitud de 32 bits permite distinguir hasta 4 billones (2^{32}) de redes Z-Wave con un máximo de 256 (2^8) dispositivos por red.

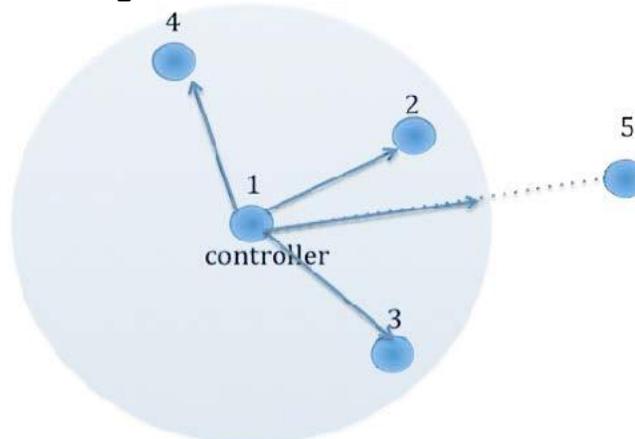
Es imposible que un nodo o dispositivo tenga dos direcciones HOME ID o NODE ID diferentes. Existen dispositivos llamados controladores en puente que permiten unir dos redes diferentes; internamente, consisten en dos nodos independientes con una interconexión de la capa más alta.

Cuando un dispositivo Z-wave es borrado de la red, este proceso se denomina exclusión. Durante el proceso de exclusión la dirección HOME ID y NODE ID son borradas del dispositivo. El dispositivo regresa a la configuración de fábrica.

2.3.3.7 Mallado y enrutamiento

En una red inalámbrica convencional, el controlador central tiene una conexión inalámbrica directa con todos los dispositivos pertenecientes a la red. Esta manera convencional siempre requiere un enlace de radio directo. En caso de interferencia, el controlador no tendría ninguna especie de información guardada de las rutas para enviar a los nodos, como se observa en la figura 15.

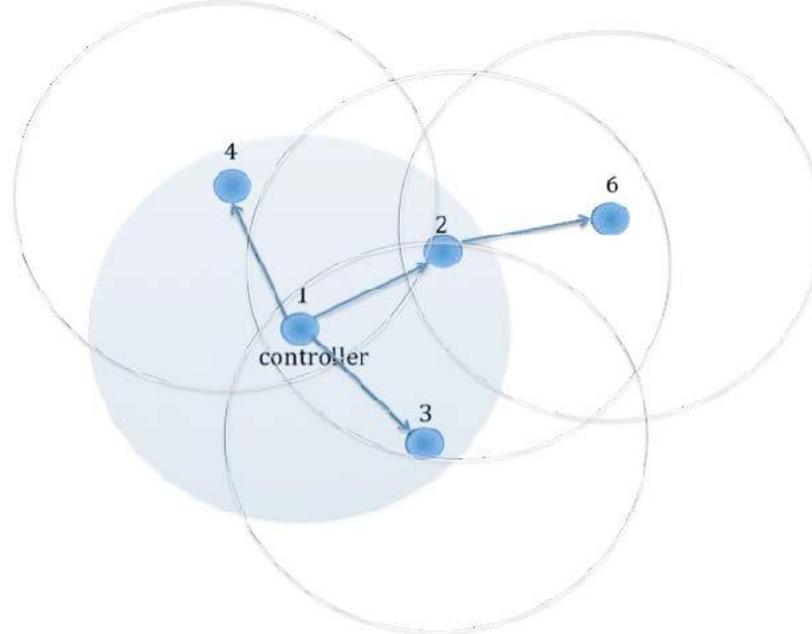
Figura 15. Red sin enrutamiento



Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

Los dispositivos Z-Wave pueden almacenar y repetir los mensajes que no están en el rango directo del controlador, como se muestra en la figura 16. Esto genera mejor flexibilidad permitiendo una mejor comunicación en dispositivos Z-Wave, incluso cuando no exista conexión inalámbrica temporalmente.

Figura 16. Z-Wave-Net con enrutamiento



Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

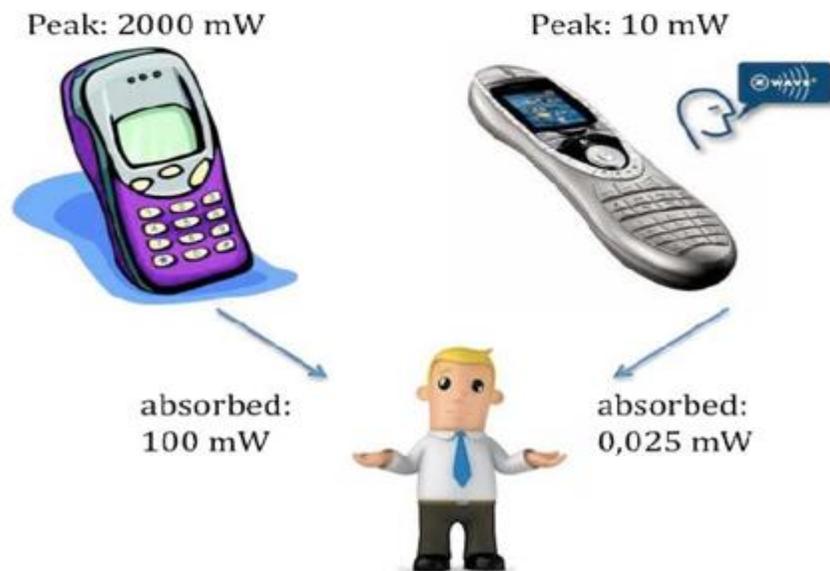
2.3.3.8 Reportes electromagnéticos (EME)

Desde las ondas infrarrojas, pasando por la tecnología bluetooth, hasta Z-Wave, existen numerosos mensajes transmitiendo de manera inalámbrica en el aire. Las tecnologías inalámbricas tienden a ser una preocupación si afecta la salud de las personas.

El poder de radiación electromagnético en los transmisores inalámbricos es un factor crítico. La mayoría de personas usan teléfonos celulares, estos dispositivos emiten una señal constante de radio frecuencia con una capacidad de pico de 2000mW en el cerebro. Sin ningún tipo de protección y mayormente operado al lado del oído, el usuario absorbe cerca de 100mW de este pico. Esta exposición continúa en todas las llamadas realizadas.

La tecnología Z-Wave está lejos de emitir niveles de radiación como los teléfonos celulares. Esta tecnología funciona con un pico máximo de transmisión electromagnética de 10mW a corto tiempo. Esto corresponde a una radiación promedio de solo 1mW, se puede observar en la figura 17.

Figura 17. Transmisión de poder de Z-Wave vs celular



Fuente: Z-Wave Technical Basics [29]

La atenuación de la señal que es generada en una distancia de solamente 1 metro causa otra reducción del poder de la radiación cerca del 40%. El cuerpo humano solo absorbe una radiación de 0.025 mW. Esto presenta una relación de 1:4000 frente a las emisiones que genera un teléfono celular.

Adicionalmente las ondas de radio frecuencia Z-Wave se transmiten por un periodo corto de tiempo cuando se acciona algún comando o se activa algún sensor, las emisiones electromagnéticas de la red Z-Wave no contribuyen a la contaminación electromagnética general en el hogar y no representa ningún efecto negativo en la salud humana.

2.4 MARCO LEGAL

La preocupación actual a nivel mundial por conservar los recursos naturales y disminuir las emisiones de gases contaminantes hacia la atmosfera es cada vez mayor. Por tal motivo organizaciones como la ONU presentaron en su informe a 2008 como punto fundamental de este la conservación de los recursos naturales. Países de la unión europea como España, incorporaron una agenda verde, la cual pretende realizar una disminución en el consumo eléctrico así como las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera generadas por las unidades residenciales, rediseñándolas y adecuándolas para lograr dicho objetivo.

Para lograr una reducción en las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera y lograr reducir el consumo eléctrico en las grandes ciudades, es

indispensable tener en cuenta las construcciones de uso residencial, según el congreso nacional de medio ambiente en España con la incorporación de la agenda verde a 2050 se debe reflejar una reducción en el consumo eléctrico del 50% frente al 2009, y las nuevas construcciones residenciales deberán consumir máximo el 20% de la energía comparado con el consumo actual. Esto a nivel mundial representaría una reducción del 46% en el consumo energético para el año 2050.

Enfocando este trabajo en las normativas que operan y las cuales sirven de guía para realizar instalaciones eléctricas en construcciones para uso residencial, es importante observar las siguientes:

2.4.1 FCC CFR47 Part 15.249

La comisión federal de comunicaciones en Estados Unidos, es la entidad encargada de regular las comunicaciones a través de radiofrecuencia en este país. Los transmisores no certificados de bajo alcance se encuentran virtualmente en todas partes. Teléfonos inalámbricos, citofonos, sistemas de seguridad y otra serie de dispositivos electrónicos comunes necesitan este tipo de transmisores para su funcionamiento. [30]

Estos transmisores de baja potencia operan a diferentes frecuencias. Algunas veces, estos trasmisores comparten su frecuencia de operación con trasmisores certificados y generan interferencia en las comunicaciones.

La comisión federal de comunicaciones (FCC) presenta reglas para limitar el daño potencial en las comunicaciones causado por los trasmisores de baja potencia. Para obtener la certificación FCC, los dispositivos deben pasar una serie de pruebas con el fin de medir los niveles energéticos de radio frecuencia que estos generan en ambientes abiertos o inducidos. Para más información ver Anexo 8.

Para aplicaciones residenciales la certificación aplicada es la **CFR47**. Esta certificación indica las frecuencias de comunicación permitidas para las construcciones de uso residencial, así como la potencia máxima que pueden generar estos trasmisores en milivoltios/metro para la señal inicial y para los armónicos de la señal emitida. La tabla 4 muestra las frecuencias permitidas por la CFR47 así como la potencia máxima permitida para estas frecuencias.

Tabla 4. Frecuencia y potencia máxima permitida

frecuencia fundamental (milivoltios/metro)	Armónicos fundamentales (microvoltios/metro)
902-928 MHz	50-500
2400-2483.5 MHz	50-500
5725-5875 MHz	50-500
24.0-24.25 GHz	250-2500

Fuente: Norma CFR47 [30]

Colombia no es un país ajeno a la preocupación existente por minimizar el consumo energético y reducir las emisiones de CO₂ emitidas a la atmosfera generados por aparatos eléctricos en edificaciones para uso residencial, por tal motivo se desarrolló la norma técnica NTC 2050, la cual se compone de nueve capítulos los cuales incluyen alambrado y protección de las instalaciones eléctricas, condiciones especiales y sistemas de comunicación.

2.4.2 NTC 2050

Según la norma técnica NTC 2050 las instalaciones eléctricas se clasifican en dos grupos: instalaciones en áreas peligrosas y no peligrosas, en las primeras se puede presentar riesgo de explosión debido a gases y líquidos susceptibles a explosión ubicados en el área. La Tabla 5 hace referencia al uso del área donde se instalara la red eléctrica y a los requerimientos dependiendo su clasificación.

Tabla 5. Requerimientos de instalación según edificación

INSTALACIONES	VIVIENDA UNIFAMILIAR	VIVIENDA MULTIFAMILIAR	COMERCIO	INDUSTRIA	HOSPITAL
Bandejas portacables	X	X	x		
Barras blindadas		X	x	x	X
Cableado estructurado	X	X	x	x	X
Conmutadores automáticos de transferencia		X	x	x	X
Cuartos eléctricos para alojar equipos			x	x	X
Equipos a prueba de explosión			x	x	X
Hilos (6)		X	x	x	X
Interruptores GFCI	X	X	x	x	X

Puesta a tierra de antenas		X	x	x	X
Sistemas de comunicaciones	X	X	x	x	X
Sistema de emergencia		X	x	x	X
Sistema de suplencia obligatorio			x	x	X
Sistema de suplencia opcional		X	x	x	X
Subestaciones		X	x	x	X
Tomacorrientes con tierra aislada					X
Tomacorrientes GFCI	X	X	x	x	X

Fuente: NTC 2050(31)

Esta normativa también tiene una parte dedicada a los sistemas de gestión informática para las viviendas, haciendo énfasis en el control y el confort, para tal fin esta normativa refiere cuatro sistemas de control.

- CAD de legrand: Utiliza infrarrojos, radiofrecuencia y corrientes portadoras como medio de transmisión. Tiene mandos locales para iluminación por infrarrojos, sin necesidad de conectar los pulsadores o interruptores a la red, motorización de persianas y toldos, mando a distancia de la instalación, control de apertura y cierre de puertas vía radio.
- X-10: El elemento básico de esta técnica es el aprovechamiento doble de la instalación existente, como conductor de energía y de información. Todos los elementos del sistema, emisores y receptores, se conectan a la red eléctrica y pueden comunicarse entre sí. Permite la conexión y desconexión de los diferentes equipos, control y regulación de la iluminación, mando centralizado de toda la instalación mediante unidades principales domésticas o controladores generales, mando por infrarrojos, motorización de persianas y toldos, telecontrol de la instalación mediante transmisor telefónico, programaciones horarias, control por PC mediante el interface apropiado.
- Sistema IHC (Simón VIS): Sistema centralizado con topología de estrella, que puede usarse en instalaciones de tamaño pequeño y mediano tales como viviendas particulares, supermercados, oficinas, escuelas y granjas. El instrumento de programación (Módulo de control) puede ser un PC provisto de software terminal termVIS. El programa instalado en el PC es una

herramienta de comunicación con el software de programación que incorpora la central. Todos los eventos en las entradas son procesados en la central que luego se encarga de actuar sobre las salidas adecuadas conforme a la programación.

- **BATIBUS:** Con un cable de par trenzado se conectan todos los elementos compatibles batiBUS (pulsadores, detectores de humedad y de movimiento, actuadores, etc.) y el computador central (central ISIS) para regulación y optimización de las distintas funciones de la vivienda. [31]

Sin embargo ya que la normativa NTC2050 se publicó en el año de 1998 y gracias a los avances de la tecnología de las comunicaciones, estos sistemas son poco usados actualmente y han sido reemplazados por tecnologías de control inalámbricas como ZigBee y Zwave. Para más información ver Anexo 7.

2.4.3 UNE 20460-5-523

Esta norma internacional busca asegurar una vida útil y un funcionamiento óptimo de los conductores destinados a transportar la energía en ambientes residenciales así como los aislamientos. Con una serie de ecuaciones y teniendo en cuenta factores térmicos, caída de la tensión, sobresaltos en la corriente, la norma UNE 20460-5-523 sugiere una serie de conductores con calibres comerciales con el fin de lograr una reducción energética en la instalación sin necesidad de tener una unidad de control destinada para administrar la energía.

Esta norma no se aplica actualmente mas que a los cables sin armadura y a los conductores aislados de tensión nominal no superior a 1 kV en corriente alterna o 1,5 kV en corriente continua. Esta norma no se aplica a los cables monoconductores con armadura. [32] Para más información ver Anexo 6.

2.4.4 NTC 5360

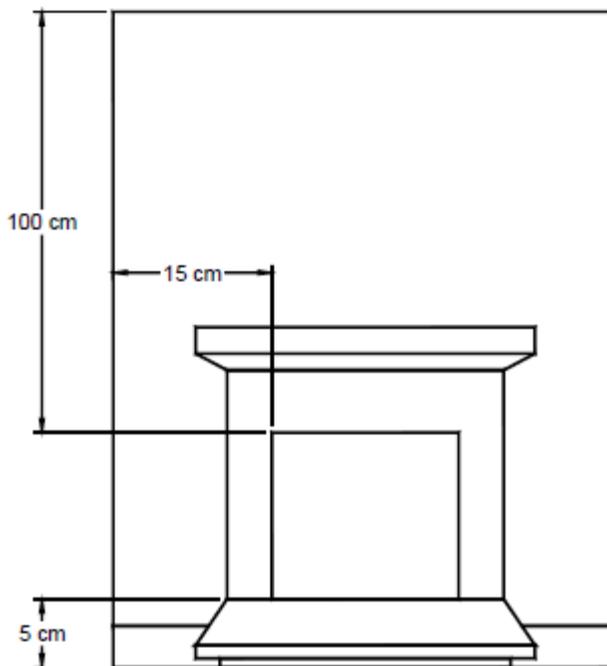
Al hacer uso de una chimenea a gas sin conducto de evacuación se crea la necesidad de referirse a la norma NTC 5360. Esta norma establece los requisitos para la instalación de artefactos a gas doméstico para la calefacción de recintos interiores, calefactores de ambiente y chimeneas, y especifica los procedimientos generales para inspección, purga y puesta en servicio de estos artefactos. [33]

Algunas de las exigencias que se tomaron en cuenta para el correcto desarrollo de este proyecto fueron las siguientes:

2.4.4.1 Ubicación de la chimenea según NTC 5360

Debe garantizarse que las chimeneas a gas tengan una distancia libre con respecto a cualquier material combustible mínimo de 15 cm hacia los lados, 5 cm del piso y 100 cm con respecto a la parte superior del hogar o nicho y hacia el frente del mismo; estas medidas se pueden apreciar en la figura 18.

Figura 18. Distanciamiento de la chimenea con respecto a materiales combustibles



Fuente: NTC 5360 [33]

Esta sección también exige que las chimeneas a gas no deben quedar expuestas a corrientes de aire que puedan inhibir o afectar su normal funcionamiento, y deben ser instaladas en nichos previstos para este uso; construido de mampostería o materiales incombustibles.

2.4.4.2 Conexiones según NTC 5360

Los conductos de conexión entre la línea individual y la chimenea, deben componerse de tramos de tubería y sus respectivos accesorios según se indica en la tabla 6. Además de esto el diámetro de los conductos de conexión debe seleccionarse de acuerdo con la potencia nominal del artefacto.

Tabla 6. Conductos de conexión y sus accesorios

Material	Conducto	Accesorios
Acero rígido	ANSI/ASME B36.10, NTC 3470. ASTM A 106. NTC 2249	acero forjado ANSI B16.11, hierro maleable ANSI B16.3 o ASTM A47
Cobre rígido sin costura	NTC 3944	ANSI B 16.18 o ANSI B 16.22
Aleación de aluminio rígida	ASTM B345	ASTM B361
Cobre flexible sin costura	NTC 4128, ASTM B280, ASTM B88 DE TIPO K o L, o ASTM B88M DE TIPO A o B	NTC 4137 o NTC 4138
Aleación de aluminio flexible	ASTM B345	MIL-F-52618 C
Acero corrugado flexible	NTC 4579	NTC 4137 o NTC 4138
Multicapas (PE / AL / PE. PE-X / AL / PE-X)	ISO 17484-1 o AS 4176	ISO 17484-1 o AS 4176

Fuente: NTC 5360 [33]

Todas las chimeneas a gas deben instalarse con una válvula de paso accionable manualmente, ubicada aguas arriba de los conductos de conexión dispuestos entre el punto de salida de la línea individual y la conexión de entrada de gas al artefacto. Para ver todas las especificaciones de esta norma se debe revisar la NTC 5360.

CAPÍTULO 3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 GENERALIDADES

En este capítulo se expone los desarrollos de ingeniería que se realizaron para el desarrollo del proyecto, iniciando con los cálculos de la potencia eléctrica para un circuito determinado de corriente, programación e inclusión de los diferentes dispositivos hacia la central de automatización, diseño inicial de un aplicativo que funcione para la interfaz existente, simulaciones, pruebas iniciales, modificaciones en el código de programación e implantación final del programa en la interfaz de la central de automatización.

3.2 COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Tabla 7. Comparativa de tecnologías inalámbricas

COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS					
CARACTERÍSTICAS	WI-FI	BLUETOOTH LE	ZIGBEE	Z-WAVE	INSTEON
Bandas de frecuencias	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz, (915, 868) MHz	915 MHz	904 MHz
Tasa de transferencia	11--100 Mbps	1 Mbps	250, 40, 20 Kbps	40 kbps	38.4 Kbps
Red	LAN	PAN	LAN	LAN	LAN
Topología	Estrella	Estrella	Malla, estrella y árbol	Malla, estrella y árbol	Malla
Tipos de datos	Todo tipo	Todo tipo	Digital (texto)	Digital (texto)	Digital (texto)
# de dispositivos	32	8	255/65535	255	200-300
Duración de batería	Baja	Media	Alta	Alta	Alta
Alcance max.	20 m	10 m	100 m	120 m	50 m
Energía necesitada	Muy Alta	Alta	Media	Media-baja	Media
Seguridad	128-bit AES	E0 Stream cipher	128-bit AES	128-bit AES	Rolling code Encryption
Costo	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio
Interoperabilidad	Baja	Baja	Media	Alta	Baja

Fuente: Autor

Al realizar el análisis de la tabla 7 se decidió utilizar la tecnología Z-Wave para el desarrollo del proyecto ya que el poseer una banda de frecuencia de nivel

intermedio; significa que la longitud de onda no va a ser tan baja y la señal no se verá tan afectada por los distintos obstáculos físicos que se encuentre en su recorrido. Además de esto sus dispositivos poseen una gran duración de batería y una alta capacidad de comunicarse con dispositivos de diferentes marcas, el bajo costo de la implementación de esta tecnología también fue un factor determinante para escoger esta tecnología inalámbrica de comunicación para el desarrollo de este proyecto.

3.3 CALCULO DE POTENCIA ELÉCTRICA

Para lograr los objetivos propuestos en este proyecto, la fase inicial del mismo se realizó siguiendo la normativa UNE 20460-5-523, en la cual permite realizar los cálculos necesarios para lograr un ahorro del consumo energético usando los materiales adecuados.

Usando un plano arquitectónico (ver anexo 9) de las instalaciones en las cuales se dispondrán los diferentes componentes para la automatización mediante tecnología inalámbrica, se dispuso las áreas que se desean controlar, así como un control de acceso y el sistema de calefacción usando una chimenea a gas.

Las áreas que requieren automatización son:

- Comedor: Sistema de iluminación graduable.
- Sala de estar: Sistema de iluminación graduable y calefacción a gas.
- Puerta principal: Control de acceso mediante cerradura electrónica.

El cálculo de la potencia eléctrica para el circuito de iluminación en las áreas del comedor y la sala de estar se desarrolló realizando el consumo energético de los diferentes aparatos incluyendo el sistema de iluminación.

Para el cálculo del nivel de iluminación se utiliza el “Método de los Lúmenes” expuesto en la norma internacional UNE 20460-5-523, este método se utiliza en áreas grandes, además es fácil de usar. El método genera los lúmenes necesarios para la iluminación media de la zona; que se calcula usando la ecuación 2, y a partir de ahí, se busca el número de focos necesarios para la zona:

$$\Phi = E \times S \quad \Phi = E \times S \times \eta \times \delta \quad \text{o bien;} \quad \eta \times \eta L \times \delta \quad (2)$$

Dónde:

Φ : Flujo total emitido por los bombillos o focos (lm).

E: Iluminación media dependiendo de la zona (lux).

S: Superficie de la zona (m^2).

η : Factor de utilización de la zona.

ηL : Rendimiento de la luminaria. (Si se conoce)

δ : Factor de depreciación.

El primer parámetro a tratar es el factor de utilización de la zona que mide la relación entre el flujo luminoso que llega al plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las luminarias. Este factor se obtiene de los datos del fabricante, dependiendo del bombillo, pero para ello también se requiere un cierto análisis.

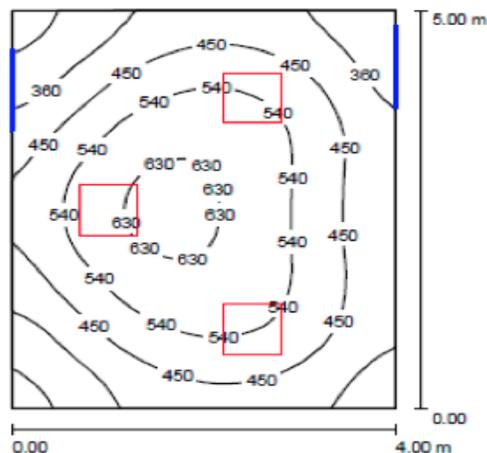
Para el área del comedor, la cual cuenta con un área aproximada de 20 m^2 y una altura a techo de 3.5 m con poca incidencia de iluminación natural debido a ventanas, usando la ecuación 2, se estimó que la cantidad necesaria de iluminación requerida es de 27.530 lux, teniendo en cuenta la tabla 8 en la cual se observan los porcentajes que corresponden al valor de reflexión que presenta la construcción debido a paredes, techo y suelos según norma UNE 20460-5-523, para este caso el valor de iluminación media E_m es de 385.

Tabla 8. Valor de reflexión que presenta la construcción debido a paredes (comedor)

Superficie	ρ [%]	E_m [IX]	E_{min} [IX]	E_{max} [IX]	E_{min} / E_m
Plano util	/	475	231	653	0.486
Suelo	20	385	253	477	0.657
Techo	70	86	54	102	0.633
Paredes (4)	50	200	61	515	/

Fuente: Norma UNE 20460-5-523 [32]

Figura 19. Cantidad de lúmenes (comedor)



Fuente: Autor

Teniendo en cuenta la cantidad de lúmenes que se necesita generar para esta área como se muestra en la figura 19, y la disposición para 3 conexiones de iluminación, se procedió a buscar 3 focos que sumados cumplieran o se acercaran

lo más posible al requerimiento. Los focos utilizados para este proyecto fueron los FBS160 2X de la marca PHILIPS. Los cuales según su ficha técnica proporcionan un máximo de 9600 lúmenes por metro cuadrado y una potencia de 113 W, para un total sumado de 28.800 lúmenes y 339 W entre los 3 focos.

Teniendo en cuenta el nivel de iluminación requerido, se procedió a calcular la potencia máxima requerida para el área del comedor. Para lograrlo, se utilizó la ecuación 3, del valor límite de eficiencia energética para instalaciones residenciales expresada en la norma UNE 20460-5-523 la cual esta expresada en (W/m^2 por cada 100 lux).

$$VEEI = P \times 100 \times S \times E_m \quad (3)$$

Donde;

P: Potencia de las luminarias (W).

S: Superficie de la zona (m^2).

E m : Luxes medios de la superficie (lux).

Aplicando esta ecuación, y sabiendo que la potencia de las luminarias para este caso es de 339W, el valor de la eficiencia energética para el área del comedor es de: $16.95 W/m^2$.

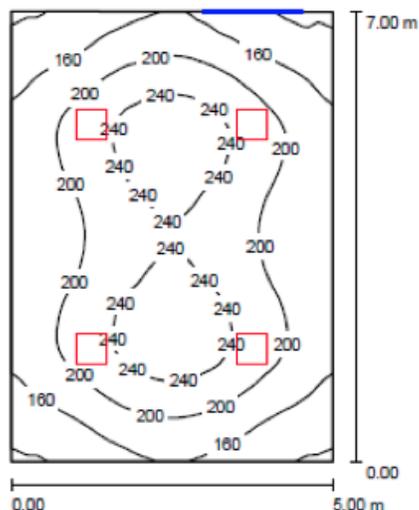
Para el área de la sala, la cual cuenta con un área aproximada de $35 m^2$ y una altura a techo de 4 m, la cual cuenta con diferentes ventanales y claraboyas dispuestas alrededor, usando la ecuación 2, se estimó que la cantidad necesaria de iluminación requerida es de 22300 lux, teniendo en cuenta la tabla 9 se observa los porcentajes que corresponden al valor de reflexión que presenta la construcción debido a paredes, techo y suelos según norma UNE 20460-5-523, para este caso el valor de iluminación media E_m es de 168:

Tabla 9. Valor de reflexión que presenta la construcción debido a paredes (sala)

Superficie	ρ [%]	E_m [IX]	E_{min} [IX]	E_{max} [IX]	E_{min} / E_m
Plano util	/	197	111	265	0.561
Suelo	20	168	112	204	0.663
Techo	70	40	30	46	0.752
Paredes (4)	50	94	34	216	/

Fuente: Norma UNE 20460-5-523 [32]

Figura 20. Cantidad de lúmenes (sala)



Fuente: Autor

Teniendo en cuenta la cantidad de lúmenes como se observa en la figura 20 que se necesita generar para esta área, y la disposición para 4 conexiones de iluminación, se procedió a buscar 4 focos que sumados cumplieran o se acercaran lo más posible al requerimiento. Los focos utilizados para esta área fueron los FCS398 2X de la marca PHILIPS. Los cuales según su ficha técnica proporcionan un máximo de 5800 lúmenes por metro cuadrado y una potencia de 70 W, para un total sumado de 23200 lúmenes y 280 W entre los 4 focos.

Aplicando esta ecuación, y sabiendo que la potencia de las luminarias para este caso es de 280W el valor de la eficiencia energética para el área del comedor es de: 8.00 W/m^2 .

De acuerdo a la normativa internacional UNE 20460-5-523 se requiere la temperatura máxima admisible por en el conductor, esta característica depende del tipo de aislamiento que incorpore el cable. Generalmente suele ser de 90°C para aislamientos termostables (según información técnica de los diferentes proveedores) tipo XLPE, EPR y de 60°C o 70°C para aislamientos termoplásticos (PVC, poliolefinas Z1).

La sección del conductor para todo el circuito eléctrico en general debe cumplir con los requisitos solicitados por la instalación en cuanto a intensidad y caída de tensión. Con el fin de determinar dicha sección se procedió a realizar el cálculo mediante la ecuación 4, la cual relaciona ciertos factores como la caída de tensión y la longitud del cable para determinar la sección del conductor adecuado para un circuito determinado según norma UNE 20460-5-523:

$$S = \frac{2\rho L I \cos\varphi}{\Delta V} \quad (4)$$

Donde:

S es la sección del conductor en mm^2 .

ΔV es caída de tensión en voltios.

$\cos\varphi$ es el factor de potencia activa.

L es la longitud del cable en metros.

ρ es la resistividad en $\Omega \cdot mm^2$.

Según la norma UNE 20460-5-523, la caída de tensión no puede ser superior al 3% para aplicaciones residenciales en iluminación, ni del 5% para los demás circuitos eléctricos. La longitud requerida para esta instalación de acuerdo a la tubería eléctrica dispuesta en el área del comedor fue de 40 m. Con una temperatura ambiente dentro de la tubería de 20 °C, la resistividad térmica según la norma UNE 20460-5-523 es de 2.5 °K*m/w. El área de la sección transversal según los cálculos fue de aproximadamente 1.5 mm^2 con una caída de tensión de 3.86 V.

Para el área de la sala la longitud de cable requerido fue de 62 m. Con una temperatura ambiente dentro de la tubería de 20°C, la resistividad térmica según la norma UNE 20460-5-523 es de 2.5°K m/w. El área de la sección transversal según los cálculos fue de aproximadamente 2.0 mm^2 con una caída de tensión de 3.06 V.

3.4 CALCULO DE POTENCIA TÉRMICA

Para determinar la potencia requerida por un emisor con el fin de lograr controlar la temperatura de un ambiente se requiere determinar el volumen del espacio, ya que el ambiente empieza a incrementar la temperatura de la parte superior hacia el suelo. Para calcular el volumen ocupado en un ambiente se utiliza la ecuación 5.

$$V=A*L*h \quad (5)$$

Donde:

V: volumen del recinto (m^3)

A: medida del ancho del recinto (m)

L: medida del largo del recinto (m)

h: altura del recinto (m)

Posterior a realizar el cálculo para determinar el volumen que ocupa el ambiente, se determina la potencia requerida por el emisor para lograr elevar la temperatura en el ambiente. Para tal fin se utiliza la tabla 10 de coeficientes térmicos incluida en la norma NTP 50, la cual tiene en cuenta parámetros como la zona climática donde se encuentra ubicado el ambiente, si la edificación cuenta con aislamiento térmico y el número de fachadas al exterior del ambiente para ajustar el ambiente a la temperatura corporal ideal (entre 22°C Y 27°C).

Tabla 10. Coeficientes térmicos

Nucleo Urbano	VIVIENDA SIN AISLAMIENTO TERMICO					
	Una fachada			Dos fachadas		
	EP	PP	UP	EP	PP	UP
ZONA 1	15	18	27	70	82	95
ZONA 2	19	21	29	78	91	106
ZONA 3	23	25	31	90	100	123
ZONA 4	27	28	33	102	119	140
ZONA 5	28	30	35	106	121	146

Fuente: NTP 50

Donde:

EP: Entre plantas
 PP: Primera planta
 UP: Última planta

Los valores de las zonas vienen determinados de la zona 1 a la zona 5 siendo la zona 1 la que registra los niveles más altos de temperatura y la zona 5 la zona que registra los niveles más bajos de temperatura.

Después de encontrar el valor del coeficiente térmico que se ajusta para el ambiente al cual se realizara el cálculo de la potencia térmica requerida utilizando la ecuación 6, se procede a realizar el producto entre el volumen del recinto y el coeficiente térmico encontrado mediante el uso de la tabla 10.

$$P=V*ct \quad (6)$$

Donde:

P: potencia necesaria para el emisor térmico (W)
 V: volumen del ambiente a controlar (m^3)
 ct: coeficiente térmico, determinado mediante el uso de la tabla 10

Con la potencia térmica que requiere el emisor y utilizando como fuente generadora de potencia gas natural mediante una chimenea, se procede a usar la ecuación 7 para determinar el diámetro de descarga del inyector para que en el quemador en la chimenea genere dicha potencia:

$$Q = 0.01139 * C * \phi^2 * \sqrt{\frac{P}{d}} * PCS \quad (7)$$

Donde:

Q: potencia generada por el emisor a gas (potencia requerida)

C: coeficiente de descarga del inyector

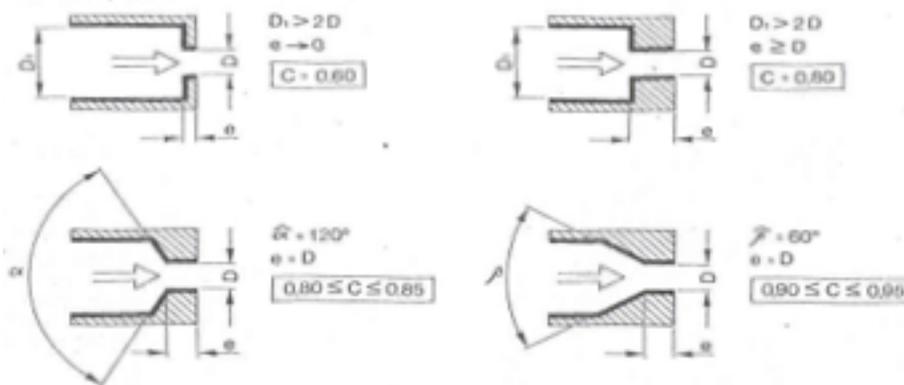
P: presión de utilización (según NTC 5360 es de 5mm.cda)

d: densidad relativa del (según NTC 5360 es de 0.6)

PCS: poder calorífico superior del gas (según NTC 5360 es de 9600Kcal/m³)

El coeficiente de descarga del inyector depende de la geometría interna del mismo, en la figura 21 se muestran los coeficientes de descarga del inyector dependiendo su geometría interna.

Figura 21. Coeficientes de descarga del inyector



Fuente: NTC 5360 [33]

Con el fin de buscar el mayor confort en las instalaciones y usando la menor cantidad de energía posible para este fin, se propuso dentro de la instalación el control de una chimenea cuyo combustible es gas natural. Se realizaron los cálculos térmicos para mantener una temperatura estable en el área de la sala la cual cuenta con un área de 35 m² y un volumen total de 140 m³.

Sabiendo que la temperatura ideal de confort en los seres humanos está comprendida entre 17-27 °C según NTP 50, y con una temperatura ambiente en horario crítico (11 pm a 7 am) que oscila entre los 5 °C y -3 °C se procedió a calcular

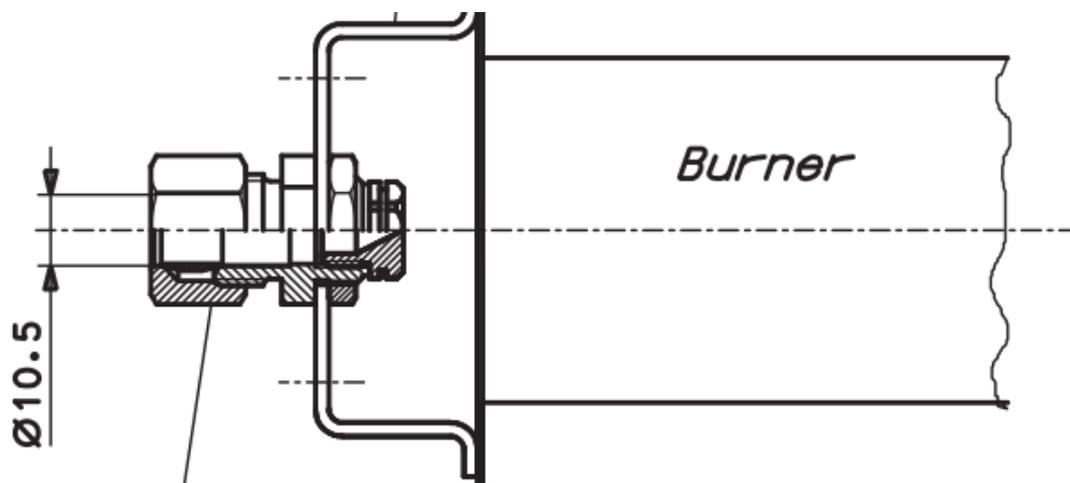
la potencia requerida para elevar estos márgenes de temperatura y la energía que se requiere en este periodo de 8 horas.

Según la norma NTC 5360, el cálculo para la potencia del emisor en este caso la chimenea debe realizarse teniendo en cuenta el volumen del recinto así como la temperatura mínima de ambiente, ya que con esta, se obtiene un valor constante determinado en la norma, que para los requerimientos de este proyecto el valor de dicha constante es 30 debido que se encuentra en la zona 5 de una primera planta de acuerdo a la tabla 10. Realizando el producto del volumen y la constante de temperatura se obtiene la potencia requerida por el sistema para mantener una temperatura de confort de 23°C en el horario crítico.

La potencia requerida por la chimenea; la cual se halla utilizando la ecuación 6 es $140 \text{ m}^3 \cdot 30 = 4.200 \text{ W/h}$

El consumo durante las 8 horas fue de 33.6 KW. Teniendo en cuenta que la potencia máxima suministrada por un m^3 de gas natural según la NTC5360 es aproximadamente 9.6KW la cual para efectos de cálculo corresponde al valor del poder calorífico superior de este tipo de gas para Colombia, se requieren 3.5 m^3 de gas natural para lograr mantener el área de la sala a esta temperatura. Sin embargo con el fin de optimizar recursos y minimizar emisiones de CO_2 a la atmosfera se realizó utilizando el efecto Venturi un dispositivo que realizara una pre-mezcla entre oxígeno y gas aumentando la presión del fluido y disminuyendo el caudal requerido de gas natural logrando un ahorro del 38% en gas. Así mismo, ya que se realiza una mezcla idónea entre el gas natural y el oxígeno presente, el resultado de la combustión será una llama con la menor cantidad de partículas de CO_2 . En la figura 22 se observa el diseño del mecanismo para obtener el efecto venturi en el quemador de gas.

Figura 22. Diseño de mecanismo para obtener el efecto Venturi en el quemador de gas



Fuente: Autor

3.5 PROGRAMACIÓN BÁSICA DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL

Para realizar la parte de automatización y conectividad de los dispositivos para este proyecto se requirieron los siguientes materiales:

- 1 Central de automatización vera lite. Ver Anexo 3.
- 2 Micromódulo atenuador de iluminación aeon labs. Ver Anexo 4.
- 1 Módulo appliance de encendido para el control de ignición del sistema de calefacción. Ver Anexo 5.
- 1 Módulo de ignición para sistemas a gas Honeywell S8610U. Ver Anexo 1.
- 1 Válvula solenoide Honeywell serie M. Ver Anexo 2.
- 1 Cerradura electrónica Schlage BE469.

Inicialmente, el controlador principal Vera Lite como se observa en la figura 23 cuenta con una interfaz de usuario determinada. Para realizar la conexión se conecta mediante cable de red el controlador a la red local usando un router Dlink referencia N150. Cuando los indicadores led del controlador Vera Lite se estabilizaron se procedió a realizar el ingreso mediante la web.

Figura 23. Controlador principal



Fuente: Autor

Normalmente la conexión es inmediata, sin embargo existen problemas en el protocolo internet como el switcheo de red el cual hace que la dirección IP asignada mediante DHCP (Direct Host Communication Protocol) a la central de automatización cambie impidiendo la conexión a internet por tal motivo se requiere que en las configuraciones de conectividad de la interfaz se desactive la función DHCP y se le asigne una dirección IP fija en el rango de la dirección IP del router. Para este caso la dirección IP local del router fue 192.168.0.1 y la dirección IP de la central de automatización fue 192.168.0.30.

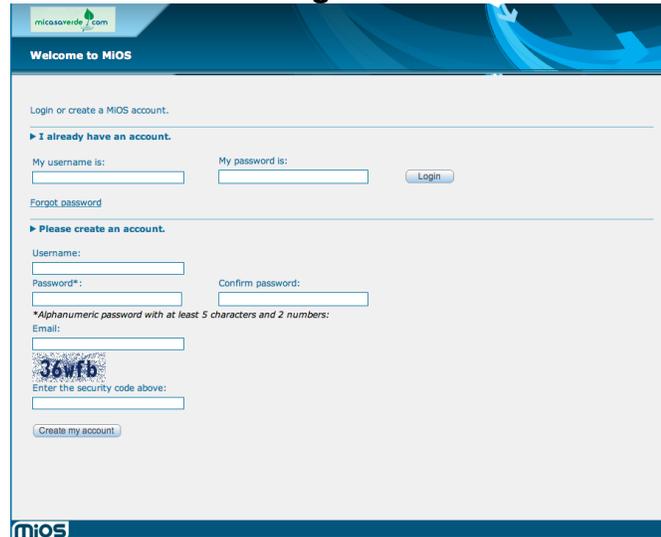
La funcionabilidad principal de la central de automatización Vera Lite es enviar y recibir comandos bajo protocolo inalámbrico de comunicación Z-Wave y convertirlos en comandos Lua para que la interfaz basada en internet los reconozca y se puedan operar los diferentes dispositivos desde internet.

El proceso de inclusión se puede realizar de dos formas, mediante la interfaz que provee el fabricante de la central vera Lite o de manera local con los botones que incluye el dispositivo para la inclusión. Sin embargo es mejor realizarlos mediante la interfaz, ya que con ayuda visual se puede reconocer si el proceso fue exitoso o se generó algún error por diferentes razones como alcance entre el dispositivo y la central o por procedimientos errados en la manipulación del dispositivo.

Para ingresar a la interfaz con la que viene configurado la central de automatización se realiza con conectividad a internet. La página web del servidor es <http://cp.mios.com>.

En esta página se incluye la información del controlador como la dirección MAC y el usuario y contraseña que se incluirán en la interfaz como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Interfaz de registro del sistema Vera Lite



Fuente: Autor

Después de ingresar los datos, aparecerá una imagen figura 25 de ayuda para la conexión eléctrica y de datos de la central de automatización, si no se detecta ningún dispositivo de este tipo en la red local del router, la interfaz genera una señal de alerta grafica con el fin de corregir la conexión.

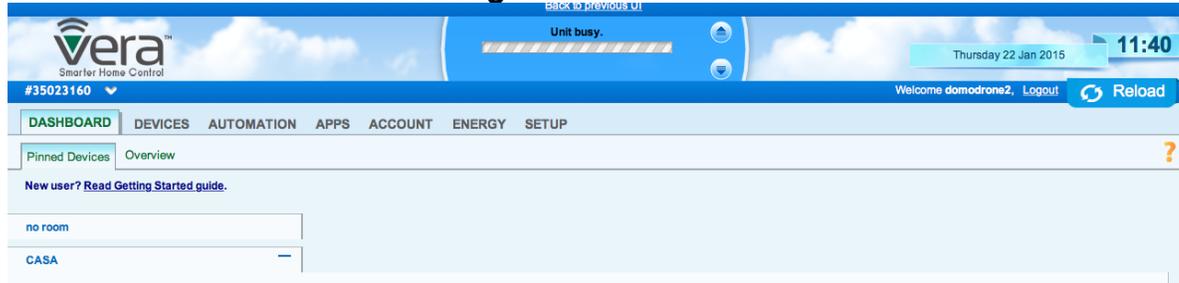
Figura 25. Conexión eléctrica



Fuente: Autor

Después que el registro fue exitoso aparecerá una interfaz como se observa en la figura 26 basada en lenguaje HTML y XML en la cual existen diferentes opciones de configuración y la vista final del aplicativo con los dispositivos conectados.

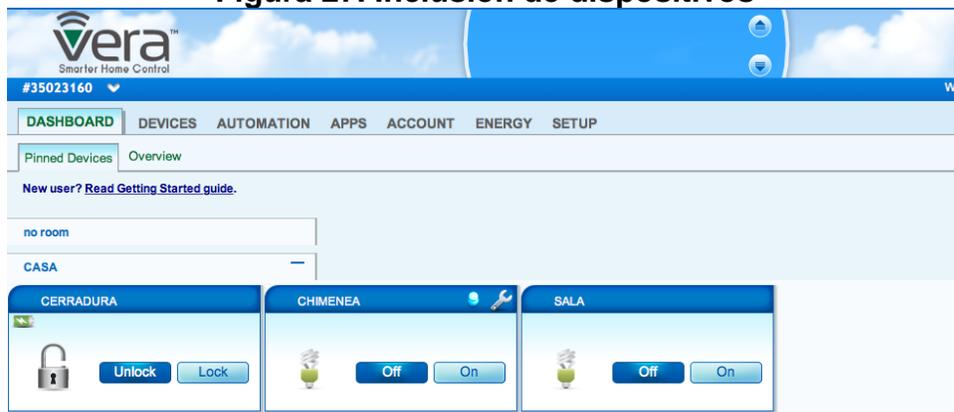
Figura 26. Interfaz



Fuente: Autor

En la figura 27 se observa la interfaz para incluir los dispositivos como micromódulos de iluminación, el dispositivo para encender el modulo electrónico de la chimenea y la cerradura electrónica se requiere navegar en esta interfaz, dirigiéndose a la sección nombrada “DEVICES”, en la cual aparecerá un submenú nombrado como “ADD DEVICES”. En esta parte, la interfaz muestra el proceso de inclusión para los dispositivos de iluminación, sin embargo para la cerradura electrónica se requiere usar el código de programación propuesto por el fabricante de la misma, para que esta ingrese en modo de reconocimiento y los nodos NODEID de los receptores de señal Z-Wave queden incluidos en la red de la central Vera Lite y a su vez, la central emita la dirección HOME ID a todos los dispositivos incluidos en la red. Finalmente después del proceso básico de inclusión en la interfaz aparecerán los diferentes dispositivos.

Figura 27. Inclusión de dispositivos



Fuente: Autor

Para modificar el nombre y los aspectos generales de cada dispositivo se puede realizar mediante la gráfica de llave que aparece en cada dispositivo, como se observa en la figura 28.

Figura 28. Modificación de nombre y aspectos generales de cada dispositivo



Fuente: Autor

La interfaz inicial con la que cuenta este dispositivo es poco intuitiva y difícil de manejar, aparte que cuenta con funciones muy limitadas como encender y graduar la iluminación, así como operar cerraduras y enviar alertas vía correo electrónico del estado de los sensores. El objetivo principal de este proyecto fue lograr una interfaz de usuario para dispositivos móviles más intuitiva y con la posibilidad de observar en la misma el consumo eléctrico de los diferentes dispositivos con el fin de concientizar al usuario final sobre dicho consumo.

La ventaja que presenta este tipo de interfaz es que el controlador cuenta con una interfaz de programación denominada por el fabricante como “Luup” estas siglas debido a que se requieren conocimientos avanzados en lenguaje de programación Lua junto con características básicas del estándar internacional para los dispositivos UpnP, haciendo que sea posible modificar esta para volverla más intuitiva con el usuario, así mismo se puede desarrollar una serie de plugins o mejoras que se instalan dentro de la memoria del controlador para realizar diferentes labores como operar dispositivos multimedia o en este caso controlar el consumo eléctrico enviando un reporte del mismo.

Un plugin Vera consiste en una serie de archivos XML, uno de los cuales (el archivo de implementación) contiene su código Lua. Una cosa importante para este desarrollo fue mantener el código Lua en un solo archivo que se especificara en el XML de Aplicación. De esta manera se puede escribir líneas de programación en lenguaje Lua sin necesidad de tener que hacerlo compatible con el lenguaje XML.

Una vez que los archivos de plugin están preparados, se les cargue a la central de automatización Vera y luego se crea un "dispositivo virtual" como iluminación o la cerradura que los utiliza. Para cargarlo en la controladora, en la interfaz actual de la misma se realiza el siguiente procedimiento: Aplicaciones> Desarrollo de Aplicaciones> archivos Luup en el panel de control de Vera.

El proceso para saber si el código fue exitoso o no es más tedioso que realizando otro tipo de aplicaciones, ya que el flujo de trabajo para la interfaz de la central de automatización Vera Lite es la siguiente

- Hacer el cambio de código.
- Subir archivos a través del panel de control de Vera.
- Espere mientras recargas Z –Wave.
- Interactúa con el dispositivo virtual.
- Espere a que el resultado esperado (que puede o no puede suceder).
- Repetición.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS, CONCLUSIONES E IMPACTOS

4.1 GENERALIDADES

En este capítulo se describen los resultados que se obtuvieron en la elaboración del sistema domótico para minimizar el consumo energético. Posteriormente se concluye y con ello se determina el impacto y enfoque de los trabajos futuros.

4.2 DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO

Ya que la interfaz gráfica de usuario con la cual cuenta la central de automatización Vera Lite es poco intuitiva e interactiva, se evidencio un problema para la manipulación de los diferentes dispositivos, por tal motivo se propuso un diseño más simple con menores privilegios para el usuario final, ya que a la mayoría de los posibles usuarios finales no le interesan diferentes funcionalidades del controlador como lo es la posibilidad de programar y adaptar la interfaz. Haciendo que la interfaz se vuelva compleja para usar debido a la cantidad de menús.

Después de analizar las necesidades más comunes para que una vivienda sea catalogada como inteligente, se procedió a realizar un listado con los ítems o botones que debería llevar la interfaz a diseñar:

- 1 módulo de interruptores.
- 1 módulo de escenas, para que interactúen diferentes dispositivos al mismo tiempo.
- 1 módulo de cámaras de seguridad.
- 1 modulo para el control de acceso.
- 4 módulos de sensores entre los cuales se pueden incluir: sensores magnéticos, de movimiento, temperatura.
- 2 módulos de alarmas.
- 1 modulo para motores eléctricos.
- 1 modulo para sistemas de aspersores.

Usando la versión 5.3 del programa gratuito Lua, se empezó a realizar una interfaz más amigable para el usuario la cual permite instalarse en dispositivos Apple sin necesidad de usar otro tipo de servidor. En la figura 29 se observa parte del código inicial.

Se presentaron ciertos inconvenientes al momento de operar los dispositivos de iluminación debido a que al operarlos en el aplicativo cuando se graduaba la intensidad de iluminación el plugin dejaba de funcionar haciendo que el porcentaje

visualizado en el aplicativo fuera distinto al operado por el micromódulo de iluminación.

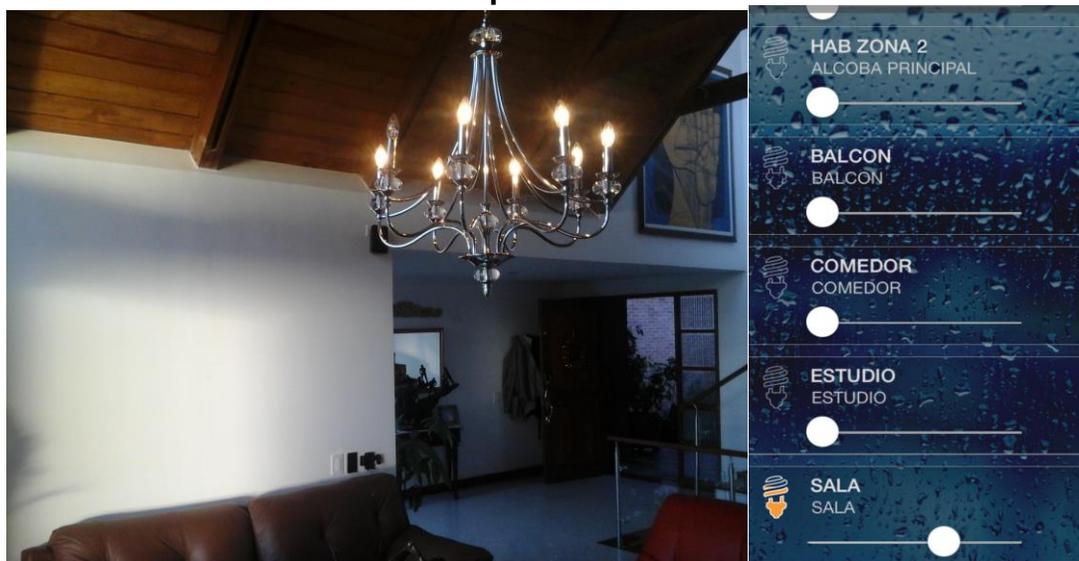
Figura 29. Parte del código inicial

```
data 0x0 (<0x2bf65680>
24 04/10/14 14:50:35.254 ZWaveNode::HandlePollUpdate_Basic_Report node 5 device 5 now is 0 was 0/0 <0x2bf65680>
24 04/10/14 14:50:35.255 ZWJob_PollNode::ReceivedFrame -end- job job#6 :pollnode #5 dev:5 (0xca2760) N:5 P:100 S:5
got after 0 seconds FUNC_ID_APPLICATION_COMMAND_HANDLER node info for 5 status 0 iOK 0 iBadTx 0 iNoReply 0 data 0x0 (<0
x2bf65680>
10 04/10/14 14:50:35.255 UserData::DataIsDirty UpdateStatelist was 1 incr 0 user data 137781001 variables 137781086
<0x2bf65680>
24 04/10/14 14:50:35.256 ZWJob_PollNode::ReceivedFrame poll_ok job job#6 :pollnode #5 dev:5 (0xca2760) N:5 P:100 S:
5 node 5 <0x2bf65680>
24 04/10/14 14:50:35.256 ZWJob_PollNode::m_eJobStatus job job#6 :pollnode #5 dev:5 (0xca2760) N:5 P:100 S:4 <0xca27
60> m_eJobStatus Successful after 0.147430000 seconds <0x2bf65680>
04 04/10/14 14:50:35.257 <Job ID="6" Name="pollnode #5 1 cmds" Device="5" Created="2014-04-10 14:50:35" Started="20
14-04-10 14:50:35" Completed="2014-04-10 14:50:35" Duration="0.147430000" Runtime="0.143129000" Status="Successful" LastNo
te="" Node="5" NodeType="ZWaveDimmableLight" NodeDescription="Ceiling lights"/> <0x2bf65680>
10 04/10/14 14:50:35.257 JobHandler::PurgeCompletedJobs force 0 purge job size: 1 blocking 1 delete 6 <0x2c365680>
10 04/10/14 14:50:35.258 JobHandler::PurgeCompletedJobs purge job#6 :pollnode #5 dev:5 (0xca2760) N:5 P:100 S:4 pol
lnode #5 1 cmds status 4 autodelete 1 <0x2c365680>
10 04/10/14 14:50:35.258 JobHandler::RemoveBlockedJob removing job#6 :pollnode #5 dev:5 (0xca2760) N:5 P:100 S:4 <0
x2c365680>
10 04/10/14 14:50:35.259 ThreadedClass::m_bQuit_set now 1 for 0xca2760 ThreadedClass::StopThread ptr 0xca2760 threa
d (nil) <0x2c365680>
10 04/10/14 14:50:35.259 JobHandler::Run jobs 0 blocking jobs 0 <0x2c365680>
10 04/10/14 14:50:35.259 JobHandler::Run ready to sleep jobs: 0 pJob_SingleThreaded: (nil) pJob_Next_Timed (nil) m_
cQuitAfterThisJob 0 <0x2c365680>
31 04/10/14 14:50:35.259 AlarmManager::Run finish callback for alarm 0xb602d0 entry 0xdbed0 type 52 id 66 param=0x
ea7168 entry->when: 1397137835 time: 1397137835 tnum: 1 slow 0 duration 0 <0x2bf65680>
```

Fuente: Autor

Sin embargo después de encontrar el error se logró establecer mediante una interpolación el porcentaje que se representaba en el aplicativo para que el micromódulo emitiera la señal correcta y generara los lúmenes necesarios emitidos por el aplicativo como se muestra en la figura 30. Replicando lo que se mostraba en la interfaz en la cantidad de lúmenes que se envían.

Figura 30. Imagen del área de la sala siendo controlada mediante el aplicativo



Fuente: Autor

4.3 DESARROLLO DE PLUGIN PARA EL CONTROL DE POTENCIA

Después de realizar el aplicativo que mejora la experiencia de usuario con respecto a la interfaz anterior se procedió a realizar un PLUGIN que permitiera reportar en tiempo real el consumo eléctrico de los dispositivos que se controlaran mediante dicho aplicativo. De la misma forma se procedió a desarrollar un archivo extensión XML que se implantara en la memoria del controlador central Vera Lite.

Los dispositivos de quinta generación Z-Wave cuentan con una programación embebida la cual realiza una conversión análogo-digital para determinar la potencia generada por el dispositivo final, esta información es enviada a la central de automatización, sin embargo el usuario final no lo percibía ya que no se representaba este valor de potencia en ninguna parte del aplicativo. Así como tampoco la temperatura presente en el ambiente.

Realizando el código con lenguaje Lua se logró implementar el PLUGIN que permite reportar en la misma interfaz el consumo eléctrico, como se muestra en la figura 31, sin embargo se presentaron ciertos errores ya que en las primeras pruebas el consumo eléctrico era mayor al calculado, así que realizando correcciones al código se logró ajustar de manera virtual la señal recibida por el dispositivo.

Figura 31. Código de implementación para el reporte de energía

```
function TestCode:testSetValveSetPoint()

    hcSetValveSetPoint({10,20,30},25);

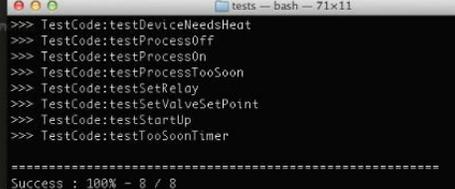
    assertEquals(luup.variable_get('urn:upnp-org:serviceId:TemperatureSetpoint1_Heat',"NewCurrentSetpoint",10),25)
    assertEquals(luup.variable_get('urn:upnp-org:serviceId:TemperatureSetpoint1_Heat',"NewCurrentSetpoint",20),25)
    assertEquals(luup.variable_get('urn:upnp-org:serviceId:TemperatureSetpoint1_Heat',"NewCurrentSetpoint",30),25)
end

function TestCode:testSetRelay()

    before = os.time()

    -- check the action follows through with correct argum
    res = hcSetRelay('Off',100)
    assertEquals(type(res),'table');
    assertEquals(res[2],'SetModeTarget');
    args = res[3]
    assertEquals(type(args),'table');
    assertEquals(args.NewModeTarget,'Off');

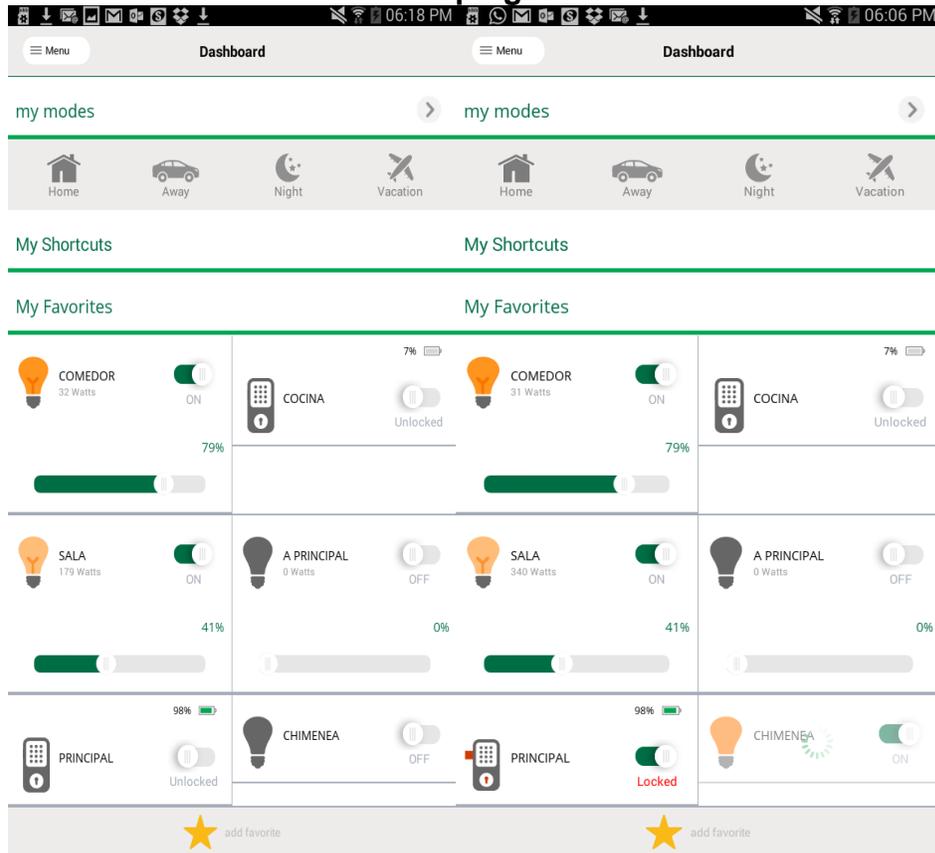
    -- check that the last set time is updated
    last = luup.variable_get(testCoordinatorServiceId,'lastRelaySetTime', 100)
    assertEquals(before <= last,true)
end
```



Fuente: Autor

En la figura 32 se observas que al cargar este plugin en el panel de control de la central de automatización Vera Lite, la interfaz inicial se modifica y aparece un recuadro en la parte inferior de cada dispositivo que permite observar la potencia eléctrica consumida.

Figura 32. Variación de la potencia eléctrica evidenciando el funcionamiento del plugin



Fuente: Autor

4.4 REPORTE DEL AHORRO ENERGÉTICO GENERADO.

Después de implementar el proyecto, realizando reducciones en la cantidad de iluminación necesaria para las áreas estimadas, así como de la potencia eléctrica requerida por los sistemas de iluminación, y usando el calibre de cable calculado para que no existan pérdidas de tensión o corriente así como exceso de temperatura en las líneas de alimentación eléctrica y usando como fuente generadora de calefacción una chimenea que funciona a gas natural para elevar la temperatura del ambiente, determinando la potencia requerida por el ambiente para no sobreestimar el equipo, así como la realización de cálculos para determinar el diámetro de descarga del inyector, se presentó un ahorro energético frente al sistema sin ningún tipo de control el cual se evidencia en la Tabla 11.

Tabla 11. Comparación gasto energético

Antes	Después
Potencia eléctrica consumida en el área del comedor: 625W/h	Potencia eléctrica consumida en el área del comedor: 339W/h
Potencia eléctrica consumida en el área de la sala: 467W/h	Potencia eléctrica consumida en el área de la sala: 280W
Diámetro de descarga del inyector para chimenea: 2mm	Diámetro de descarga del inyector calculado para el área: 1.5mm
Gas natural requerido para la chimenea: 4.2m ³	Gas natural requerido para la chimenea: 3.5m ³

Fuente: Autor

4.5 CONCLUSIONES

Del proyecto se puede inferir que sin necesidad de un sistema de automatización o control se puede realizar una instalación eléctrica que cumpla con las necesidades de los usuarios y así mismo permita un ahorro energético sin necesidad de sobreestimar la potencia necesaria.

El desarrollo de nuevas tecnologías que permitan la conectividad en la red cada vez se hace más popular, con la evolución del internet se generan diferentes oportunidades para el desarrollo de aplicaciones de todo tipo. En este caso en particular gracias a las nuevas tecnologías para la automatización fue posible realizar un aplicativo para controlar diferentes dispositivos del hogar.

La preocupación actual por el calentamiento global y el agotamiento de los recursos naturales presentan nuevos retos de diseño y ayudar a conservarlos y promover conciencia del consumo energético en los hogares es primordial, con el desarrollo de este aplicativo, el usuario no solo puede controlar su hogar desde el dispositivo móvil si no a la vez observar el consumo eléctrico de su hogar, con la posibilidad de apagar los diferentes dispositivos controlados de manera remota en caso de olvidar apagarlos desperdiciando energía. Con lo cual presentaría no solo ahorro energético si no a su vez ayudaría reduciendo el consumo eléctrico en el hogar.

En la parte de calefacción, el uso de gas natural como fuente generadora de calor permite un ahorro económico comparado con sistemas de calefacción eléctrica, los cuales requieren mayor potencia para lograr el mismo objetivo. Al realizar una modificación mecánica al quemador convencional permitiendo una mezcla entre el oxígeno y el gas antes de que se realice la combustión se optimiza el sistema ya que aumenta el caudal de entrada y por ende la potencia con el mismo flujo de gas a la entrada.

De la realización de este proyecto se determinó que se debe realizar un ajuste que permita mediante señal inalámbrica wifi conectar dispositivos multimedia con el fin de mejorar la experiencia en el hogar.

Adicionalmente, para que el hogar tenga más características de control automático se propone desplegar una serie de sensores con módulo de comunicación Z-Wave que permitan a modo de control dependiendo las variables establecidas, enviar información a los diferentes dispositivos con la finalidad que el usuario no tenga que operar ninguna especie de control si no que todo se realice de manera automática, como el encendido de las luces o del sistema de calefacción cuando los parámetros en los sensores cambien.

4.6 TRABAJOS FUTUROS

Debido a que las tecnologías de la comunicación evolucionan al mismo tiempo que lo hace la red mundial de internet, se presentan una serie de oportunidades en cuanto a diseño de nuevas plataformas para la gestión de información. En este caso se planteó el desarrollo de una interfaz pequeña para el control residencial, sin embargo con la tecnología denominada “internet de las cosas” la conectividad entre dispositivos será completa, permitiendo conectar no solo casas sino ciudades e incluso países, teniendo la posibilidad de desarrollar interfaces para la gestión y el control de ciudades inteligentes.

En cuanto al aplicativo ya propuesto, un trabajo futuro será la implementación de un plugin que permitirá saber el costo total del consumo eléctrico en el hogar con los dispositivos que estén incluidos en la red Z-Wave existente, esto con el fin de concientizar más a las personas para que procuren controlar dicho consumo. Así también, el aplicativo tendrá la posibilidad de apagar los diferentes dispositivos en cuanto estos alcancen la potencia permitida por semana.

Por otra parte se pretende realizar modificaciones a la central de automatización, ya que esta cuenta con una entrada USB permitiendo así conectar un sistema embebido con el fin de realizar otro tipo de comunicación como puede ser la adición a la red de dispositivos con diferente protocolo de comunicación para aplicaciones más grandes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Moore, Dr. Gordon E. web.eng.fiu. [En línea] 19 de 04 de 1965. [Citado el: 18 de 08 de 2014.] http://web.eng.fiu.edu/npala/EEE6397ex/Gordon_Moore_1965_Article.pdf. 1.
- [2]. tesis.uson. [En línea] [Citado el: 18 de 08 de 2014.] <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/22168/Capitulo2.pdf>.
- [3]. Bulogics. stratisems. [En línea] [Citado el: 18 de 08 de 2014.] http://stratisems.com/?page_id=25.
- [4]. gerontechjournal.net. [En línea] 04 de 2007. [Citado el: 18 de 08 de 2014.] <file:///C:/Users/gvelez/Downloads/689-691-1-PB.pdf>.
- [5]. gerontechjournal.net. [En línea] 03 de 2005. [Citado el: 19 de 08 de 2014.] <http://gerontechnology.info/index.php/journal/article/view/gt.2005.03.03.007.00/348>.
- [6]. Ambient Assisted Living. [En línea] [Citado el: 20 de 08 de 2014.] <http://www.aal-europe.eu/success-stories/>.
- [7]. Marvin, Jenny Green & Simon. ncl.ac.uk. [En línea] 08 de 1994. [Citado el: 20 de 08 de 2014.] <http://www.ncl.ac.uk/guru/assets/documents/ewp3.pdf>.
- [8]. Tronci, Enrico. mclab.di.uniroma1.it. [En línea] [Citado el: 20 de 08 de 2014.] http://mclab.di.uniroma1.it/publications/papers/tronci/2014/119_Tronci_etal2014.pdf.
- [9]. Romero Romero, Luis Carlos, León Muñoz, Ismael y Andrade Mahecha, Jaime Fernando. upme.gov.co. [En línea] 10 de 2010. [Citado el: 25 de 08 de 2014.]
- [10]. Aranda, Vicente Trigo. acta.es. [En línea] [Citado el: 25 de 08 de 2014.]
- [11]. Rey, Marina del. rfc-es.org. [En línea] 09 de 1981. [Citado el: 25 de 08 de 2014.] <http://www.rfc-es.org/rfc/rfc0791-es.txt>.
- [12]. userservers.net. [En línea] [Citado el: 25 de 08 de 2014.] http://web.userservers.net/ayuda/soluciones/dominios/que-es-una-direccion-ip_NTk.html.
- [13]. ipv6.mx. [En línea] [Citado el: 25 de 08 de 2014.] <http://ipv6.mx/index.php/component/content/article/189-ipv4-vs-ipv6-icual-es-la-diferencia>.
- [14]. Ramirez, Sergio. rau.edu.uy. [En línea] 11 de 2005. [Citado el: 25 de 08 de 2014.] <http://www.rau.edu.uy/ipv6/queesipv6.htm>.
- [15]. silabs.com. [En línea] [Citado el: 19 de 08 de 2014.] <http://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/evolution-of-wireless-sensor-networks.pdf>.
- [16]. mfbarcell.es. [En línea] 2014. [Citado el: 19 de 08 de 2014.] <http://www.mfbarcell.es/conferencias/wsn.pdf>.
- [17]. Driscoll, Jr Edward B. home.planet. [En línea] [Citado el: 16 de 09 de 2014.] http://home.planet.nl/~lhendrix/x10_history_english.htm. 17.
- [18]. Morales, Sancha. SlideShare. [En línea] 1996. [Citado el: 18 de 09 de 2014.] http://images.slideplayer.es/3/1102774/slides/slide_5.jpg. 18.

- [19]. C., Cuevas Juan. lcc.uma. [En línea] 2002. [Citado el: 15 de 09 de 2014.] http://www.lcc.uma.es/~pedro/publications/566_art.pdf. 19.
- [20]. Ortúzar, Miguel Angel y Ossandon, Bernardo. [En línea] 14 de 07 de 2010. [Citado el: 30 de 08 de 2014.] <https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCIQFjAB&url=http%3A%2F%2Fprofesores.elo.utfsm.cl%2F~agv%2Felo322%2F1s10%2Fproject%2Freports%2FInforme%2520de%2520Proyecto%2520Zigbee.docx&ei=RHu8VOnLEYHdgwTD7IHYCA&usg>.
- [21]. knx. knx.org. [En línea] [Citado el: 30 de 08 de 2014.] http://www.knx.org/media/docs/downloads/KNX-Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_es.pdf.
- [22]. Insteon. alhenaing.me. [En línea] [Citado el: 02 de 09 de 2014.] <http://alhenaing.me/protocolo-insteon/>.
- [23]. Pérez Uyaguari, Evelyn y Olmedo, Gonzalo. repositorio.espe.edu.ec. [En línea] 2007. [Citado el: 01 de 09 de 2014.] <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2124/1/T-ESPE-025243.pdf>.
- [24]. bibing.us.es. [En línea] [Citado el: 01 de 09 de 2014.] <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11672/fichero/Memoria%252FCap%EDtulo+2+-+Dispositivos+UPnP.pdf>.
- [25]. redusers. redusers.com. [En línea] 22 de 03 de 2013. [Citado el: 02 de 09 de 2014.] <http://www.redusers.com/noticias/protocolos-upnp/>.
- [26]. Domotica. domotica1003.weebly.com. [En línea] [Citado el: 24 de 08 de 2014.] <http://domotica1003.weebly.com/la-arquitectura-del-sistema-de-domoacutetica.html>.
- [27]. proyectodomotica2bcb. [En línea] 24 de 11 de 2011. [Citado el: 25 de 08 de 2014.] <http://proyectodomotica2bcb.blogspot.com/2011/10/esquematzacion-basica-de-cada-vivienda.html>.
- [28]. Acebedo, Antonio. ARQHYS. [En línea] [Citado el: 25 de 08 de 2014.] <http://www.arqhys.com/arquitectura-de-sistemas-domoticos.html>.
- [29]. Alliance, Z-wave. Domotiga. [En línea] 01 de 06 de 2011. [Citado el: 29 de 08 de 2014.] <https://www.domotiga.nl/attachments/download/1075/Z-Wave%20Technical%20Basics-small.pdf>. 29.
- [30]. commission, Federal communications. transition.fcc. [En línea] 10 de 1993. [Citado el: 28 de 08 de 2014.] http://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Documents/bulletins/oet63/oet63rev.pdf.
- [31]. Colombiana, Norma tecnica. ingenieria.bligoo. [En línea] 25 de 11 de 1998. [Citado el: 28 de 08 de 2014.] http://ingenieria.bligoo.com.co/media/users/19/962117/files/219177/NTC_2050.pdf.
- [32]. Certificación, Asociación Española de Normalización y. AENOR. [En línea] 2004. [Citado el: 14 de 12 de 2014.] <https://ieprofesor.files.wordpress.com/2012/12/une-20460-5-523-2004.pdf>. 32.

[33]. ICONTEC. Amawebs. [En línea] 28 de 07 de 2010. [Citado el: 26 de 12 de 2014.] <http://www.amawebs.com/storage/docs/i12en27daiv.pdf>. 33.

Anexo 1. Datasheet Modulo de ignición Honeywell S8610U



S8610U Universal Intermittent Pilot Gas Ignition Control

SUPER TRADELINE®

INSTALLATION INSTRUCTIONS

APPLICATION

The SUPER TRADELINE® S8610U Universal Intermittent Pilot Gas Ignition Control Module is designed to provide easy field replacement of a wide range of intermittent pilot ignition modules manufactured by Honeywell, Robertshaw, Johnson Controls, and others. The S8610U control provides ignition sequence, flame monitoring, and safety shutoff for intermittent pilot central furnaces, residential boilers, and other heating appliances. The S8610U replaces existing flame rectification type, intermittent pilot ignition modules with the following characteristics:

- Single rod (local sense) or two rod (remote sense) flame sensing
- Non-100 percent shutoff, 100 percent shutoff/lockout, or 100 percent shutoff/continuous retry
- Natural or LP gas
- Shutoff/lockout times of 15 seconds or longer
- Prepurge configurable to 30 seconds or no prepurge
- Pilot burners with flow rates of 1,500 Btu/h or less
- With or without integral damper connector

Table 1 describes the key features of the S8610U control.

WARNING

Check Table 2 on page 2 before replacing an existing intermittent pilot control with the S8610U. If the existing control is not listed, do not use the S8610U to replace it unless you are certain the specifications match those of the existing control.

A complete list of the specific Honeywell and other modules that the SUPER TRADELINE® S8610U is designed to replace is provided in Table 2 on page 2.

The SUPER TRADELINE® S8610U package contains complete, easy-to-use instructions, plus the accessories required to adapt the existing spark cable (Rajah, stud, nail, or other) to the spark terminal on the control module. It also help assure proper marking of the wires attached to the existing control and a label with LED code information that can be affixed in the appliance.

IMPORTANT

The S8610U control module is **not** designed to replace controls with:

- Flame sensing other than by flame rectification (White Rodgers Cycle-Pilot®, or Robertshaw thermal sensing)
- Standing pilot appliances
- Direct main burner ignition

The S8610U provides:

- Natural or LP gas
- Pilot burner ignition using an internally generated high voltage spark
- Flame rectification circuit to monitor flame presence
- Monitoring of 24 Vac, pilot, and main gas valve
- Two LED indicators for flame presence/strength and system status/errors
- Envira-COM™ communication protocol for system diagnostics
- Vent Damper connection

The S8610U is designed for a wide variety of natural or liquid propane fueled applications.

Table 1. S8610U Universal Intermittent Pilot Gas Ignition Control.

Igniter-Sensor Type	Valve Current Rating @ 24 Vac	Prepurge Timing	Trial for Pilot Ignition	Ignition Sequence Type	Ignition Sequence (After prepurge, if prepurge is selected)	Integral Damper Connector
Separate (two rod; remote flame sensing) or Combination (one rod; local flame sensing)	1.0 A Pilot and 2.0 A Main	None or 30 seconds (field selectable)	15 or 90 seconds (field selectable)	Retry	spark and pilot gas ON until lightoff or trial for ignition ends. • If established flame is lost, trial for ignition retracts immediately. • If pilot fails to light, pilot gas and spark OFF (100% shutoff). After 5 minute delay a new trial for ignition is initiated. This sequence continues until lightoff or "Call for Heat" is removed.	Included for use as needed. • If initially installed and powered up with damper attached, unit must always have a vent damper connected.



Automatic Ignition Systems
ANSI Z21.20



89-1955

S8610U UNIVERSAL INTERMITTENT PILOT GAS IGNITION CONTROL

For module replacement, the following table indicates the proper Dip Switch settings for Prepurge Timing (SW1) and Trial For Ignition Timing (SW2). See "Settings and Adjustments" on page 15 for Dip Switch information.

Table 2. S8610U Replaces These Modules

Vendor / Model	SW1	SW2
Honeywell		
S86A1001 S86A1019 S86A1027 S86A1035 S86B1009 S86B1017 S86B1025 S86C1007 S86C1015	OFF	OFF
S86C1023	OFF	ON
S86C1031 S86C1049 S86C1056 S86D1000	OFF	OFF
S86D1013	OFF	ON
S86E1021 S86E1002 S86E1010 S86E1028 S86E1036 S86E1044 S86E1051 S86E1069 S86E1077 S86E1101 S86E1119 S86E1127 S86F1000 S86F1018 S86F1026 S86F1042 S86F1059 S86F1067 S86F1075 S86F1083 S86F1091 S86G1008 S86G1016	OFF	OFF
S86G1024	OFF	ON
S86G1032 S86G1057 S86G1073 S86H1006	OFF	OFF
S86H1014	OFF	ON
S86H1022 S86H1048 S86H1055	OFF	OFF
S86H1063	OFF	ON
S86H1089 S86H1097 S86H1105	OFF	OFF
S86H1113	OFF	ON
S86H1121	OFF	OFF
S86H1139	OFF	ON
S86H1147 S86A1005 S86B1003 S86B1011	OFF	OFF
S86C1000 S86D1009	ON	OFF
S86D1017	ON	ON
S86D0A1001 S86D0B1009	OFF	OFF
S86D0B1025 S86D0B3005	OFF	ON
S86D0B3013 S86D0C1015 S86D0C3003 S86D0P1000 S86D0P1004 S86D0P1042 S86D0H1006	OFF	OFF
S86D0H1014	OFF	ON

Table 2. S8610U Replaces These Modules (Continued)

Vendor / Model	SW1	SW2
S86D0H1022 S86D0H1048 S86D0H1055	OFF	OFF
S86D0H1063	OFF	ON
S86D0H1071 S86D0H1089 S86D0H1097 S86D0H1105 S86D0H0002	OFF	OFF
S86D0H0010	OFF	ON
S86D0M1005 S86D0M1013 S86D0M1021 S86D0M2003 S86D0M3001 S86D0M4009 S86I0A1009 S86I0B1007 S86I0B1015	OFF	OFF
S86I0B1023 S86I0B3003	OFF	ON
S86I0C1005 S86I0C1013 S86I0C3001 S86I0F1008 S86I0F1016 S86I0F1024 S86I0F1032	OFF	OFF
S86I0H1004	OFF	ON
S86I0H1012	OFF	OFF
S86I0H1020	OFF	ON
S86I0H1038 S86I0H1046 S86I0H1053	OFF	OFF
S86I0H1061	OFF	ON
S86I0H1079 S86I0H1085 S86I0H0000	OFF	OFF
S86I0H0018	OFF	ON
S86I0H0026 S86I0M1003	OFF	OFF
S86I0M1011	OFF	ON
S86I0M1029 S86I0M3009	OFF	OFF
S86I0M0017	OFF	ON
S86I0U1003 S86I0U1011	OFF	OFF
S86J0C1003 S86J0C1011	OFF	ON
S86J0H1002	OFF	OFF
S86J0H1010	OFF	ON
S86J0H1028	OFF	OFF
S86K0D1002	ON	OFF
S86K0D1010	ON	ON
S86K0J1008 S86K0J1016 S86K0J1024 S86K0K1006 S86K0K1014 S86K0K1022 S86L0D1000 S86L0D1018	ON	OFF
S86L0D1026 S86L0C0006	ON	ON
S86L0D0014 S86L0E1007 S86L0E3003	ON	OFF
S86L0J3002	ON	ON
S86L0J010 S86L0K3000	ON	OFF
S86K0J1004	ON	ON

Table 2. S8610U Replaces These Modules (Continued)

Vendor / Model	SW1	SW2
Johnson Controls		
CSA35A-617R CSA35A-618R CSA42A-600R CSA42A-601R CSA42A-602R CSA42A-603R CSA42A-604R CSA43A-600R CSA44A-600R CSA45A-601R CSA45A-602R CSA48A-600R CSA48A-602R CSA48A-600R CSA48A-602R CSA51A-601R CSA52A-600R	OFF	OFF
G60AAA-1 G60AAG-1 G60AAG-2 G60AAG-3 G60AAG-4 G60AAG-5 G60AAG-6 G60AAG-7 G60CAA-1 G60CAA-3 G60CAG-1 G60CAG-2 G60CAG-3 G60CAG-4 G60CAG-5 G60CAG-6 G60CAG-7 G60CAG-8 G60CAG-9 G60CBA-1 G60CBA-2 G60CBA-3 G60CBG-1 G60CBG-2 G60CBG-3 G60CBG-4 G60CBG-5 G60CBG-6 G60CBG-7 G60CBG-8 G60CBG-9 G60CBG-10 G60CBG-11 G60CBG-12 G60CBG-13 G60CBG-14 G60CBG-15 G60CBG-16 G60CBG-17 G60CA-1 G60CCG-1 G60CCG-1 G60CCG-2 G60CCG-3 G60CCG-4 G60PAG-1 G60PAG-2 G60PAG-3 G60PAG-4 G60PAG-5 G60PAG-6 G60PAJ-1 G60PAK-1 G60PAK-2 G60PPH-1 G60PPH-2 G60PPL-1 G60PPO-1 G60PVL-1 G60QAG-1 G60QAG-2 G60QAG-3	OFF	OFF

S8610U UNIVERSAL INTERMITTENT PILOT GAS IGNITION CONTROL

The following four tables describe the wiring connections necessary for conversion:

Table 3. Conversion from Honeywell Intermittent Pilot Modules.

Terminal Function	Replacement Control	Old Control					Procedural Notes
	S8610U	S86A,C	S86B,D	S86E,F,G,H	S86A,B S8600A,B,C S8610A,B,C S8610U1003 S8620C, S8600D,J S8670D,J S8680D,J	S8606F,H,M S8610F,H,M S8609E,K S8670E,K	
Main Valve Operator	MV	MV	MV	MV	MV	MV	—
Main Valve and Pilot Common	MV/PV	MV/PV	MV/PV	MV/PV	MV/PV	MV/PV	—
Pilot Valve Operator	PV	PV	PV	PV	PV	PV	—
Burner Ground Connection	GND (BURNER)	GND	GND	GND (BURNER)	GND (BURNER)	GND (BURNER)	—
Transformer Secondary (un-switched leg)	24V GND	25V (2)	25V	25V (2) ^a	24V GND	24V GND	—
Transformer Secondary (switched leg)	24V [*]	25V (2)	25V	25V (2) ^{a,*}	24V [*]	24V [*]	<p>* IMPORTANT</p> <p>If the old module had a vent damper connector but a vent damper was not installed, or if it did not have a vent damper connector, then connect the 25V (2) or 24V wire from the old module to the TH-W terminal on the S8610U. Do not use the 24V terminal on the S8610U.</p> <p>If the old module had a vent damper, connect it to the P1 connector on the module, and wire the terminals as indicated in the table.</p>
	TH-W	TH-R ^b TH-W ^c	TH-R ^b TH-W	TH-R ^b TH-W ^c	TH-W (This terminal is not included on S86.)	TH-W	
Flame Sensor	SENSE ^d	^a	^a	^a	SENSE ^d	^a	—
Igniter / Sensor	SPARK	IGN COIL ^e	IGN COIL ^e	IGN COIL ^e	SPARK	SPARK	—

^a Terminals may be marked 25V on some models and 24V on later models. These are functionally equivalent.

^b If 25V (2) and TH-R have wires connected, disconnect and splice together with solderless connector.

^c If TH-R and TH-W are jumpered together, connect 25V (2) lead from S86 to TH-W on S8610U.

^d On dual igniter and sensor models, remove jumper wire quick connect from S8610U Remote Sense terminal, then cut jumper wire at circuit board and discard.

^e Leave black jumper connected.

^f Use Rajah to quick connector adapter (supplied) or cut Rajah connector off ignition cable at module end and attach insulated quick connect for connection to S8610U.

SB610U UNIVERSAL INTERMITTENT PILOT GAS IGNITION CONTROL

Table 7. Conversion from Robertshaw SP715 and SP735C (Includes 780-XXX and USI715U).

Terminal Function	Replacement Control	Old Control ^a			Procedural Notes
	SB610U	7000D Valve ^b	7100D Valve	7100K Valve	
Main Valve Operator	MV	MV (to Valve TR)	MV (to Valve M)	MV (to Valve TR)	—
Main Valve and Pilot Common	MV/PV	MV/PV (to Valve TR)	MV/PV (to Valve C)	MV/PV (to Valve C and TR)	—
Pilot Valve Operator	PV	PV (to Valve Pilot ^c)	PV (to Valve P)	PV (to Valve Pick and Hold)	^c This is the terminal, which is not jumpered to TR.
Burner Ground Connection	GND (BURNER)	GND	GND	GND	—
Transformer Secondary (unswitched leg)	24V GND	TR	TR	TR	—
	24V	No connection	No connection	No connection	
Transformer Secondary (switched leg)		E3 ^c	E3 ^c	E3 ^c	When supplied, E3 provides connection to Lockout Timer
	TH-W	TR	TR	TR	If LO-15 is part of the installation, use the wire disconnected from E1, which is tagged Thermostat.
Flame Sensor	SENSE ^d	s	s	s	—
Igniter / Sensor	SPARK	IGN	IGN	IGN	—

^a 780-715 and USI 715U are equivalent to SP715; 780-735 and 780-737 are equivalent to SP735.

^b On 7000D series valve, retain (or install) wire jumper between valve TR and pilot solenoid.

^c If LO-15 Lockout timer is not installed, E3 connector provided on SP715 is not used.

^d **Important:** If the USI 715U with combination igniter-sensor is not used, remove black jumper quick connect from Remote Sense terminal of SB610U. Cut jumper wire at circuit board and discard.

^e Labeled OPT. SENSOR on USI 715U. No external connection if combination igniter-sensor is used.

NOTE: Use existing wiring harness to make connections to SB610U per Table 7.

IMPORTANT

If installation includes LO-15 Lockout Timer, discard wires to E3 and TH. Disconnect and retain wire to LO-15 terminal E1. Tag wire, Thermostat. Discard LO-15.

Table 8. Conversion from Camstat, Fenwal, or HSC.

Terminal Function	Replacement Control	Old Control			Procedural Notes
	SB610U	CAMSTAT IP1-24-00 ^a	FENWAL 05-20X ^b	HSC 1003-3 and 1003-300 ^a	
Main Valve Operator	MV	MV	MAIN VALVE	MV	—
Main Valve and Pilot Common	MV/PV	GND	GROUND	GND/COM	Fenwal only: run separate lead to SB610U valve common terminal, MV/PV.
Pilot Valve Operator	PV	PV	PILOT VALVE	PV	—
Burner Ground Connection	GND (BURNER)	GND	—	—	To assure a good ground, run separate wire from the pilot burner to the SB610U GND (BURNER) connector.
Transformer Secondary (unswitched leg)	24V GND	T2	GROUND	GND/COM	—
	24V	No connection	No connection	No connection	
Transformer Secondary (switched leg)	TH-W	T1	POWER	24 VAC	—
Flame Sensor	SENSE	s ^c	—	SENSOR ^c	—
Igniter / Sensor	SPARK	IGN	H.V.	IGN COIL	Strip module end of ignition cable as necessary and attach an insulated, 1/4 in. quick connect for the connection to the SB610U.

^a Use existing wiring harness to make connections to SB610U.

^b Tag all wires at the module connector with terminal designations. Cut wires at connector, attach quick connects, and connect to SB610U per Table 8.

^c **Important:** Remove black jumper quick connect from Remote Sense terminal of SB610U. Cut jumper wire at circuit board and discard.

Make Flame Sense Connection

For an ignition module used in remote flame sensing (separate igniter and sensor rods) applications, the sense jumper wire is not used. See Fig. 2 and Table 9 on page 11 and perform the following:

- Clip the sense jumper wire as close as possible to the base of the ignition control module and discard the clipped end.
- Attach the flame sensor wire from the Pilot burner/igniter to the REMOTE SENSE connector.

For an ignition module used in local flame sensing (single rod) applications, see Fig. 2 and Table 9 on page 11 and perform the following:

- Attach the sense jumper wire to the REMOTE SENSE connector.

Connect Gas Control

Use No. 18 gauge solid or stranded wire. Use 1/4 in. female quick connects for control connections. Connect to gas control terminals as shown in wiring diagrams, using terminals appropriate to the gas control.

Ground the Control System

The igniter, flame sensor, and ignition control module must share a common ground with the pilot burner. Use thermoplastic insulated wire with a minimum rating of 221°F (105°C) for the ground wire; asbestos insulation is not acceptable. If necessary, use a shield to protect the wire from radiant heat generated by the burner. Connect the ground wire as follows:

1. Fit one end of the ground wire with a female 1/4 in. quick-connect terminal and connect it to the male quick-connect BRN GND terminal on the ignition control module.
2. Strip the other end of the wire and fasten it under the pilot burner bracket mounting screw. If necessary, use a shield to protect the ground wire from radiant heat.
3. The pilot burner serves as the common grounding area. If there is not good metal-to-metal contact between the pilot burner and ground, run a lead from the pilot burner to ground.

NOTE: Earth ground is not required.

Wiring Connections

Use Fig. 2 and Table 9 to make the remaining wiring connections. Fig. 3–Fig. 5 beginning on page 12 illustrate typical wiring connections in heating systems with atmospheric burners and with power-assisted combustion.

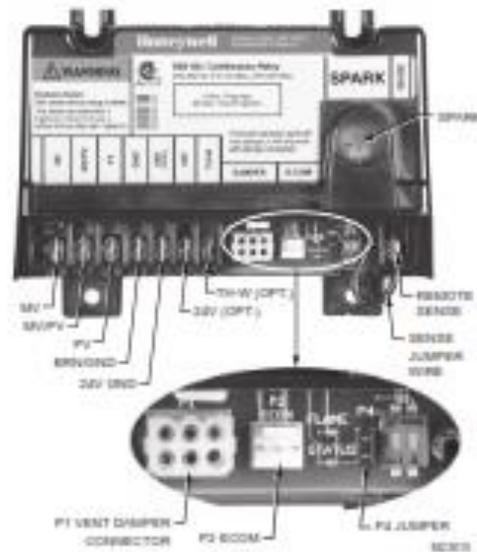


Fig. 2. Typical wiring connections.

Table 9. Typical Wiring Connections.

Connector Label	Size or Type	Description
MV	1/4 inch	Main Valve connection
MV/PV	1/4 inch	Common terminal for gas valves
PV	1/4 inch	Pilot Valve connection
BRN GND	1/4 inch	Burner Ground
24V GND	1/4 inch	Return path to transformer
24V	1/4 inch	Optional—24 VAC power connection for Vent Damper
TRN-W	1/4 inch	Connector for "Call for Heat" signal from thermostat
P1	8-pin keyed plug	Connector for Vent Damper connector (used to control a connected damper in atmospheric appliances)
P2 ECOM	3-pin	EnviroCOM™ communications connector
P4 (Jumper)	Jumper	Provides a bypass for the DIP switch settings (See "Jumper" on page 13.)
SENSE JUMPER WIRE	Wire with 3/16 inch quick connect	Connects to the REMOTE SENSE connector for installations with a single spark rod (local flame sensing). NOTE: For installations with remote flame sensing (separate spark and sensor rods), this jumper wire is clipped as close to the circuit board as possible and the wire is discarded.
REMOTE SENSE	3/16 inch	Flame Sensor connector For single rod installations, connect the SENSE JUMPER WIRE to this terminal connector. For dual rod installations, connect the flame sense wire from the burner/igniter to this terminal connector.
SPARK	1/4 inch	High voltage sparking electrode

S8810U UNIVERSAL INTERMITTENT PILOT GAS IGNITION CONTROL

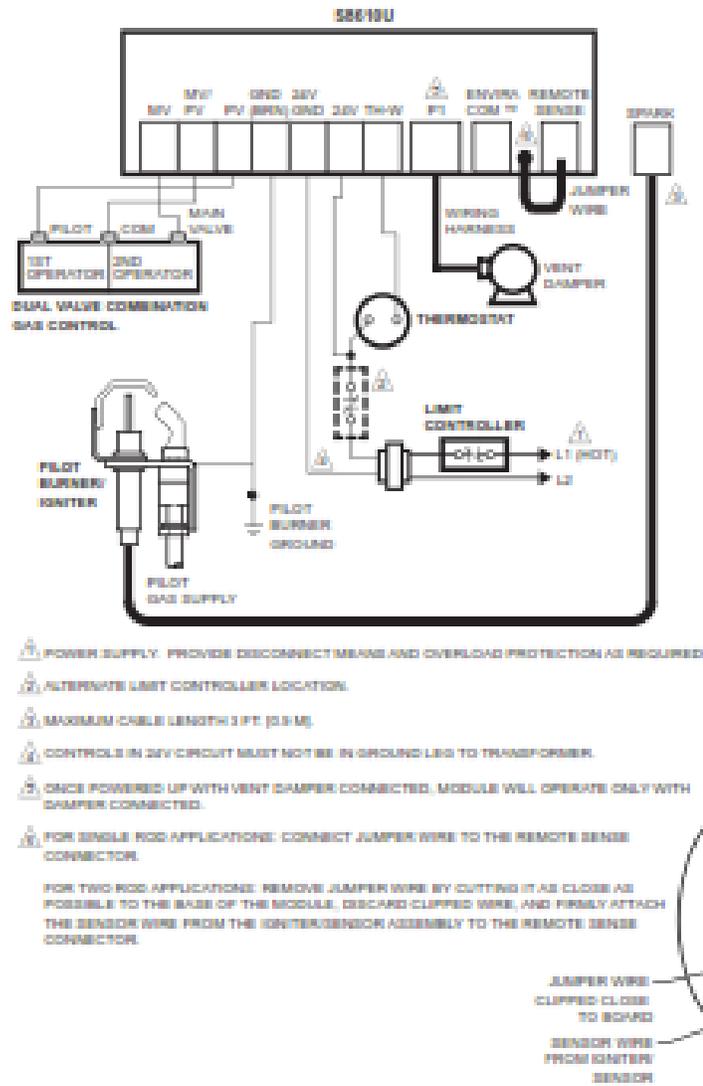


Fig. 3. S8810U connections in a heating system with an atmospheric burner and vent damper.

S8610U UNIVERSAL INTERMITTENT PILOT GAS IGNITION CONTROL

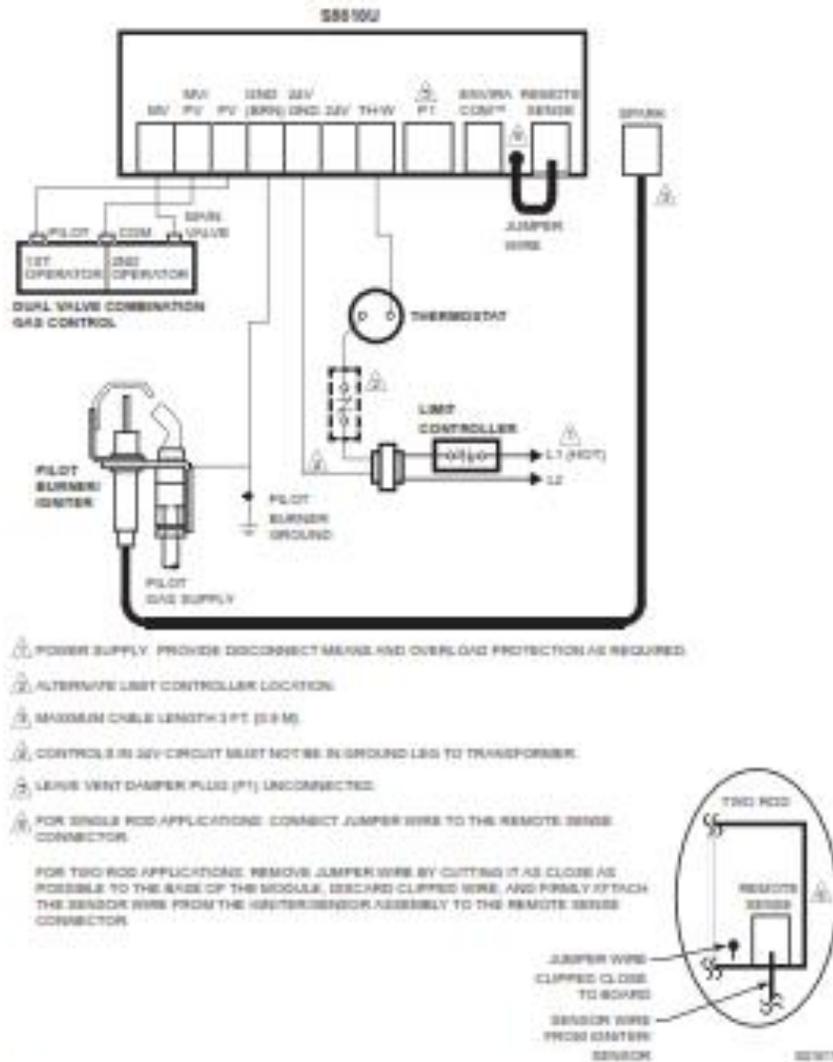
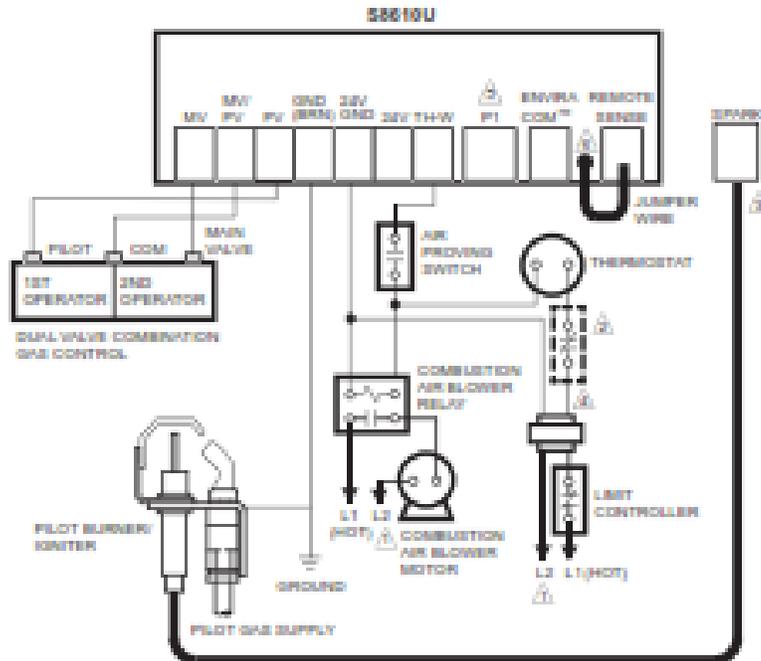


Fig. 4. S8610U connections in a heating system with an atmospheric burner and no vent damper.

S8810U UNIVERSAL INTERMITTENT PILOT GAS IGNITION CONTROL



⚠️ POWER SUPPLY. PROVIDE DISCONNECT MEANS AND OVERLOAD PROTECTION AS REQUIRED.

⚠️ ALTERNATE LIMIT CONTROLLER LOCATION.

⚠️ MAXIMUM CABLE LENGTH 3 FT. (0.9 M).

⚠️ CONTROLS IN 24V CIRCUIT MUST NOT BE IN GROUND LEG TO TRANSFORMER.

⚠️ LEAVE VENT DAMPER PLUG (P1) UNCONNECTED.

⚠️ FOR SINGLE ROD APPLICATIONS: CONNECT JUMPER WIRE TO THE REMOTE SENSE CONNECTOR.

FOR TWO ROD APPLICATIONS: REMOVE JUMPER WIRE BY CUTTING IT AS CLOSE AS POSSIBLE TO THE BASE OF THE MODULE, DISCARD CLIPPED WIRE, AND FIRMLY ATTACH THE SENSOR WIRE FROM THE IGNITER/SENSOR ASSEMBLY TO THE REMOTE SENSE CONNECTOR.

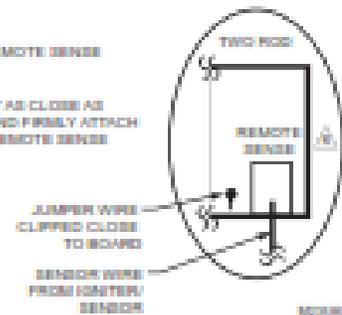


Fig. 3. S8810U connections in a heating system with power-assisted combustion.

Failed Trial for Pilot Ignition

The S8510U control module provides multiple trials for ignition (TFI). If the pilot is not lit or sensed before the end of the trial for ignition time, the ignition control shuts off the spark and pilot gas (100% shutoff). There is a five minute delay before another TFI is initiated. The pattern of TFI followed by a five minute delay continues until the

pilot lights and is proved or the "Call for Heat" ends. The five minute delay time can be bypassed by cycling the system thermostat or removing and restoring system power.

The following operating sequence includes vent damper operation (if connected) and Prepurge (if configured).

OPERATING SEQUENCE

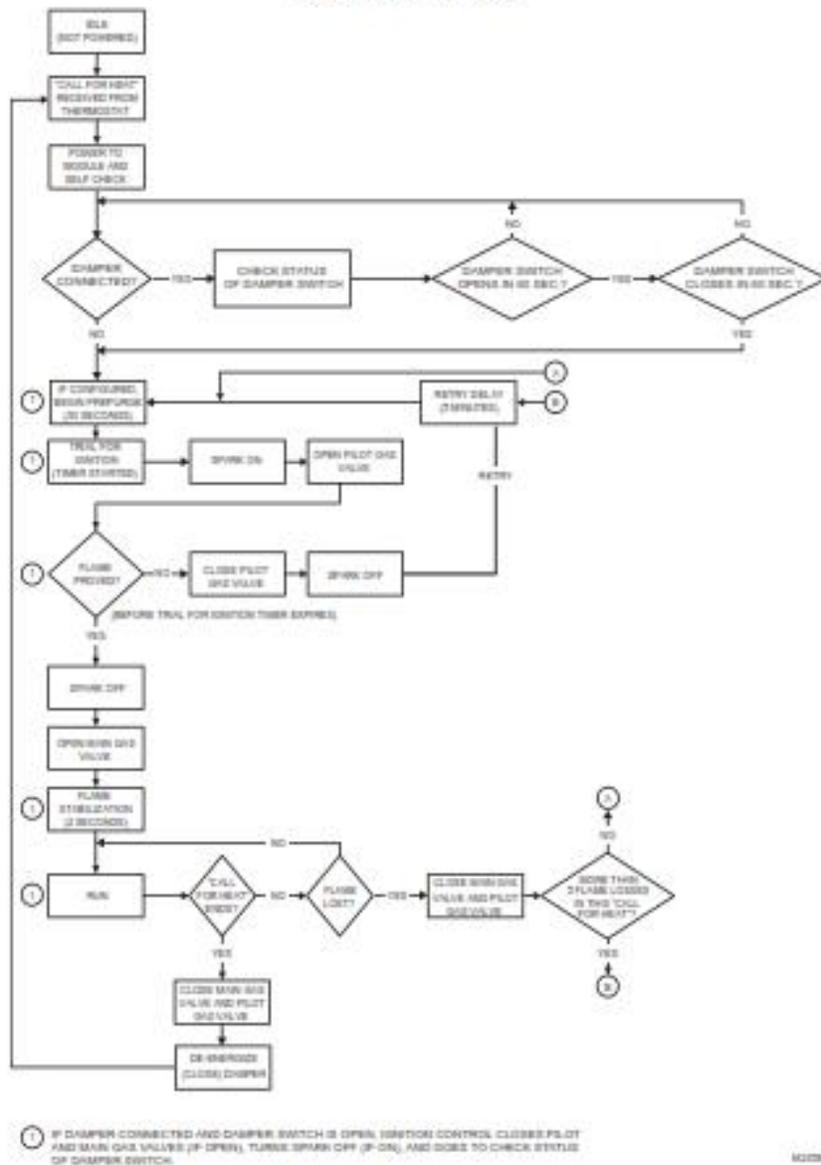


Fig. 8. Normal Operating Sequence.

SB610U UNIVERSAL INTERMITTENT PILOT GAS IGNITION CONTROL

• **Flame LED (Yellow)**

— Indicates flame presence and strength. See Table 13.

• **Status LED (Green)**

— Indicates system operation status and error conditions. See Table 14 and the "Troubleshooting Guide" on page 21.

Table 13. Yellow LED Flame Codes.

Yellow LED Flash Code ^a	Indicates	Recommended Service Action
Heartbeat	Normal Flame Signal	Not applicable
2	Weak Flame Signal—System will operate reliably but flame signal is less than desired. NOTE: This indication may flash temporarily during or shortly after lightoff on some applications.	Perform routine maintenance to assure optimum flame signal.
1	Marginal Flame Signal—System may not operate reliably over time. Service call recommended. NOTE: This indication may flash temporarily during or shortly after lightoff on some applications.	Check gas supply, pilot burner, flame sense wiring, contamination of flame rod, burner ground connection.
OFF	Flame Signal below minimum threshold for system operation	Check gas supply, pilot burner, flame sense wiring, contamination of flame rod, burner ground connection.

^a Flash Code Descriptions:

- Heartbeat: Constant 1/5 second bright, 1/5 second dim cycles.
- The flash code number signifies that the LED flashes X times at 2 Hz, remains off for two seconds, and then repeats the sequence.

Table 14. Green LED Status Codes.

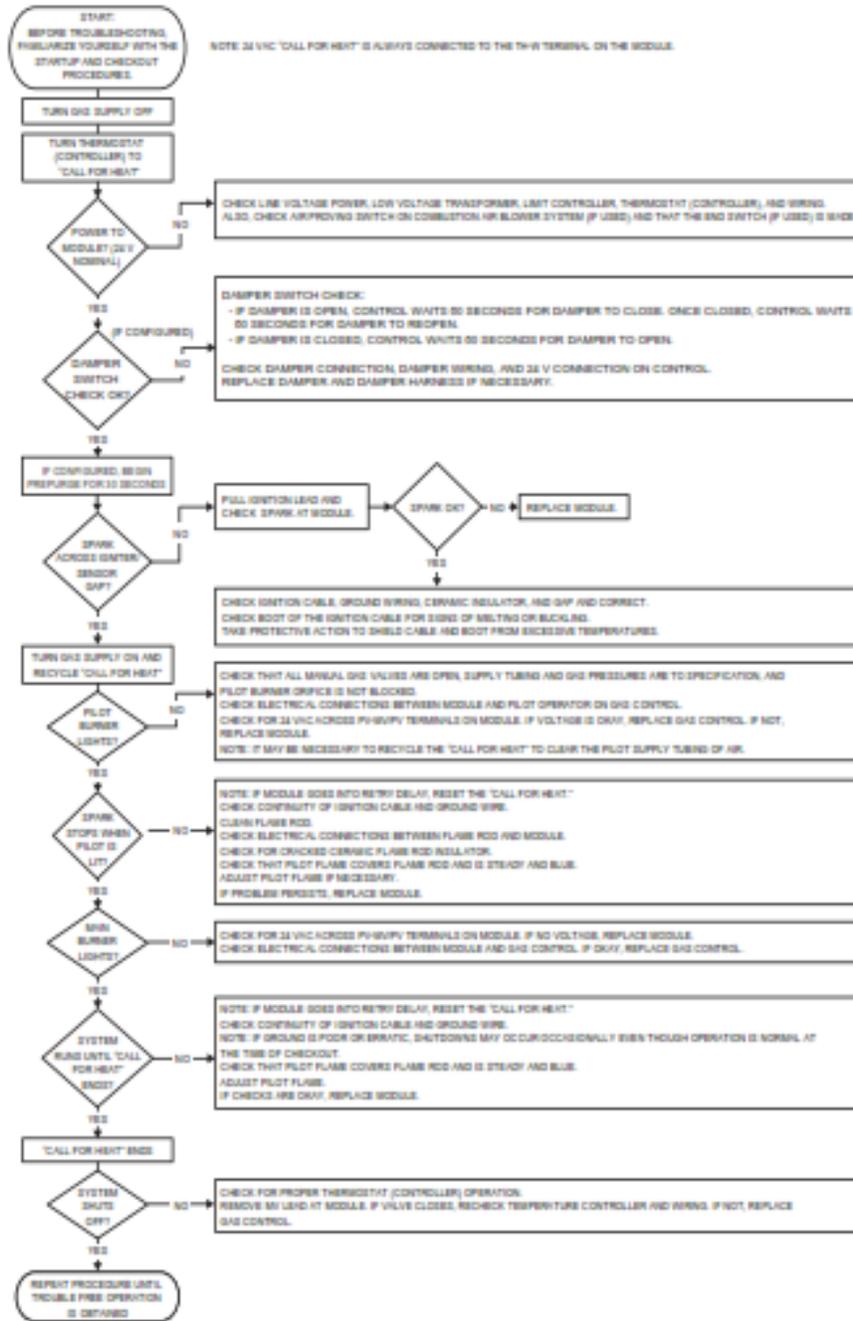
Green LED Flash Code (X + Y) ^a	Indicates	Next System Action	Recommended Service Action
OFF	No "Call for Heat"	Not applicable	None
Flash Fast	Startup - Flame sense calibration	Not applicable	None
Heartbeat	Normal operation	Not applicable	None
2	5 minute Retry Delay - Pilot flame not detected during trial for ignition	Initiate new trial for ignition after retry delay completed.	If system fails to light on next trial for ignition check gas supply, pilot burner, spark and flame sense wiring, flame rod contaminated or out of position, burner ground connection.
3	Recycle - Flame failed during run	Initiate new trial for ignition. Flash code will remain through the ignition trial until flame is proved.	If system fails to light on next trial for ignition, check gas supply, pilot burner, flame sense wiring, contamination of flame rod, burner ground connection.
4	Flame sensed out of sequence	If situation self corrects within 10 seconds, control module returns to normal sequence. If flame out of sequence remains longer than 10 seconds, control module goes to Flash code 6+4 (see below).	Check for pilot flame. Replace gas valve if pilot flame present. If no pilot flame, cycle "Call for Heat." If error repeats, replace control.
5	Damper Error: - Damper required but not present - Damper failed to open within 60 seconds - Damper failed to close within 60 seconds	If damper error corrects, ignition control resumes normal operation.	Check damper connection, damper wiring, and 24V connection on control. Replace damper if necessary.
7	Flame sense leakage to ground	Control module remains in wait mode. When the fault corrects, control module resumes normal operation after a one minute delay.	Check flame sense lead wire for damage or shorting. Check that flame rod is in proper position. Check flame rod ceramic for cracks, damage or tracking.
8	Low secondary voltage supply	Control module remains in wait mode. When the fault corrects, control module resumes normal operation after a one minute delay.	Check transformer and AC line for proper input voltage to the control. Check with full system load on the transformer.
6+2	8 minute Retry Delay - On every third retry on the same "Call for Heat"	Initiate new trial for ignition after retry delay completed.	Check gas supply, pilot burner, spark and flame sense wiring, flame rod contaminated or out of position, burner ground connection.
6+3	On every 5th flame failure during run on the same "Call for Heat"	Initiate new trial for ignition after retry delay completed.	Check gas supply, pilot burner, flame sense wiring, contamination of flame rod, burner ground connection.
6+4	Flame sensed out of sequence for longer than 10 seconds	Control module waits until flame is no longer sensed and then goes to soft lockout. Flash code continues. Control module auto resets from soft lockout after one hour.	Check for pilot flame. Replace gas valve if pilot flame present. If no pilot flame, cycle "Call for Heat." If error repeats, replace the SB610U control module.
ON	Soft lockout due to error detected during self check sequence	Control module auto resets from soft lockout after one hour.	Reset by cycling "Call for Heat." If error repeats, replace the SB610U control module.

^a Flash Code Descriptions:

- Flash Fast: rapid blinking.
- Heartbeat: Constant 1/5 second bright, 1/5 second dim cycles.
- A single flash code number signifies that the LED flashes X times at 2 Hz, remains off for two seconds, and then repeats the sequence.
- X + Y flash codes signify that the LED flashes X times at 2 Hz, remains off for two seconds, flashes Y times at 2Hz, remains off for three seconds, and then repeats the sequence.

Troubleshooting Guide

Refer to the following guide for troubleshooting the S8610U control module.



M2020

Fig. 11. Troubleshooting Guide.

Anexo 2. Datasheet válvula solenoide Honeywell serie MD

Honeywell

Series M SOLENOID VALVES NORMALLY CLOSED

PRODUCT DATA



Features

- **MA:** direct operated, angle construction
- **MD:** direct operated, two way construction
- **MS:** pilot operated, two way construction
- Normally closed
- Hermetic construction
- Low pressure drop
- High performance
- Direct operated: no minimum pressure differential required to open the valve
- Pilot operated: minimum pressure differential of 0.05 bar required to open the valve
- Solder and flare connections
- Coils for AC and DC
- Refrigerants: all CFC, HCFC, HFC, not for ammonia

Specification

Nominal capacity	see tables on page 2
Maximum pressure PS	35 bar(a)
Maximum test pressure PF	50 bar(a)
Min. pressure differential	MA, MD: 0 bar MS: 0.05 bar
Max. pressure differential	MS: 2 bar
Max. opening pressure differential MOPD	AC-coil: MA, MD: 25 bar MS: 30 bar DC-coil: MA, MD: 21bar MS: 21 bar
Max. medium temperature	125 °C
Min. medium temperature	-45 °C
Max. ambient temperature	80 °C
Min. ambient temperature	-40 °C
Number of operating cycles	> 1,5 million
Standard coil voltages	AC: 230V, 110V, 24V DC: 230V, 24V further voltages on request
Voltage tolerance	AC: ±10% DC: +10%, -5%

Application

Solenoid valves series M are used in general refrigeration and for original equipment to cut off/activate the refrigerant flow in a refrigerating plant. The solenoid valves can be installed in the liquid line, hot gas line and suction line of a refrigerating unit.

Materials

Body	brass, stainless steel
Seal material	PTFE
Connection tubes	solder: copper flare: brass
Coil	copper, steel, Crastin

Nominal Capacity Q_N (kW)

Type	kv-value (m ³ /h)	Liquid				Hot gas				Suction gas			
		R134a	R22	R407C	R404A R507A	R134a	R22	R407C	R404A R507A	R134a	R22	R407C	R404A R507A
Direct operated													
MA 062	0.17	5.21	5.62	5.39	3.87	1.14	1.47	1.45	1.29	-	-	-	-
MD 062	0.17	5.21	5.62	5.39	3.87	1.14	1.47	1.45	1.29	-	-	-	-
MD 102	0.22	6.74	7.27	6.98	5.01	1.48	1.90	1.88	1.67	-	-	-	-
MD 103	0.23	7.05	7.61	7.29	5.24	1.54	1.99	1.96	1.75	-	-	-	-
Pilot operated													
MS 103	0.9	27.6	29.8	28.5	20.5	6.04	7.78	7.67	6.83	1.54	2.06	1.92	1.80
MS 104	0.9	27.6	29.8	28.5	20.5	6.04	7.78	7.67	6.83	1.54	2.06	1.92	1.80
MS 124	1.6	49.0	52.9	50.7	36.4	10.7	13.8	13.6	12.1	2.74	3.66	3.42	3.19
MS 125	1.6	49.0	52.9	50.7	36.4	10.7	13.8	13.6	12.1	2.74	3.66	3.42	3.19
MS 165	2	61.3	66.1	63.4	45.5	13.4	17.3	17.1	15.2	3.42	4.57	4.27	3.99
MS 167	2	61.3	66.1	63.4	45.5	13.4	17.3	17.1	15.2	3.42	4.57	4.27	3.99
MS 227	4	123	132	127	91.1	26.8	34.6	34.1	30.4	6.85	9.14	8.54	7.98

The nominal capacity Q_N is based on the following conditions

Medium	Evaporating temperature t ₀ (°C)	Condensing temperature t _c (°C)	Subcooling Δt _{c2u} (K)	Hot gas temperature t _H (°C)	Pressure loss across valve Δp (bar)
Liquid	-10	25	1	-	0.4
Hot gas	-10	25	1	25 °C	1
Suction gas	-10	25	1	-	0.15

Valve selection for other operating conditions see the following tables or consult the Honeywell software

Valve size calculation for the liquid line

Refrigeration capacity Q_0 , multiplied with correcting factor f_{TF} , multiplied with correcting factor $f_{\Delta PF}$ results in the required nominal capacity Q_N .

$$Q_N = Q_0 \times f_{TF} \times f_{\Delta PF}$$

- Q_N nominal capacity (according to table on page 2)
- Q_0 refrigeration capacity
- f_{TF} correcting factor for evaporating and liquid temperature
- $f_{\Delta PF}$ correcting factor for pressure loss across the valve

Correcting factor f_{TF} for the change of capacity according to the operating temperatures

t _v (°C)	Evaporating temperature to (°C)																							
	R134a					R22					R407C				R404A, R507A									
	+10	±0	-10	-20	-30	-40	+10	±0	-10	-20	-30	-40	+10	±0	-10	-20	-30	+10	±0	-10	-20	-30	-40	
0	-	-	0.80	0.83	0.85	0.88	-	-	0.82	0.83	0.85	0.88	-	-	0.80	0.80	0.80	-	-	0.73	0.76	0.79	0.83	
+5	-	-	0.83	0.86	0.89	0.93	-	-	0.85	0.87	0.89	0.91	-	-	0.80	0.80	0.80	0.90	-	-	0.77	0.8	0.84	0.88
+10	-	0.84	0.87	0.91	0.94	0.97	-	0.86	0.88	0.90	0.92	0.95	-	0.80	0.90	0.90	0.90	-	0.79	0.82	0.85	0.89	0.94	
+15	-	0.88	0.91	0.94	0.98	1.02	-	0.90	0.92	0.94	0.96	0.99	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	-	0.84	0.87	0.91	0.95	1.00	
+20	0.89	0.92	0.95	0.99	1.03	1.08	0.92	0.94	0.96	0.98	1.00	1.03	0.90	0.90	0.90	1.00	1.00	0.86	0.89	0.93	0.97	1.02	1.08	
+25	0.94	0.96	1.00	1.05	1.09	1.14	0.96	0.98	1.00	1.03	1.05	1.09	0.90	1.00	1.00	1.00	1.10	0.92	0.96	1.05	1.05	1.11	1.18	
+30	0.99	1.02	1.06	1.12	1.16	1.22	1.01	1.02	1.05	1.08	1.10	1.14	1.00	1.00	1.00	1.10	1.20	0.99	1.03	1.08	1.14	1.21	1.29	
+35	1.04	1.08	1.12	1.18	1.24	1.30	1.05	1.07	1.10	1.13	1.16	1.20	1.10	1.10	1.10	1.20	1.20	1.08	1.13	1.19	1.26	1.34	1.44	
+40	1.10	1.14	1.19	1.26	1.32	1.39	1.10	1.12	1.15	1.19	1.22	1.26	1.10	1.20	1.20	1.30	1.30	1.18	1.24	1.32	1.40	1.50	1.63	
+45	1.18	1.22	1.28	1.35	1.42	1.50	1.17	1.19	1.22	1.26	1.29	1.34	1.20	1.30	1.30	1.40	1.40	1.32	1.39	1.48	1.59	1.72	1.88	
+50	1.25	1.24	1.37	1.45	1.53	1.62	1.23	1.26	1.29	1.33	1.37	1.42	1.30	1.40	1.40	1.50	1.60	1.50	1.59	1.7	1.85	2.02	2.23	
+55	1.35	1.41	1.48	1.58	1.67	1.78	1.30	1.33	1.37	1.42	1.46	1.52	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.74	1.87	2.02	2.22	2.47	2.79	
+60	1.46	1.55	1.61	1.73	1.84	1.97	1.38	1.41	1.46	1.51	1.56	1.63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

* Temperature of liquid refrigerant at valve inlet.

Correcting factor $f_{\Delta PF}$ for the change of capacity according to the chosen pressure loss across the valve

Pressure loss across valve Δp (bar)	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
Correcting factor $f_{\Delta PF}$	2.83	2.00	1.63	1.41	1.26	1.15	1.07	1.00	0.94	0.89	0.85	0.82	0.78	0.76

Valve capacity for the hot gas line

Type	Pressure loss across valve Δp (bar)	Capacity (kW)*																	
		Condensing temperature t_c (°C)																	
		R134a				R22				R407C				R404A, R507A					
		+25	+30	+40	+50	+25	+30	+40	+50	+25	+30	+40	+50	+25	+30	+40	+50		
Direct operated																			
MA 062 MD 062	0.2	0.54	0.55	0.57	0.58	0.57	0.68	0.70	0.74	0.76	0.78	0.62	0.65	0.68	0.70	0.60	0.60	0.58	0.53
	0.5	0.83	0.86	0.89	0.90	0.89	1.06	1.10	1.15	1.19	1.22	0.98	1.02	1.08	1.11	0.93	0.93	0.90	0.83
	1.0	1.12	1.17	1.23	1.25	1.24	1.46	1.51	1.60	1.67	1.70	1.39	1.44	1.52	1.57	1.29	1.29	1.26	1.16
	1.5	1.31	1.38	1.47	1.50	1.50	1.74	1.81	1.93	2.01	2.06	1.71	1.77	1.87	1.93	1.54	1.55	1.52	1.41
MD 102	2.0	1.44	1.52	1.64	1.70	1.70	1.94	2.04	2.19	2.29	2.34	1.96	2.04	2.15	2.22	-	-	-	-
	0.2	0.69	0.72	0.75	0.75	0.73	0.77	0.91	0.96	0.99	1.00	0.81	0.83	0.88	0.91	0.77	0.77	0.74	0.68
	0.5	1.07	1.11	1.15	1.17	1.16	1.37	1.42	1.49	1.55	1.58	1.27	1.32	1.39	1.44	1.20	1.20	1.17	1.07
	1.0	1.44	1.51	1.60	1.62	1.61	1.89	1.96	2.08	2.15	2.20	1.80	1.87	1.97	2.04	1.66	1.67	1.63	1.50
MD 103	1.5	1.69	1.78	1.89	1.94	1.93	2.25	2.34	2.50	2.60	2.66	2.21	2.29	2.41	2.49	1.99	2.00	1.96	1.82
	2.0	1.86	1.97	2.12	2.20	2.20	2.52	2.64	2.83	2.97	3.03	2.55	2.64	2.79	2.88	-	-	-	-
	0.2	0.72	0.75	0.78	0.78	0.77	0.80	0.95	1.00	1.03	1.05	0.84	0.87	0.92	0.95	0.80	0.80	0.78	0.71
	0.5	1.12	1.16	1.21	1.22	1.21	1.43	1.48	1.56	1.62	1.65	1.33	1.38	1.46	1.50	1.26	1.26	1.22	1.12
MS 103 MS 104	1.0	1.51	1.58	1.67	1.69	1.68	1.98	2.05	2.17	2.25	2.30	1.88	1.95	2.06	2.13	1.74	1.74	1.70	1.57
	1.5	1.77	1.86	1.98	2.03	2.02	2.35	2.45	2.61	2.72	2.78	2.31	2.39	2.52	2.61	2.08	2.09	2.05	1.90
	2.0	1.94	2.06	2.22	2.30	2.30	2.64	2.76	2.96	3.10	3.17	2.66	2.76	2.91	3.01	-	-	-	-
	Pilot operated																		
MS 124 MS 125	0.2	2.83	2.93	3.04	3.06	3.02	4.20	4.33	4.55	4.70	4.79	3.60	3.71	3.90	4.03	3.09	3.09	3.00	2.74
	0.5	4.37	4.53	4.73	4.78	4.72	6.35	6.76	7.13	7.38	7.32	5.61	5.79	6.11	6.33	4.89	4.89	4.80	4.37
	1.0	5.93	6.19	6.52	6.63	6.57	9.02	9.35	9.91	10.3	10.5	7.73	8.01	8.49	8.83	6.77	6.86	6.69	6.09
	1.5	6.93	7.29	7.77	7.95	7.92	10.8	11.2	11.9	12.4	12.7	9.26	9.60	10.2	10.6	8.14	8.14	8.06	7.37
MS 165 MS 167	2.0	7.60	8.07	8.66	9.00	9.00	12.1	12.6	13.5	14.2	14.5	10.4	10.8	11.6	12.2	-	-	-	-
	0.2	5.04	5.21	5.40	5.44	5.36	6.40	6.60	6.94	7.17	7.30	5.86	6.07	6.41	6.62	5.60	5.60	5.44	4.96
	0.5	7.77	8.07	8.40	8.50	8.39	9.97	10.3	10.9	11.2	11.5	9.27	9.6	10.1	10.5	8.76	8.76	8.52	7.80
	1.0	10.5	11.0	11.6	11.8	11.7	13.7	14.3	15.1	15.7	16.0	13.1	13.6	14.3	14.8	12.1	12.1	11.8	10.9
MS 227	1.5	12.3	13.0	13.8	14.1	14.1	16.4	17.1	18.2	19.0	19.4	16.1	16.6	17.6	18.1	14.5	14.6	14.3	13.2
	2.0	13.5	14.3	15.3	16.0	16.0	18.4	19.2	20.6	21.6	22.1	18.5	19.2	20.3	20.9	-	-	-	-
	0.2	6.29	6.51	6.76	6.80	6.70	8.00	8.25	8.68	8.96	9.12	7.33	7.59	8.01	8.28	7.00	7.00	6.80	6.20
	0.5	9.72	10.1	10.5	10.6	10.5	12.5	12.9	13.6	14.1	14.3	11.6	12.0	12.7	13.1	10.9	10.9	10.6	9.70
MS 227	1.0	13.2	13.7	14.5	14.7	14.6	17.2	17.8	18.9	19.6	20.0	16.4	17.0	17.9	18.5	15.1	15.2	14.8	13.6
	1.5	15.4	16.2	17.2	17.7	17.6	20.5	21.3	22.7	23.7	24.2	20.1	20.8	22.0	22.7	18.1	18.2	17.9	16.5
	2.0	16.9	17.9	19.3	20.0	20.0	23.0	24.0	25.7	27.0	27.6	23.2	24.0	25.3	26.2	-	-	-	-
	0.2	12.6	13.0	13.5	13.6	13.4	16.0	16.5	17.4	17.9	18.2	14.7	15.2	16.0	16.6	14.0	14.0	13.6	12.4
0.5	19.4	20.1	21.0	21.2	21.0	24.9	25.8	27.1	28.1	28.6	23.2	24.0	25.3	26.2	21.9	21.9	21.3	19.5	
1.0	26.3	27.5	29.0	29.5	29.2	34.4	35.6	37.8	39.2	40.0	32.8	33.9	35.8	37.0	30.3	30.4	29.7	27.3	
1.5	30.8	32.4	34.5	35.3	35.2	41.0	42.6	45.4	47.4	48.4	40.1	41.6	43.9	45.3	36.3	36.5	35.8	33.1	
2.0	33.8	35.9	38.7	39.9	40.0	45.9	48.0	51.5	53.9	55.2	46.3	48.0	50.7	52.4	-	-	-	-	

* Capacities are based on evaporating temperature to = -10 °C, hot gas temperature t_h = +25 °C and 1 K subcooled refrigerant.

If the hot gas temperature is changed by ± 10 °C the valve capacity changes (inversely proportional) by ± 2.5 %.
With other evaporating temperatures to the capacities above should be multiplied by the following correcting factors:

t_e (°C)	-50	-40	-30	-20	-10	± 0	+10
R134a	-	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.09
R22	0.88	0.91	0.95	0.97	1.00	1.03	1.05
R407C	0.83	0.88	0.92	0.95	1.00	1.01	1.06
R404A, R507A	0.75	0.81	0.88	0.13	1.00	1.05	-

Valve size calculation for the suction line

Refrigeration capacity Q_0 , multiplied with correcting factor f_{rs} , multiplied with correcting factor $f_{\Delta PS}$ results in the required nominal capacity Q_N .

$$Q_N = Q_0 \times f_{rs} \times f_{\Delta PS}$$

- Q_N nominal capacity (according to table on page 2)
- Q_0 refrigeration capacity
- f_{rs} correcting factor for evaporating and liquid temperature
- $f_{\Delta PS}$ correcting factor for pressure loss across the valve

Correcting factor f_{rs} for the change of capacity according to the operating temperatures

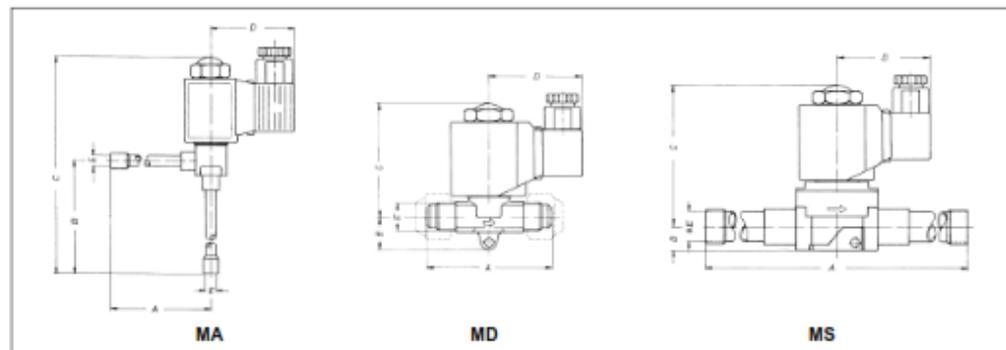
Evaporating temperature t_0 (°C)	Condensating temperature t_c (°C)				
	+60	+50	+40	+30	+20
For refrigerant R134a, R22, R407C					
+10	0.98	0.86	0.78	0.71	0.66
±0	1.19	1.05	0.95	0.86	0.79
-10	1.48	1.29	1.16	1.05	0.96
-20	1.88	1.62	1.44	1.31	1.19
-30	2.42	2.08	1.83	1.65	1.59
-40	3.20	2.71	2.37	2.13	1.92
For refrigerant R404A, R507A					
+10	-	1.14	0.82	0.71	0.63
±0	-	1.24	1.01	0.87	0.77
-10	-	1.57	1.26	1.07	0.94
-20	-	2.02	1.60	1.35	1.17
-30	-	2.67	2.07	1.72	1.49
-40	-	3.62	2.74	2.25	1.93

Correcting factor $f_{\Delta PS}$ for the change of capacity according to the chosen pressure loss across the valve

Pressure loss across valve Δp (bar)	0.05	0.075	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
Correcting factor $f_{\Delta PS}$	1.73	1.41	1.22	1.00	0.87	0.71	0.61	0.55	0.50

Dimensions and Weights

Type	Connections (E)	For tube diameter	Dimensions (mm)				Weight (kg)	
			A	B	C	D	without coil 230 V AC	with coil 230 V AC
Direct operated								
MA 062MMS	6 mm ODF	6 mm	88	88	142	47	0.15	0.30
MA 062S	1/4" ODF	1/4"	88	88	142	47	0.15	0.30
MD 062	7/16" UNF	6 mm, 1/4"	65	17	57	47	0.19	0.33
MD 062MMS	6 mm ODF	6 mm	112	17	57	47	0.17	0.31
MD 062S	1/4" ODF	1/4"	112	17	57	47	0.17	0.31
MD 102	7/16" UNF	6 mm, 1/4"	68	19	64	54	0.19	0.33
MD 102MMS	6 mm ODF	6 mm	118	19	64	54	0.17	0.31
MD 102S	1/4" ODF	1/4"	118	19	64	54	0.17	0.31
MD 103	5/8" UNF	10 mm, 3/8"	71	19	64	54	0.28	0.52
MD 103MMS	10 mm ODF	10 mm	118	19	64	54	0.25	0.49
MD 103S	3/8" ODF	3/8"	118	19	64	54	0.25	0.49
Pilot operated								
MS 103	5/8" UNF	10 mm, 3/8"	84	12	79	54	0.51	0.75
MS 103MMS	10 mm ODF	10 mm	159	12	79	54	0.55	0.79
MS 103S	3/8" ODF	3/8"	159	12	79	54	0.55	0.79
MS 104 MMS	12 mm ODF	12 mm	159	12	79	54	0.56	-
MS 104S	1/2" ODF	1/2"	159	12	79	54	0.56	-
MS 124	3/4" UNF	12 mm, 1/2"	91	12	79	54	0.54	0.77
MS 124MMS	12 mm ODF	12 mm	159	12	79	54	0.56	0.79
MS 124S	1/2" ODF	1/2"	159	12	79	54	0.56	0.79
MS 125S	16 mm, 5/8" ODF	16 mm, 5/8"	159	12	79	54	0.56	-
MS 165	7/8" UNF	16 mm, 5/8"	97	12	79	54	0.57	0.80
MS 165S	16 mm, 5/8" ODF	16 mm, 5/8"	159	12	79	54	0.59	0.82
MS 167S	22 mm, 7/8" ODF	22 mm, 7/8"	173	12	79	54	0.59	-
MS 227S	22 mm, 7/8" ODF	22 mm, 7/8"	262	22	88	54	1.45	1.65



Installation

- Position of plunger tube should be from upright to horizontal position.
- Arrow on valve body must correspond with flow direction.
- Keep 45 mm distance clear above the valve for assembly/disassembly of coil.
- Fit solenoid valve so that it is drip proof.
- **Solder valves:**
 - Remove cap nut, coil and gaskets before soldering
 - Max. temperature of valve body: 125 °C.
 - When soldering, always point flame away from valve body
 - When assembling after soldering, fit the coil's top and bottom seal rings.
- **Flare valves:**
 - When tightening flare nuts grip at wrench flats on the valve body provided for this purposes
 - Do not use coil and plunger tube as lever (thin-walled plunger tube).
 - When installing direct operated valves with 20 W DC coil, the flare nut must be tightened in that way that one flat of the nut is in parallel with the lower surface of the coil.
- Voltage of coil and network must correspond.
- The flat spade terminals is the earth connection. The protective conductor must also be connected at the plant.
- Do not energize the coil before assembling on the valve body.
- All gaskets must be fitted carefully in order to achieve protection to IP65.
- Tighten fixing screw of connector.
- Constructive modifications at the valve are not allowed.

Honeywell

Automation and Control Solutions

Honeywell GmbH
Hardhofweg
74821 Mosbach/Germany
Phone: +49 (0) 62 61 / 81-475
Fax: +49 (0) 62 61 / 81-461
E-Mail: cooling.mosbach@honeywell.com
www.honeywell-cooling.com

Manufactured for and on behalf of the
Environment and Combustion Controls
Division of Honeywell Technologies Sàrl,
1180 Rolle, Z. A. La Pléce 16, Switzerland
by its authorized representative Honeywell GmbH

Anexo 3. Especificaciones Central de automatización Vera Lite



El controlador inteligente VeraLite convierte instantáneamente su hogar en un asistente personal para su vida diaria. Este dispositivo es compatible con más de 900 productos y aplicaciones, y no necesita de un contrato mensual como otros dispositivos; en vez de gastar dinero mes a mes con el VeraLite se va a obtener un ahorro energético de casi 180 USD por año.

Características

- Maneja la seguridad del hogar desde cualquier parte del mundo
- Reduce el costo de las facturas energéticas
- Envía importantes alertas via email o por mensajes de texto
- Configuraciones automáticas de confort
- Opciones de confort distintas para cada usuario
- Maneja un poco más de 900 dispositivos
- Ahorro energético en promedio de 180 USD por año
- Garantía de un año

Especificaciones

- CPU: 500MHz MIPS SoC
- Memoria flash: NAND 32 MB
- Memoria DDR2: 64 MB
- Puertos USB: 1
- Puertos WAN: 1
- Red: Z-Wave
- Alimentación: 100-240 VAC, 50-60 Hz, 4 baterías AA
- Salida: 12V/2A DC
- Dimensiones: 116x95x44 (mm)
- Certificaciones: FCC, CE, UL/cUL

Anexo 4. Especificaciones Micro Smart Dimmer AEON Labs



El Micro Smart Dimmer es un pequeño dispositivo que tiene un gran potencial en cuanto al control de iluminación; este diminuto dimmer se instala dentro de la caja eléctrica del interruptor del espacio a controlar. Usando el poder de la tecnología z-wave este dispositivo convierte un interruptor normal en uno inteligente, el cual puede controlar luces, hacer escenas dependiendo del ambiente en el que se encuentre y puede monitorizar su consumo de energía, todo esto vigilado y controlado desde su smartphone.

Características

- Control on/off y regulador de luces conectadas
- Control de ambientes independientes
- No hay necesidad de cambiar los interruptores existentes
- Manejo de energía inteligente
- Control de luces cuando se esta lejos de casa
- Memoria de horarios de encendido e intensidad de las luces
- Gran rango de alcance de red
- Tamaño reducido
- Simple de instalar
- Compatible con z-wave
- Actúa como repetidor en una red z-wave

Especificaciones

- Alimentación: 110-230vac, 50/60hz
- Salida: 2.5a max.
- Rango: 15m
- Rango entre dispositivos z-wave: 50 pies
- Control: triac
- Temperatura de operación: 0-70 °C

- Humedad operativa max.: 95%
- Dimensiones: 52x49x18.5mm
- Certificaciones: fcc, cul, ce, rohs

Anexo 5. Especificaciones Modulo appliance Lpm-15



El appliance se vincula a una salida ac de pared estándar y el dispositivo a controlar va conectado al módulo. Cada dispositivo enlazado al módulo puede ser fácilmente encendido o apagado de manera remota usando la red z-wave. Como parte de esta red este módulo funciona como repetidor para aumentar el alcance de la señal.

Características

- Se conecta a cualquier tomacorriente ac con conexión a tierra
- Control on/off de las cargas conectadas
- Compatible con la red z-wave
- Compatible con el sistema de seguridad z-wave
- Soporta cargas incandescentes de hasta 600 w, 120 vac
- Soporta cargas resistivas de hasta 15 amps (1800 w), 120 vac
- Soporta motores de hasta ½ h.p,120 vac
- Actúa como repetidor inalámbrico en una red z-wave

Especificaciones

- Referencia: lpm-15
- Hasta 100 pies de línea de visión entre el mando inalámbrico y / o el módulo receptor más cercano
- Redes soportadas: z-wave
- Frecuencia de señal: 908.42 mhz
- Alimentación: 120vac, 60hz
- Dimensiones: 2.5"x3.75"x1.5"
- Peso: 0.31 libras

Anexo 6. Norma UNE 20460-5-52

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 20460-5-523 de noviembre de 1994

norma española

UNE 20460-5-523

Noviembre 2004

TÍTULO	Instalaciones eléctricas en edificios Parte 5: Selección e instalación de los materiales eléctricos Sección 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables <i>Electrical installations of buildings. Part 5: Selection and erection of electrical equipment. Section 523: Current-carrying capacities in wiring systems.</i> <i>Installations électriques des bâtiments. Partie 5: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques. Section 523: Courants admissibles dans les canalisations.</i>
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, del Documento de Armonización HD 384.5.523 S2 de noviembre de 2001, que a su vez adopta la Norma Internacional IEC 60364-5-523:1999, modificada.
OBSERVACIONES	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 20460-5-523 de noviembre de 1994.
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 202 <i>Instalaciones Eléctricas</i> cuya Secretaría desempeña AFME.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 48376-2004

■ AENOR 2004
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

53 Páginas

Grupo 27

PRÓLOGO

El texto de la Norma Internacional IEC 60364-5-523:1999, preparado por el Comité Técnico TC 64, *Instalaciones eléctricas y protección contra los choques eléctricos*, de IEC, junto con las modificaciones comunes preparadas por el Subcomité SC 64B, *Protección contra los efectos térmicos*, del Comité Técnico TC 64, *Instalaciones eléctricas en edificios*, de CENELEC, fue sometido a voto formal y fue aprobado por CENELEC como Documento de Armonización HD 384.5.523 el 2001-09-01.

Este documento de armonización sustituye al Documento de Armonización HD 384.5.523 S1:1991.

Se fijaron las siguientes fechas:

- | | | |
|--|-------|------------|
| - Fecha límite en la que el documento de armonización debe anunciarse a nivel nacional | (doa) | 2002-03-01 |
| - Fecha límite en la que el documento de armonización debe adoptarse a nivel nacional por publicación de una norma nacional equivalente o por ratificación | (dop) | 2002-09-01 |
| - Fecha límite en la que deben retirarse las normas nacionales divergentes con este documento de armonización | (dow) | 2004-09-01 |

Los anexos denominados "normativos" forman parte del cuerpo de la norma.

Los anexos denominados "informativos" se dan sólo para información.

En esta norma el anexo ZA es normativo y el anexo ZB es informativo.

Los anexos ZA y ZB han sido añadidos por CENELEC.

DECLARACIÓN

El texto de la Norma Internacional IEC 60364-5-523:1999 fue aprobado por CENELEC como documento de armonización con modificaciones que se han incluido en el texto de esta norma indicándose con una línea vertical en el margen izquierdo del texto.

NOTA INTRODUCTORIA

Algunos apartados del HD 384.5.523 pueden implicar la aplicación de los valores de las tablas 52-B, 52-C, 52-D y 52-E presentes en el anexo ZB. Aquellas referencias a las tablas 52-B, 52-C, 52-D y 52-E en la parte normativa del texto deben considerarse informativas.

ÍNDICE

	Página
Capítulo	
523.1 Generalidades.....	5
523.2 Temperatura ambiente.....	6
523.3 Resistividad térmica del terreno.....	7
523.4 Agrupamiento de varios circuitos.....	7
523.5 Número de conductores cargados.....	9
523.6 Conductores en paralelo.....	9
523.7 Variaciones de las condiciones de instalación a lo largo de un recorrido.....	9
523.8 Métodos de instalación.....	9
ANEXO A EJEMPLO DE UN MÉTODO DE SIMPLIFICACIÓN DE LAS TABLAS DE LA SECCIÓN 523.....	10
ANEXO B FÓRMULA PARA EXPRESAR LA INTENSIDAD ADMISIBLE.....	15
ANEXO C EFECTOS DE LAS CORRIENTES ARMÓNICAS EN LOS SISTEMAS TRIFÁSICOS EQUILIBRADOS.....	19
BIBLIOGRAFÍA.....	21

Instalaciones eléctricas en edificios

Parte 5: Selección e instalación de los materiales eléctricos Sección 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables

523.1 Generalidades

523.1.1 Objeto y campo de aplicación. Los requisitos de esta norma internacional están destinados a asegurar una duración de vida satisfactoria de los conductores y de los aislamientos sometidos a los efectos térmicos de las intensidades admisibles durante periodos prolongados en servicio normal. Otras consideraciones que intervienen en la determinación de la sección de los conductores, tales como los requisitos para la protección contra los choques eléctricos (véase el capítulo 41), la protección contra los efectos térmicos (véase el capítulo 42), la protección contra las sobreintensidades (véase el capítulo 43), la caída de tensión (véase la sección 525 de la Norma IEC 60364-5-52), así como las temperaturas límites para los bornes de los equipos a los que los conductores están conectados (véase la sección 526 de la Norma IEC 60364-5-52).

Esta norma no se aplica actualmente más que a los cables sin armadura y a los conductores aislados de tensión nominal no superior a 1 kV en corriente alterna o 1,5 kV en corriente continua. Esta norma no se aplica a los cables monoconductores con armadura.

NOTA – Si se utilizan cables monoconductores con armadura, puede requerirse una reducción apreciable de las intensidades admisibles dadas en esta norma. Conviene consultar al fabricante del cable. Esto también se aplica a los cables monoconductores sin armadura utilizados en conductos metálicos (véase el apartado 521.5).

523.1.2 Normas para consulta. Las normas que a continuación se relacionan contienen disposiciones válidas para esta norma internacional. En el momento de la publicación, la edición indicada estaba en vigor. Toda norma está sujeta a revisión por lo que las partes que basen sus acuerdos en esta norma internacional deben estudiar la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las normas indicadas a continuación. Los miembros de IEC y de ISO poseen el registro de las normas internacionales en vigor en cada momento.

IEC 60228:1978 – *Conductores de cables aislados.*

IEC 60287 (todas las partes) – *Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible.*

IEC 60364-4-41:1992 – *Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 41: Protección contra los choques eléctricos.*

IEC 60364-4-42:1980 – *Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 42: Protección contra los efectos térmicos.*

IEC 60364-4-43:1977 – *Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 4: Protección para garantizar la seguridad. Capítulo 43: Protección contra las sobreintensidades.*

IEC 60364-5-52:1993 – *Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de los materiales eléctricos. Capítulo 52: Canalizaciones.*

523.1.3 La corriente transportada por todo conductor durante periodos prolongados en funcionamiento normal debe ser tal que el límite de temperatura apropiado especificado en la tabla 52-A no sea sobrepasado. El valor de la corriente debe ser elegido conforme con el apartado 523.1.4, o determinado conforme con el apartado 523.1.5.

Tabla 52-A
Temperaturas máximas de funcionamiento según los tipos de aislamiento

Tipo de aislamiento	Límite de temperatura (véase nota 1) °C
Poli(cloruro de vinilo) (PVC)	Conductor: 70
Polietileno reticulado (XLPE) y goma o caucho de etileno-propileno (EPR)	Conductor: 90
Mineral (con cubierta de PVC o desnudo y accesible)	Cubierta: 70
Mineral (desnudo e inaccesible y no en contacto con materiales combustibles)	Cubierta: 105 (véase nota 2)
NOTA 1 – Las temperaturas máximas admisibles para los conductores dadas en la tabla 52-A y sobre las que se basan los valores de las tablas 52-C1 a 52-C4 y 52-C9 a 52-C12, han sido tomadas de las Normas IEC 60502: 1983 y IEC 60702: 1981 y se muestran en esas tablas.	
NOTA 2 – Cuando un conductor funciona a una temperatura superior a 70 °C, se debe asegurar que los equipos conectados a este conductor son adecuados para la temperatura resultante en la conexión.	
NOTA 3 – Para algunos tipos de cable, temperaturas de funcionamiento más elevadas pueden ser admitidas según las temperaturas asignadas del cable, sus terminaciones, las condiciones ambientales y otras influencias externas.	

523.1.4 El requisito del apartado 523.1.3 se considera satisfecho si la intensidad para conductores aislados y cables sin armadura no es superior a los valores apropiados elegidos en las tablas 52-B1, 52-B2 y 52-C1 a 52-C12, corregidos por los factores de las tablas 52-D1 a 52-D3 y 52-E1 a 52-E5.

NOTA 1 – Se reconoce que puede ser deseable adaptar las tablas de esta sección a una forma simplificada para los reglamentos nacionales. Un ejemplo de método simplificado aceptable se da en el anexo A.

NOTA 2 – La preparación de tablas simplificadas está en estudio, para una utilización diaria adaptada a pequeñas instalaciones y para la elección de las secciones de cables en función de la corriente de diseño del circuito, de su tipo y de la corriente nominal del dispositivo de protección contra sobrecorrientes.

NOTA 3 – Los valores de las tablas de esta sección se aplican a los cables sin armadura y se derivan de acuerdo con los métodos dados en la Norma IEC 60287, utilizando las dimensiones especificadas en la Norma IEC 60502 para los cables de tensión como máximo igual a 1 kV, con las resistencias de conductor dadas en la Norma IEC 60228. Las variaciones prácticas conocidas en la fabricación de cables (por ejemplo, la forma de los conductores) y las tolerancias de fabricación conducen a una gama de dimensiones posibles y por tanto de intensidades admisibles para cada tamaño de conductor. Las intensidades admisibles indicadas en las tablas han sido elegidas de forma que se tengan en cuenta estas variaciones de los valores con seguridad y a unir los valores por medio de una curva regular en función de la sección de los conductores.

NOTA 4 – Para los cables multiconductores de sección igual o superior a 25 mm², se admiten valores tabulados aplicables a conductores circulares o de otra forma. Estos valores se derivan de las dimensiones apropiadas de los conductores con almas sectoriales.

523.1.5 Los valores apropiados de las intensidades admisibles pueden ser determinados también según los métodos descritos en la Norma IEC 60287, o por ensayo o por cálculos que utilizan un método reconocido a condición de que el método se indique. Cuando sea apropiado, se deben tener en cuenta las características de la carga y, para los cables enterrados, la resistividad térmica eficaz del terreno.

523.2 Temperatura ambiente

523.2.1 La temperatura ambiente es la temperatura del medio circundante cuando el o los cables o el o los conductores aislados considerados no están cargados.

523.2.2 Cuando el valor de la intensidad admisible se elige según las tablas de esta sección, las temperaturas ambientes de referencia se supone que son las siguientes:

- para los conductores aislados y los cables al aire, cualquiera que sea su modo de instalación: 30 °C;
- para los cables enterrados directamente en el terreno o enterrados en conductos: 20 °C.

523.2.3 Cuando se utilizan las tablas de esta norma, y la temperatura ambiente del emplazamiento de los conductores aislados o de los cables es diferente de la temperatura ambiente de referencia, deben aplicarse los factores de corrección apropiados de las tablas 52-D1 y 52-D2 a los valores de las intensidades admisibles dados en las tablas 52-C1 a 52-C12; sin embargo, para los cables enterrados no es necesaria una corrección si la temperatura del terreno no supera los 25 °C más que algunas semanas por año.

NOTA – Para los cables y conductores aislados al aire, para los que la temperatura ambiente supera ocasionalmente la temperatura ambiente de referencia, está en estudio la utilización eventual de intensidades admisibles tabuladas sin corrección.

523.2.4 Los factores de corrección dados en las tablas 52-D1 y 52-D2 no tienen en cuenta el aumento eventual de temperatura debida a la radiación solar o a otras radiaciones infrarrojas. Cuando los cables o conductores aislados están sometidos a tales radiaciones, las intensidades admisibles deben ser calculadas por los métodos especificados en la Norma IEC 60287.

523.3 Resistividad térmica del terreno

523.3.1 Las intensidades admisibles indicadas en las tablas de esta sección para los cables enterrados corresponden a una resistividad térmica del terreno de 2,5 K·m/W. Este valor es considerado como una precaución necesaria para una utilización mundial cuando el tipo de terreno y el emplazamiento geográfico no están especificados (véase el anexo A de la Norma IEC 60287).

En los emplazamientos donde la resistividad térmica del terreno es superior a 2,5 K·m/W, debe efectuarse una reducción apropiada de la intensidad admisible, a menos que el terreno que circunda al cable sea reemplazado por un terreno más apropiado. Tales casos pueden reconocerse normalmente por las condiciones muy secas del terreno. Los factores de corrección para resistividades térmicas del terreno diferentes de 2,5 K·m/W se dan en la tabla 52-D3.

NOTA – Los valores de las intensidades admisibles indicados en las tablas de esta sección para los cables enterrados están determinados solamente para recorridos en el interior o alrededor de los edificios. Para otras instalaciones, cuando los estudios permiten conocer valores más precisos de la resistividad térmica del terreno en función de la carga a transportar, los valores de las intensidades admisibles pueden derivarse por los métodos de cálculo dados en la Norma IEC 60287.

523.4 Agrupamiento de varios circuitos

Los factores de reducción de agrupamiento se aplican a los grupos de cables o conductores aislados que tienen las mismas temperaturas máximas de funcionamiento.

Para los grupos que contienen cables o conductores aislados que presentan temperaturas máximas de funcionamiento diferentes, la intensidad admisible de todos los cables o conductores aislados del grupo debe basarse sobre la temperatura máxima de funcionamiento más pequeña de cualquier cable del grupo con el factor de reducción de agrupamiento apropiado.

Si, para condiciones conocidas de funcionamiento, se espera que un cable o conductor aislado transporte una corriente no superior al 30% de la corriente asignada de su grupo, este cable o conductor puede ser ignorado para el propósito de obtener el factor de reducción del resto del grupo.

523.4.1 Métodos de instalación A a D de la tabla 52-B1. Las intensidades admisibles indicadas en las tablas 52-C1 a 52-C12 se aplican a los circuitos simples constituidos por los conductores siguientes:

- dos conductores aislados o dos cables monoconductores, o un cable con dos conductores;
- tres conductores aislados o tres cables monoconductores, o un cable con tres conductores.

Cuando más conductores aislados o cables están instalados en un mismo grupo, deben aplicarse los factores de reducción indicados en las tablas 52-E1 a 52-E3.

NOTA – Los factores de reducción para agrupamiento han sido calculados para funcionamientos continuos y prolongados con un factor de carga de 100% para todos los conductores. Si la carga es inferior al 100% en razón de las condiciones de funcionamiento de la instalación, los factores de reducción pueden ser más elevados.

523.4.2 Métodos de instalación E y F de la tabla 52-B1. Las intensidades admisibles de las tablas 52-C7 a 52-C12 se refieren a los métodos de referencia de instalación.

Para instalaciones sobre bandejas, abrazaderas y análogas, las intensidades admisibles para los circuitos simples y para los grupos deben ser obtenidas por multiplicación de las intensidades admisibles dadas para los modos de instalación de los conductores aislados o cables en el aire como se indica en las tablas 52-C7 a 52-C12, y por los factores de reducción para grupos dados en las tablas 52-E4 y 52-E5.

Notas para los apartados 523.4.1 y 523.4.2.

NOTA 1 – Los factores de reducción para agrupamiento se han calculado como valores medios para el rango de dimensiones de los conductores, los tipos de cables y las condiciones de instalación consideradas. Se llama la atención sobre las notas a pie de tabla. En algunos casos, un cálculo más preciso puede ser deseable.

NOTA 2 – Los factores de reducción para agrupamiento han sido calculados suponiendo el agrupamiento formado por conductores o cables similares igualmente cargados. Cuando un grupo contiene cables o conductores aislados de dimensiones diferentes, deberían tomarse precauciones para la carga de los de menor sección (véase el apartado 523.4.3).

523.4.3 Agrupamientos formados por cables de diferentes dimensiones. Los factores de reducción para agrupamiento son aplicables a agrupamientos formados por cables similares igualmente cargados. La determinación de los factores de reducción para los agrupamientos constituidos por cables de dimensiones diferentes igualmente cargados es función del número total de cables del agrupamiento y de las diversas secciones. Tales factores no pueden ser indicados en las tablas pero deben ser calculados para cada agrupamiento. El método de cálculo de estos factores no está dentro del campo de aplicación de esta norma. Ejemplos particulares para los que tales cálculos pueden ser recomendables se dan a continuación.

NOTA – Un agrupamiento que contiene conductores que presentan más de tres secciones normalizadas adyacentes puede ser considerado como un agrupamiento que contiene varias secciones. Un agrupamiento de cables similares se considera como un agrupamiento que contiene varias secciones. Un agrupamiento de cables similares se considera como un agrupamiento para el que la intensidad admisible del conjunto de los cables se basa sobre la misma temperatura máxima admisible de conductor y donde el rango de variación de las secciones no pasa de tres valores normalizados adyacentes de sección.

523.4.3.1 Agrupamiento en conductos, canalizaciones de cable o conductos perfilados. El factor de reducción de agrupamiento seguro, para un agrupamiento formado por cables de diferentes dimensiones de conductores aislados o de cables en conductos, canalizaciones o conductos perfilados, es:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

donde

F es el factor de reducción de agrupamiento;

n es el número de cables multiconductores o circuitos del agrupamiento.

El factor de reducción por agrupamiento obtenido por esta fórmula reducirá el peligro de sobrecarga de los cables de menor sección, pero puede conducir a una carga muy pequeña en los cables de mayor sección. Tal infrautilización puede ser evitada si los cables o los conductores aislados de secciones muy diferentes no están presentes en el mismo agrupamiento.

La utilización de un método de cálculo específico destinado a agrupamientos que contienen dimensiones diferentes de conductores aislados o de cables en conductos, canalizaciones o conductos perfilados dará un factor de reducción más preciso.

Este tema está en estudio.

523.4.3.2 Agrupamiento sobre bandejas. Si un agrupamiento está formado por conductores aislados o cables de secciones diferentes, se deben adoptar precauciones sobre la carga de los más pequeños. Es preferible utilizar un método de cálculo específicamente previsto para agrupamiento de cables o de conductores aislados de secciones diferentes.

Los factores de reducción por agrupamiento obtenidos conforme con el apartado 523.4.3.1 darán resultados seguros.

Este tema está en estudio.

523.5 Número de conductores cargados

523.5.1 El número de conductores que se considera en un circuito es el de los conductores que efectivamente lleven corriente de carga. Cuando las corrientes, en un circuito polifásico, se suponen equilibradas y con armónicos despreciables, no es necesario tener en cuenta el conductor neutro asociado. En estas condiciones, la intensidad admisible en un cable con cuatro conductores en un circuito trifásico es la misma que para un cable con tres conductores de la misma sección para cada conductor de fase. Los cables con cuatro o cinco conductores pueden presentar intensidades admisibles más elevadas si solamente están cargados tres conductores.

523.5.2 Cuando el conductor neutro en un cable multiconductor transporte una corriente debida a un desequilibrio en las fases, la elevación de temperatura correspondiente está compensada por la disminución del calor generado por uno o varios conductores de fase. En este caso, la sección del conductor no debe ser elegida en base a la mayor intensidad de fase.

En todos los casos, el conductor neutro debe tener una sección conforme con lo especificado en el apartado 523.1.4.

523.5.3 Cuando el conductor neutro transporta corriente sin el factor de reducción correspondiente a la carga de los conductores de fase, el conductor neutro debe ser tenido en cuenta para la corriente asignada del circuito. Tales corrientes pueden ser debidas a corrientes armónicas significativas en los circuitos trifásicos. Si el valor del contenido de armónicos sobrepasa el 10%, el conductor neutro no debe presentar una sección inferior a la de los conductores de fase. Los efectos térmicos debidos a la presencia de corrientes armónicas y los factores de reducción correspondientes para las corrientes armónicas más elevadas se incluyen en el anexo C.

523.5.4 Los conductores utilizados únicamente como conductores de protección (conductor PE), no se tienen en cuenta. Los conductores PEN deben ser considerados de la misma manera que los conductores neutros.

523.6 Conductores en paralelo

Cuando se conecten en paralelo varios conductores sobre la misma fase o sobre la misma polaridad:

a) deben tomarse medidas para conseguir que la corriente se reparta por igual entre ellos.

Este requisito se considera satisfecho si los conductores son del mismo material, de la misma sección, aproximadamente de la misma longitud y no hay derivaciones a lo largo de su recorrido, y

- si los conductores en paralelo son cables multiconductores, o cables unipolares cableados o conductores aislados; o
- si los conductores en paralelo no son cables unipolares cableados, o conductores aislados, colocados en triángulo o en un plano y sus secciones son inferiores o iguales a 50 mm² en cobre o 70 mm² en aluminio; o
- si los conductores en paralelo no son cables unipolares cableados, o conductores aislados, colocados en triángulo o en un plano y sus secciones son superiores a 50 mm² en cobre o 70 mm² en aluminio y se adopten las configuraciones especiales requeridas en tal caso. Estas configuraciones que consisten en realizar agrupamientos y separaciones adecuadas de las diferentes fases o polaridades, están en estudio.

b) debe darse especial consideración al reparto de la corriente para satisfacer los requisitos del apartado 523.1.3.

523.7 Variaciones de las condiciones de instalación a lo largo de un recorrido

Si las condiciones de disipación de calor varían de una parte del recorrido a otra, las intensidades admisibles deberán determinarse para la parte del recorrido que presenta las condiciones más desfavorables.

523.8 Véase anexo ZB.

ANEXO A (Informativo)

EJEMPLO DE UN MÉTODO DE SIMPLIFICACIÓN DE LAS TABLAS DE LA SECCIÓN 523

Este anexo está destinado a ilustrar uno de los métodos posibles de simplificación de las tablas 52 – C1 a 52 – C4, 52 – C9 a 52 – C12 y 52 – E1 a 52 – E5 para una aplicación nacional: En esta edición se han añadido nuevas tablas para temperaturas ambiente de 40 °C en el aire y 25 °C en el terreno.

La utilización de otros métodos apropiados no está excluida (véase la nota 1 del apartado 523.1.4)

Tabla A.52-1
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 30 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52 – B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1												
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm ² Cu												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	–
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	–
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	–
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	–
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	–
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	–
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	–	–	–	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	–	–	–	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	–	–	–	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	–	–	–	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	–	–	–	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	–	–	–	–	285	318	344	371	395	441	473	504
185	–	–	–	–	324	362	392	424	450	506	542	575
240	–	–	–	–	380	424	461	500	538	599	641	679
Aluminio												
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	–
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	–
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	–
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	–
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	–
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	–	–	–	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	–	–	–	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	–	–	–	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	–	–	–	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	–	–	–	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	–	–	–	–	226	245	261	283	304	324	346	389
185	–	–	–	–	256	280	298	323	347	371	397	447
240	–	–	–	–	300	330	352	382	409	439	470	530

Es necesario consultar las tablas 52 – C1 a 52 – C12 con el fin de determinar la sección de los conductores para la que la intensidad admisible anterior es aplicable para cada uno de los métodos de instalación.

Tabla A.52-1 bis
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla 52-B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1												
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm ²												
Cu												
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	-
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	-
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590
Aluminio												
2,5	11,5	12	13,5	14	16	17	18	20	20	22	25	-
4	15	16	18,5	19	22	24	24	26,5	27,5	29	35	-
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251
120	-	-	-	162	171	193	196,5	213	228	239	269	293
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461

Es necesario consultar las tablas 52 - C1 a 52 - C12 con el fin de determinar la sección de los conductores para la que la intensidad admisible anterior es aplicable para cada uno de los métodos de instalación.

Tabla A.52-2
Intensidades admisibles en amperios
Temperatura ambiente 20 °C en el terreno

Método de instalación	Sección mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		PVC2	PVC3	XLPE2	XLPE3
D	Cobre				
	1,5	22	18	26	22
	2,5	29	24	34	29
	4	38	31	44	37
	6	47	39	56	46
	10	63	52	73	61
	16	81	67	95	79
	25	104	86	121	101
	35	125	103	146	122
	50	148	122	173	144
	70	183	151	213	178
	95	216	179	252	211
	120	246	203	287	240
	150	278	230	324	271
	185	312	258	363	304
240	361	297	419	351	
300	408	336	474	396	
D	Aluminio				
	2,5	22	18,5	26	22
	4	29	24	34	29
	6	36	30	42	36
	10	48	40	56	47
	16	62	52	73	61
	25	80	66	93	78
	35	96	80	112	94
	50	113	94	132	112
	70	140	117	163	138
	95	166	138	193	164
	120	189	157	220	186
	150	213	178	249	210
	185	240	200	279	236
	240	277	230	322	272
300	313	260	364	308	

Anexo 7. Norma NTC 2050

**NORMA TÉCNICA
COLOMBIANA**

**NTC
2050**

1998-11-25

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO



ICONTEC
INSTITUTO COLOMBIANO DE
NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN

E: COLOMBIAN ELECTRICAL CODE

CORRESPONDENCIA:

REPÚBLICA DE COLOMBIA



MINISTERIO DE
DESARROLLO ECONÓMICO

DESCRIPTORES: código eléctrico; código; instalación
eléctrica; equipo eléctric.

CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO

SECCIÓN 90. INTRODUCCIÓN

90-1. Objetivo.

a) **Salvaguardia.** El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad.

b) **Provisión y suficiencia.** Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

Nota. Dentro de los riesgos, se pueden resaltar los causados por sobrecarga en instalaciones eléctricas, debido a que no se utilizan de acuerdo con las disposiciones de este código. Esto sucede porque la instalación inicial no prevé los posibles aumentos del consumo de electricidad. Una instalación inicial adecuada y una previsión razonable de cambios en el sistema, permitirá futuros aumentos del consumo eléctrico.

c) **Intención.** Este código no tiene la intención de marcar especificaciones de diseño ni de ser un manual de instrucciones para personal no calificado.

90-2. Alcance.

a) **Cobertura.** Este código cubre:

- 1) Las instalaciones de conductores y equipos eléctricos en o sobre edificios públicos y privados y otras estructuras, incluyendo casas móviles, vehículos de recreo y casas flotantes, y otras instalaciones como patios, parques de atracciones, estacionamientos, otras áreas similares y subestaciones industriales.

Nota. Para Información sobre Instalaciones en complejos industriales o de varias edificaciones, véase el National Electrical Safety Code, ANSI C2-1997

- 2) Instalaciones de conductores y equipos que se conectan con fuentes de suministro de electricidad.
- 3) Instalaciones de otros conductores y equipos exteriores dentro de la propiedad.
- 4) Instalaciones de cables y canalizaciones de fibra óptica.
- 5) Instalaciones en edificaciones utilizadas por las empresas de energía eléctrica, como edificios de oficinas, almacenes, garajes, talleres y edificios recreativos que no formen parte integral de una planta generadora, una subestación o un centro de control.

b) **Fuera de cobertura.** Este código no cubre:

- 1) Las instalaciones en buques, naves distintas de las casas flotantes, material rodante ferroviario, aviones o automóviles excepto casas móviles y vehículos de recreo.
- 2) Las instalaciones subterráneas en minas y la maquinaria móvil autopropulsada de minería de superficie y su cable eléctrico colgante.
- 3) Las instalaciones ferroviarias utilizadas para la generación, transformación, transmisión o distribución de la energía eléctrica usada exclusivamente para el funcionamiento del material rodante ni las instalaciones utilizadas exclusivamente para señalización y comunicaciones.
- 4) Las instalaciones de equipos de comunicaciones bajo el control exclusivo de las compañías de comunicaciones, situadas a la intemperie o en edificios utilizados exclusivamente para dichas instalaciones.
- 5) Las instalaciones, incluida la iluminación correspondiente, bajo el control exclusivo de las compañías de electricidad para comunicaciones, medidas, generación, control, transformación, transmisión o distribución de energía eléctrica. Tales instalaciones deben estar situadas en edificios utilizados exclusivamente por las compañías para estos fines; al aire libre en lugares propios o arrendados por la compañía o en carreteras, calles, caminos, etc., públicos, o al aire libre en propiedades privadas mediante derechos de paso.

c) **Permisos especiales.** La autoridad competente para hacer cumplir este código puede conceder

excepciones para la instalación de conductores y equipos que no estén bajo el control exclusivo de las compañías eléctricas y que se utilicen para conectar las redes de suministro eléctrico a los conductores de la acometida de los predios alimentados, siempre que tales instalaciones estén fuera de la edificación o terminen en la pared interna inmediata del muro externo de la edificación.

90-3. Organización del Código. Este código se divide en una Introducción y nueve capítulos. Los capítulos 1, 2, 3 y 4 son de aplicación general; los capítulos 5, 6 y 7 se refieren a lugares especiales, equipos especiales u otras condiciones especiales. Estos últimos capítulos complementan o modifican las normas generales. Los capítulos 1 a 4 se aplican en todo excepto en lo modificado por los capítulos 5, 6 y 7 en cuanto a las condiciones particulares. El capítulo 8 trata de los sistemas de comunicaciones y es independiente de los demás, excepto en las referencias concretas que se haga a ellos. El capítulo 9 consta de tablas y ejemplos.

90-4. Cumplimiento. Este código está hecho para que resulte adecuada su utilización por organismos que tengan jurisdicción legal sobre las instalaciones eléctricas y para ser aplicado por personal autorizado. La autoridad que tenga jurisdicción sobre el cumplimiento de este código debe ser responsable de interpretar las reglas, de decidir la aprobación de los equipos y materiales y de conceder los permisos especiales que contemplan algunas de estas reglas. La autoridad con jurisdicción puede pasar por alto determinados requisitos de este código o permitir métodos alternativos cuando esté segura de que se pueden conseguir objetivos equivalentes, creando y manteniendo una seguridad efectiva. Este código puede exigir nuevos productos, construcciones o materiales que quizá no estén disponibles en el momento de adopción del mismo. En tal caso, la autoridad con jurisdicción puede autorizar el uso de productos, construcciones o materiales que cumplan con los objetivos equivalentes de seguridad.

90-5. Reglas mandatorias y textos explicativos. Las reglas mandatorias de este código se distinguen por el uso de la palabra "debe". Los textos explicativos aparecen en forma de notas, en un cuerpo de letra más pequeño y solo se incluyen a manera de información.

90-6. Interpretaciones formales. Para fomentar la uniformidad en la interpretación y aplicación de las disposiciones de este código, el Comité Técnico de Estudio del Organismo Nacional de Normalización, será el encargado de hacer las interpretaciones formales.

90-7. Inspección de las condiciones de seguridad de los equipos. Para determinados equipos y materiales a los que se refiere este código, el examen de su seguridad hecho en condiciones normales debe proporcionar la base para su aprobación, siempre que el informe se ponga a disposición del público en general, mediante la promulgación por parte de organismos debidamente equipados y calificados para hacer pruebas experimentales, inspecciones sobre el funcionamiento de los equipos en las fábricas y evaluación de los servicios mediante inspecciones de campo. Esto hace innecesaria la repetición de las inspecciones por distintos examinadores, frecuentemente con instalaciones inadecuadas para dichas tareas, así como la confusión que resultaría de informes que no coinciden sobre la adecuación de los aparatos y materiales examinados para un fin determinado. Es intención de este código que no haya que examinar el alambrado interno de una fábrica o la construcción de los equipos en el momento de la instalación de los mismos, excepto para detectar posibles alteraciones o daños, siempre que el equipo haya sido aprobado por un laboratorio calificado para hacer pruebas eléctricas, del que se reconozca que posee las instalaciones anteriormente descritas y que requiera la adecuación de la instalación, de acuerdo con este código.

Notas:

- 1) Véanse los requisitos del [artículo 110-3](#).
- 2) Véase la definición de "Aprobado", [sección 100](#).

90-8. Proyección de la instalación

a) Conveniencia y futuras ampliaciones. Si se planifica y se especifica que las canalizaciones, canalizaciones de reserva y otros espacios anexos, sean suficientemente amplios, será más fácil ampliar en el futuro las instalaciones eléctricas. Los centros de distribución situados en lugares fácilmente accesibles son más convenientes y ofrecen un funcionamiento más seguro.

b) Número de conductores y circuitos en encerramientos o envolventes. En las secciones 300,341,345,346,347,348, 349, 350, 351, 352, 354, 355, 356, 358, 362,402, 520,600, 620, 640, 725, 760 y 770 de este código se establecen limitaciones sobre el número de conductores y circuitos en encerramientos. Al limitar el número de circuitos en un solo encerramiento, conducto o caja, se reducen los efectos de un cortocircuito o de una falla a tierra en un circuito.

90-9. Unidades métricas de medida. En este código se utilizan las unidades métricas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). La sección de los conductores, de los cables, de las tuberías, la potencia de los motores y los tamaños las cajas irán acompañados por el equivalente de su designación comercial que no reflejan medidas reales.

Nota. Para la conversión de medidas Inglesas a métricas y viceversa, véase la NTC 3669 Factores de conversión. Parte 1: Tablas básicas.

Lugares:

Húmedos: sitios parcialmente protegidos bajo aleros, marquesinas, porches cubiertos, como azoteas y lugares similares. También son considerados como lugares húmedos los lugares interiores sometidos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros, establos y almacenes refrigerados.

Mojados: Instalaciones subterráneas o de baldosas de concreto o mampostería en contacto directo con la tierra, y lugares expuestos a saturación de agua u otros líquidos, como las zonas de lavado de vehículos y los lugares expuestos a la intemperie y no protegidos.

Secos: lugares no sometidos normalmente a la humedad o a mojarse. Un lugar clasificado como seco puede estar sujeto temporalmente a la humedad o a mojarse, como en el caso de un edificio en construcción.

Medio de desconexión: dispositivo o grupos de dispositivos u otro medio por el cual los conductores de un circuito se pueden desconectar de su fuente de alimentación.

Neutro: véase la definición de "Conductor puesto a tierra".

No automático: acción que requiere intervención personal. Aplicado aun controlador eléctrico, el mando o control no automático no supone necesariamente un controlador manual, sino sólo que es necesaria la intervención personal (véase la definición de "Automático").

Oculto: que resulta inaccesible por la estructura o acabado del edificio. Los cables en canalizaciones ocultas se consideran ocultos, aunque ellos mismos sean accesibles halándolos fuera de las canalizaciones (véase la definición de "Accesible aplicado a métodos de alambrado").

Panel de distribución (Panelboard): un solo panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, que incluye elementos de conexión, dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y puede estar equipado con interruptores para accionamiento de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; esta diseñado para ser instalado en un armario o caja colocado en o sobre una pared o tabique y es accesible sólo por su frente.

Partes energizadas: conductores, barras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que crean riesgo de descarga eléctrica.

Permiso especial: consentimiento o autorización dados por escrito por la autoridad que tiene a su cargo hacer cumplir este código.

Persona calificada: persona capacitada y familiarizada con la construcción y funcionamiento de los equipos y los riesgos que conllevan.

Protección contra fallas a tierra de equipos: sistema destinado para ofrecer protección de los equipos contra corrientes peligrosas debidas a fallas de fase a tierra. Funciona haciendo que un medio de desconexión abra todos los conductores no puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección se provee a niveles de corriente inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante el funcionamiento de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de suministro.

Protector térmico (aplicado a motores): dispositivo protector que se ensambla como parte integral de un motor eléctrico que, cuando está correctamente aplicado, protege al motor contra sobrecalentamientos peligrosos debidos a sobrecargas o contra fallas en el arranque.

Nota. El protector térmico puede consistir en uno o más sensores integrados con el motor o motocompresor y un dispositivo externo de mando.

Protegido térmicamente (aplicado a motores): cuando las palabras "Protegido térmicamente" o "Thermally Protected" aparecen en la placa de características de un motor o motocompresor, indican que el motor lleva un protector térmico incorporado.

Protegido: cubierto, blindado, cercado, encerrado o resguardado de cualquier otro modo por medio de tapas, carcasas, cubiertas, barreras, rieles, pantallas, postes o plataformas, adecuados para eliminar la posibilidad de que una persona se acerque o haga contacto con objetos hasta un punto de peligro.

Puente de conexión equipotencial: conductor confiable que asegura la conductividad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar eléctricamente conectadas entre sí.

Puente de conexión equipotencial, equipo: conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra de un equipo.

Puente de conexión equipotencial, principal: conexión entre el conductor puesto a tierra del circuito y el conductor de puesta a tierra del equipo en la acometida.

Puesto a tierra (Grounded): conectado a tierra o a cualquier cuerpo conductor que pueda actuar como tierra.

Puesto a tierra eficazmente: conectado intencionalmente a tierra a través de una conexión o conexiones de tierra de impedancia suficientemente baja y con capacidad de circulación de corriente suficiente para evitar la aparición de tensiones que puedan provocar riesgos indebidos a las personas o a los equipos conectados.

Punto de acometida: punto de conexión entre las instalaciones de la empresa suministradora y la instalación del edificio.

Red o instalación interna de un predio: conjunto de redes, tuberías, accesorios y equipos que integran el sistema de suministro del servicio público al inmueble a partir del medidor, o en el caso de los suscriptores o usuarios sin medidor, a partir del registro de corte del inmueble. Para edificios de propiedad horizontal o condominios, es aquel sistema de suministro del servicio al inmueble a partir del registro de corte general, cuando lo hubiere.

Resguardado: véase la definición de "Protegido".

Rotulado: equipos o materiales a los que se ha unido un rótulo, símbolo u otra marca que identifique un organismo aceptado por la autoridad con jurisdicción y que se ocupa de la evaluación del producto manteniendo inspecciones periódicas de fabricación de equipos o materiales rotulados y mediante la cual el fabricante indica que cumple de manera específica con determinadas normas o funcionamiento.

Salida: punto de una instalación del que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización.

Salida de potencia o fuerza (para equipo móvil): es un montaje cerrado en el que puede haber tomacorrientes, interruptores automáticos, portafusibles, interruptores con fusibles, conjuntos de conductores (*Buses*) y puntos de conexión de medidores, destinado para suministrar y controlar el suministro de energía eléctrica para casas móviles, vehículos recreativos, carros eléctricos o embarcaciones o para servir como medio de distribución de la energía eléctrica requerida para equipos móviles o instalados provisionalmente.

Salida para alumbrado: salida destinada para la conexión directa de un portabombilla, una luminaria o un cordón colgante que termine en un casquillo o portabombilla.

Salida para tomacorriente: salida a la que están conectados uno o más tomacorrientes.

Servicio:

Continuo: funcionamiento a una carga prácticamente constante durante un tiempo indefinidamente largo.

Corto: funcionamiento a una carga prácticamente constante durante un periodo corto y determinado de tiempo.

Intermitente: funcionamiento durante intervalos alternativos de 1) carga-sin carga, o 2) carga y parada, o 3) carga, sin carga y parada.

Periódico: funcionamiento intermitente en el que se repiten periódicamente las condiciones de carga.

Variable: funcionamiento a distinta carga y durante distintos intervalos de tiempo, estando la carga y tiempo sometidos a grandes variaciones.

Sistema de alambrado de la propiedad: véase la definición de "Red o instalación interna de un predio".

Sistema derivado independiente: sistema de alambrado de un predio cuya energía procede de una batería, sistema solar fotovoltaico o del bobinado de un generador, transformador o convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa, ni siquiera mediante un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar los conductores que proceden de otro sistema.

Sistema solar fotovoltaico: todos los componentes y subsistemas que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para conectarla a un equipo de utilización.

Sobrecarga: funcionamiento de un equipo por encima de sus parámetros normales a plena carga o de un conductor por encima de su capacidad de corriente nominal que, si persiste durante un tiempo suficiente, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga.

Sobrecorriente: corriente por encima de la corriente nominal de un equipo o de la capacidad de corriente de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

Nota. Una sobrecorriente por encima de la nominal puede ser absorbida por determinados equipos y conductores si se da un conjunto de condiciones. Por eso, las normas para protección contra sobrecorrientes son específicas para cada situación particular.

Tablero de distribución: véase la definición de "Panel de distribución".

Tensión (de un circuito): valor eficaz (raíz-media-cuadrática) de la diferencia de potencial entre dos conductores cualesquiera de un circuito.

Nota. Algunos sistemas, como los trifásicos tetrafilares, monofásicos trifilares y de corriente continua trifilares, pueden tener varios circuitos a distintas tensiones.

Tensión a tierra: en los circuitos puestos a tierra, es la tensión entre un conductor dado y el punto del conductor del circuito que está puesto a tierra; en los circuitos no puestos a tierra, es la mayor diferencia de tensión entre un conductor dado y cualquier otro conductor del circuito.

Tensión nominal: valor nominal asignado aun circuito o sistema para designar habitualmente su nivel de tensión (por ejemplo., 120 V/240 V, 480 V/277 V (Sistema en estrella), 600 V). La tensión a la que funciona un circuito puede variar sobre la nominal dentro de un margen que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

Nota. Véase la NTC 1340, Electrotecnia. Tensiones nominales en sistemas de energía eléctrica a 60 Hz en redes de servicio público.

Tierra: conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el suelo tierra o con algún cuerpo conductor que pueda servir en lugar del suelo.

Tomacorriente: dispositivo que tiene contactos hembra para la conexión de una clavija y terminales para la conexión a los circuitos de salida. Un tomacorriente sencillo es un dispositivo sencillo sin más dispositivos de contacto en el mismo molde. Un tomacorriente múltiple es un dispositivo que contiene dos o más tomacorrientes.

Nota. Véase la norma NTC 1650, Electrotecnia. Clavijas y tomacorrientes para uso general doméstico.

Tomacorriente con polo a tierra: tomacorriente con un contacto hembra que hace el primer contacto eléctrico a tierra con el contacto macho de una clavija al conectar un equipo. Hay de dos tipos: con el polo a tierra unido a la caja (molde) o con el polo a tierra aislado (para equipos sensibles).

Ventilado: dotado de medios que permiten la circulación de aire, suficiente para eliminar el exceso de calor, humos o vapores.

Vitrina: ventana utilizada o diseñada para ser utilizada para la presentación de productos o material publicitario, que está total o parcialmente cerrada o totalmente abierta por detrás y que puede tener o no una plataforma a un nivel superior al de la calle.

Vivienda: Unidad de vivienda: una o más habitaciones para uso de una o más personas que forman una unidad familiar con espacio para comer, descansar y dormir e instalaciones permanentes de cocina y sanitarias .

Vivienda bifamiliar: edificación que contiene solamente dos unidades de vivienda.

Vivienda multifamiliar: edificación que contiene tres o más unidades de vivienda.

B. Para instalaciones de tensión nominal superior a 600 V

Las anteriores definiciones se aplican en los términos utilizados en este código. Sin embargo, cuando se trate de instalaciones que funcionan a más de 600 V nominales, se deben aplicar las siguientes definiciones:

Cortacircuito en aceite: véase la definición de "Dispositivos de maniobra".

Dispositivos de maniobra:

Cortacircuito (Cutout): conjunto de soporte para fusibles, fusibles de expulsión con portafusibles, fusible o cuchilla de desconexión. El portafusibles puede incluir un elemento conductor (filamento fusible) o puede actuar como cuchilla de desconexión si se intercala un elemento no fusible.

Cortacircuito en aceite: sistema de corte en el que todo o parte del soporte del fusible, el portafusible y la cuchilla de desconexión van montados en aceite con inmersión completa de los contactos y de la parte fusible del conductor (elemento fusible), de modo que el arco que produce la interrupción de la corriente por rotura de la parte fusible o apertura de los contactos, se produce en el aceite.

Interruptor automático de circuito: dispositivo de maniobra capaz de abrir y cerrar un circuito y transportar corriente en condiciones normales, y de cerrar y transportar corriente durante un tiempo determinado o abrir un circuito en determinadas condiciones anormales, como en caso de cortocircuito.

Medios de desconexión (Disconnecting Means): dispositivo o conjunto de dispositivos por medio de los cuales los conductores de circuitos se pueden desconectar de la fuente de alimentación.

Seccionador: dispositivo mecánico de maniobra mediante el cual se pueden desconectar sin carga los circuitos o equipos de su fuente de alimentación.

Nota. Para las definiciones de "Seccionadores", véanse las normas NTC 2545, Electrotecnia. Vocabulario. Generación, Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica. Subestaciones y NTC 2131, Electrotecnia.

Anexo 8. Norma FCC CFR47



Office of Engineering and Technology
Federal Communications Commission

UNDERSTANDING THE FCC REGULATIONS FOR LOW-POWER, NON-LICENSED TRANSMITTERS

OET BULLETIN NO. 63

**October 1993
(Supersedes September 1984 Issue)
(Edited and Reprinted February 1996)**

Forward

This bulletin provides a basic understanding of the FCC regulations for low-power, unlicensed transmitters, followed by some answers to commonly-asked questions. To assist readers in locating specific rules, the rule references are displayed in a column to the right of the text.

We welcome comments on improvements that can be made to this bulletin. Please address such comments to:

Federal Communications Commission
Office of Engineering and Technology
Customer Service Branch, MS 1300F2
7435 Oakland Mills Road
Columbia, MD 21046
Fax: (301) 344-2050
E-Mail: labinfo@fcc.gov

Note: Editorial changes have been made in this bulletin to reflect changes in the cordless telephone frequencies, the names, addresses and telephone numbers of information sources and FCC offices. This bulletin does not contain information concerning personal communication services (PCS) transmitters operating under Part 15, Subpart D of the rules. The FCC rules and regulations governing PCS transmitters may be found in 47 CFR, Parts 0 to 19. This bulletin also does not cover recent changes in the rules to accommodate devices operating above 40 GHz (millimeter waves). These changes will be discussed in later editions of this bulletin.

The fees listed in this bulletin reflect those in effect at the time of printing, but are subject to change. Current fee information can be obtained from The FCC's Public Access Link (PAL) and the Office of Engineering and Technology (OET) Fee Filing Guide. See "*FCC's computer bulletin board*" and "*Obtaining forms and fee filing guides*" under **Additional Information** on pages 31 and 32 of this bulletin.

TABLE OF CONTENTS

	Page
Introduction	1
Low-Power, Non-Licensed Transmitters	2
Antenna Requirement	2
Home-Built Transmitters that are Not for Sale	3
Equipment Authorization	3
<i>Certification</i>	3
<u>The FCC ID</u>	4
<u>The Grantee Code</u>	4
<u>The Compliance Label</u>	4
<i>Verification</i>	5
<u>The Compliance Label</u>	5
Technical Standards	7
<i>Conducted emission limits</i>	7
<i>Radiated emission limits</i>	7
<i>Part 15 low-power transmitter frequency table</i>	9
<i>Cordless telephones</i>	28
<i>Tunnel radio systems</i>	28
Commonly Asked Questions	28
<i>What happens if one sells, imports or uses non-compliant low-power transmitters?</i> ...	28
<i>What changes can be made to an FCC-authorized device without requiring a new FCC authorization?</i>	29
<i>What is the relationship between "microvolts per meter" and Watts?</i>	30
Additional Information	31
<i>Obtaining rules</i>	31
<i>Obtaining forms and fee filing guides</i>	31
<i>Equipment authorization procedures</i>	31
<i>Obtaining equipment authorization filing packets</i>	31
<i>Rule interpretations</i>	32
<i>Part 68 registration requirements</i>	32
<i>Experimental licenses</i>	32
<i>FCC's computer bulletin board</i>	32
<i>Status desk</i>	32

FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION
Office of Engineering and Technology
Washington, DC 20554

UNDERSTANDING THE FCC REGULATIONS
FOR LOW-POWER, NON-LICENSED TRANSMITTERS

OET Bulletin 63
October, 1993
Edited and reprinted Feb. 1996

Introduction

Low-power, non-licensed transmitters are used virtually everywhere. Cordless phones, baby monitors, garage door openers, wireless home security systems, keyless automobile entry systems and hundreds of other types of common electronic equipment rely on such transmitters to function. At any time of day, most people are within a few meters of consumer products that use low-power, non-licensed transmitters.

Non-licensed transmitters operate on a variety of frequencies. They must share these frequencies with licensed transmitters and are prohibited from causing interference to licensed transmitters.

The Federal Communications Commission (FCC) has rules to limit the potential for harmful interference to licensed transmitters by low-power, non-licensed transmitters. In its regulations, the FCC takes into account that different types of products that incorporate low-power transmitters have different potentials for causing harmful interference. As a result, the FCC's regulations are most restrictive on products that are most likely to cause harmful interference, and less restrictive on those that are least likely to cause interference.

This bulletin is intended to provide a general understanding of the FCC's regulations and policies applying to products using low-power transmitters. It reflects the current text and interpretations of the FCC's regulations. More detailed information is contained in the regulations themselves, which can be found in Part 15 of Title 47 of the Code of Federal Regulations. This bulletin does not replace or supersede those regulations.

Manufacturers and parties selling low-power, non-licensed transmitters, or products containing low-power, non-licensed transmitters, are strongly encouraged to review the FCC's regulations closely. Recognizing that new uses of low-power transmitters often generate questions that are not directly addressed in the regulations, we welcome inquiries or requests for specific interpretations. Occasionally, the FCC proposes changes to its regulations, generally to address industry concerns and/or as new uses of low-power transmission equipment appear. See the section titled **Additional Information** for information on obtaining the FCC regulations, requesting interpretations, and finding out about proposed rule changes.

Low-Power, Non-Licensed Transmitters

Throughout this bulletin the terms "low-power transmitter," "low-power, non-licensed transmitter," and "Part 15 transmitter" all refer to the same thing: a low-power, non-licensed transmitter that complies with the regulations in Part 15 of the FCC rules. Part 15 transmitters use very little power, most of them less than a milliwatt. They are "non-licensed" because their operators are not required to obtain a license from the FCC to use them.

Section 15.1

Although an operator does not have to obtain a license to use a Part 15 transmitter, the transmitter itself is required to have an FCC authorization before it can be legally marketed in the United States. This authorization requirement helps ensure that Part 15 transmitters comply with the Commission's technical standards and, thus, are capable of being operated with little potential for causing interference to authorized radio communications.

Section 15.201
Section 2.803

If a Part 15 transmitter does cause interference to authorized radio communications, even if the transmitter complies with all of the technical standards and equipment authorization requirements in the FCC rules, then its operator will be required to cease operation, at least until the interference problem is corrected.

Section 15.5

Part 15 transmitters receive no regulatory protection from interference.

Antenna Requirement

Changing the antenna on a transmitter can significantly increase, or decrease, the strength of the signal that is ultimately transmitted. Except for cable locating equipment, the standards in Part 15 are not based solely on output power but also take into account the antenna characteristics. Thus, a low power transmitter that complies with the technical standards in Part 15 with a particular antenna attached can exceed the Part 15 standards if a different antenna is attached. Should this happen it could pose a serious interference problem to authorized radio communications such as emergency, broadcast and air-traffic control communications.

In order to prevent such interference problems, each Part 15 transmitter must be designed to ensure that no type of antenna can be used with it other than the one used to demonstrate compliance with the technical standards. This means that Part 15 transmitters must have permanently attached antennas, or detachable antennas with unique connectors. A "unique connector" is one that is not of a standard type found in electronic supply stores.

Section 15.203

It is recognized that suppliers of Part 15 transmitters often want their customers to be able to replace an antenna if it should break. With this in mind, Part 15 allows transmitters to be designed so that the user can replace a broken antenna. When this is done, the replacement antenna must be electrically identical to the antenna that was used to obtain FCC authorization for the transmitter. The replacement antenna also must include the unique connector described above to ensure it is used with the proper transmitter.

Home-Built Transmitters that are Not for Sale

Hobbyists, inventors and other parties that design and build Part 15 transmitters with no intention of ever marketing them may construct and operate up to five such transmitters for their own personal use without having to obtain FCC equipment authorization. If possible, these transmitters should be tested for compliance with the Commission's rules. If such testing is not practicable, their designers and builders are required to employ good engineering practices in order to ensure compliance with the Part 15 standards.

Section 15.23

Home-built transmitters, like all Part 15 transmitters, are not allowed to cause interference to licensed radio communications and must accept any interference that they receive. If a home-built Part 15 transmitter does cause interference to licensed radio communications, the Commission will require its operator to cease operation until the interference problem is corrected. Furthermore, if the Commission determines that the operator of such a transmitter has not attempted to ensure compliance with the Part 15 technical standards by employing good engineering practices then that operator may be fined up to \$10,000 for each violation and \$75,000 for a repeat or continuing violation.

Section 15.5
47 U.S.C. 503

Operating a prototype of a product that is ultimately intended for market is not considered "personal use." Thus, a party that designs and builds a transmitter with plans to mass produce and market a future version of it must obtain an experimental license from the FCC in order to operate the transmitter for any purpose other than testing for compliance with the Part 15 technical standards. Information on experimental licenses may be obtained from the contact point listed in the **Additional Information** section of this bulletin. FCC authorization is not required in order to test a transmitter for compliance with the Part 15 technical standards.

Section 15.7
47 CFR Part 5

Equipment Authorization

A Part 15 transmitter must be tested and authorized before it may be marketed. There are two ways to obtain authorization: certification and verification.

Section 15.201
Section 2.803
47 U.S.C. 302(b)

Certification

The ***certification*** procedure requires that tests be performed to measure the levels of radio frequency energy that are radiated by the device into the open air or conducted by the device onto the power lines. A description of the measurement facilities of the laboratory where these tests are performed must be on file with the Commission's laboratory or must accompany the certification application. After these tests have been performed, a report must be produced showing the test procedure, the test results, and some additional information about the device including design drawings. The specific information that must be included in a certification report is detailed in Part 2 of the FCC Rules.

Section 2.946
Section 2.1033

Section 2.930
Section 2.1033

Certified transmitters also are required to have two labels attached: an FCC ID label and a compliance label. The FCC ID label identifies the FCC equipment authorization file that is associated with the transmitter, and serves as an indication to consumers that

the transmitter has been authorized by the FCC. The compliance label indicates to consumers that the transmitter was authorized under Part 15 of the FCC rules and that it may not cause, nor is it protected from, harmful interference.

The FCC ID. The FCC ID must be permanently marked (etched, engraved, indelibly printed, etc.) either directly on the transmitter, or on a tag that is permanently affixed (riveted, welded, glued, etc.) to it. The FCC ID label must be readily visible to the purchaser at the time of purchase.

Section 2.925

The FCC ID is a string of 4 to 17 characters. It may contain any combination of capital letters, numbers, or the dash/hyphen character. Characters 4 through 17 may be designated, as desired, by the applicant. The first three characters, however, are the "grantee code," a code assigned by the FCC to each particular applicant (grantee). Any application filed with the FCC must have an FCC ID that begins with an assigned grantee code.

Section 2.925
Section 2.926

The Grantee Code. To obtain a code, new applicants must send in a letter stating the applicant's name and address and requesting a grantee code. This letter must be accompanied by a completed "Fee Advice Form" (FCC Form 159), and a \$45 processing fee. See *Obtaining...filing packets* on page 31.

Section 1.1103

The Compliance Label. The applicant for a grant of certification is responsible for having the compliance label produced and for having it affixed to each device that is marketed or imported. The wording for the compliance label is in Part 15, and may be included on the same label as the FCC ID, if desired.

Section 15.19

The compliance label and FCC ID label may not be attached to any devices until a grant of certification has been obtained for the devices.

Section 2.926

Once the report demonstrating compliance with the technical standards has been completed, and the compliance label and FCC ID label have been designed, the party wishing to get the transmitter certified (it can be anyone) must file a copy of the report, an "Application for Equipment Authorization" (FCC Form 731) and an \$845 application fee, with the FCC. See *Obtaining...filing packets* on page 31.

Section 2.911
Section 2.1033
Section 1.1103

After the application is submitted, the FCC's lab will review the report and may or may not request a sample of the transmitter to test. If the application is complete and accurate, and any tests performed by the FCC's lab confirm that the transmitter is compliant, the FCC will then issue a grant of certification for the transmitter. Marketing of the transmitter may begin after the applicant has received a copy of this grant.

Section 2.943
Section 2.603

Typically, 90% of the applications for certification that the FCC receives are processed within 30 calendar days. This time frame may increase due to incomplete applications and pre-grant sampling, if determined to be necessary.

Section 2.943

Verification

The **verification** procedure requires that tests be performed on the transmitter to be authorized using a laboratory that has calibrated its test site or, if the transmitter is incapable of being tested at a laboratory, at the installation site. These tests measure the levels of radio frequency energy that are radiated by the transmitter into the open air or conducted by the transmitter onto the power lines. After these tests are performed, a report must be produced showing the test procedure, the test results, and some additional information about the transmitter including design drawings. The specific information that must be included in a verification report is detailed in Part 2 of the FCC Rules.

Sections 2.951 through 2.957

Once the report is completed, the manufacturer (or importer for an imported device) is required to keep a copy of it on file as evidence that the transmitter meets the technical standards in Part 15. The manufacturer (importer) must be able to produce this report on short notice should the FCC ever request it.

Section 2.955
Section 2.956

The Compliance Label. The manufacturer (or importer) is responsible for having the compliance label produced, and for having it affixed to each transmitter that is marketed or imported. The wording for the compliance label is included in Part 15. Verified transmitters must be uniquely identified with a brand name and/or model number that cannot be confused with other, electrically different transmitters on the market. However, they may not be labelled with an FCC ID or in a manner that could be confused with an FCC ID.

Section 15.19
Section 2.954

Once the report showing compliance is in the manufacturer's (or importer's) files and the compliance label has been attached to the transmitter, marketing of the transmitter may begin. ***There is no filing with the FCC required for verified equipment.***

Section 2.805

Any equipment that connects to the public switched telephone network, such as a cordless telephone, is also subject to regulations in Part 68 of the FCC Rules and must be registered by the FCC prior to marketing. The rules in Part 68 are designed to protect against harm to the telephone network.

Section 68.102

Authorization Procedures for Part 15 Transmitters

Low Power Transmitter	Authorization Procedure
AM-band transmission systems on the campuses of educational institutions	Verification
Cable locating equipment at or below 490 kHz	Verification
Carrier current systems	Verification
Devices, such as a perimeter protection systems, that must be measured at the installation site	Verification of first three installations with resulting data immediately used to obtain certification
Leaky coaxial cable systems	If designed for operation exclusively in the AM broadcast band: verification; otherwise: certification
Tunnel radio systems	Verification
All other Part 15 transmitters	Certification

Technical Standards

Conducted emission limits

Part 15 transmitters that obtain power from the electrical power lines are subject to conducted emission standards that limit the amount of radio frequency energy they can conduct back onto these lines in the band 450 kHz - 30 MHz. This limit is 250 microvolts.

Section 15.207

An exception to the conducted emission requirements is made for carrier current systems. These systems are not subject to any conducted emission limits unless they produce emissions (fundamental or harmonic) in the 535 kHz - 1,705 kHz band and are not intended to be received by standard AM broadcast receivers, in which case they are subject to a 1,000 microvolt limit.

Although carrier current systems are, for the most part, not subject to conducted emission limits, they are still subject to radiated emission limits.

Radiated emission limits

Section 15.209 contains general radiated emission (signal strength) limits that apply to all Part 15 transmitters using frequencies at 9 kHz and above. There are also a number of *restricted bands* in which low power, non-licensed transmitters are not allowed to operate because of potential interference to sensitive radio communications such as aircraft radionavigation, radio astronomy and search and rescue operations. If a particular transmitter can comply with the general radiated limits, and at the same time avoid operating in one of the restricted bands, then it can use any type of modulation (AM, FM, PCM, etc.) for any purpose.

Section 15.209

Section 15.205

With the exception of intermittent and periodic transmissions, and biomedical telemetry devices, Part 15 transmitters are *not* permitted to operate in the TV broadcast bands.

Special provisions have been made in the Part 15 rules for certain types of transmitters that require a stronger signal strength on certain frequencies than the general radiated emission limits provide. For example, such provisions have been made for cordless telephones, auditory assistance devices and field disturbance sensors, among other things.

The following table illustrates where, in the radio frequency spectrum, the Part 15 restricted bands lie. The table after that illustrates what type of Part 15 operation is permitted for every frequency above 9 kHz, the emission limit for that type of operation, and the type of detector ("Det") used to measure emissions (average with a peak limit, "A," or quasi-peak, "Q"). When a transmitter power limit is specified instead of an emission limit, no emission detector is specified.

Section 15.209

Section 15.205

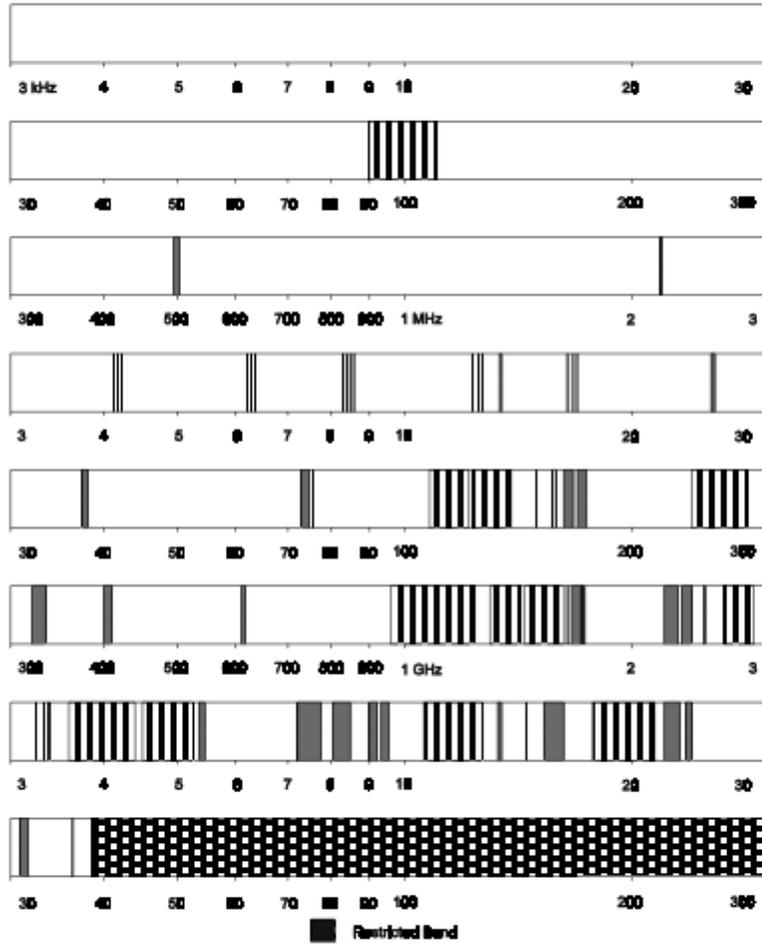
Sections 15.215

through 15.251

Section 15.35

The Part 15 Restricted Bands - Spurious Emissions Only

Section 15.205



ANEXO 9. PLANO ARQUITECTÓNICO

