

**MANUAL DE PARÁMETROS DE DISEÑO DE INSTALACIONES INTERNAS PARA
USUARIOS RESIDENCIALES EN UN CONTEXTO DE REDES INTELIGENTES
DOMÉSTICAS**

**LUIS CARLOS RAMÍREZ RODRÍGUEZ
OSCAR ANDRÉS RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2014**

**MANUAL DE PARÁMETROS DE DISEÑO DE INSTALACIONES INTERNAS PARA
USUARIOS RESIDENCIALES EN UN CONTEXTO DE REDES INTELIGENTES
DOMÉSTICAS**

**LUIS CARLOS RAMÍREZ RODRÍGUEZ
OSCAR ANDRÉS RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de:
Ingeniero Electricista**

**Director:
Manuel José Ortiz Rangel
Ingeniero Electricista, MsC.**

**Codirector:
Gabriel Ordóñez Plata
Ingeniero Electricista, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2014**

DEDICATORIA

A mi Dios todo poderoso, que por su misericordia y bondad me permitió llegar hasta este punto, y que sin El me hubiera sido imposible alcanzar esta meta.

A mi padres Jairo y Esther que por todo su sacrificio, amor, ejemplo y comprensión, me dieron la valentía para luchar por mis sueños. Los Amo

A mis abuelos que siempre han estado conmigo y que su apoyo me ha permitido seguir siempre adelante

A mi hermano, compañero y amigo Oscar Andrés, por su dedicación y por batallar siempre conmigo hombro a hombro por las metas soñadas.

A Diana por todo su amor, entrega, paciencia y apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida. Te amo

A mi familia por su interés y ayuda permanente, que ha sido muy importante en todo este camino.

A todos mi amigos y compañeros que han hecho parte de este proceso.

Luis Carlos Ramírez Rodríguez

DEDICATORIA

“Si haces planes para un año, siembra arroz. Si haces planes para dos lustros planta un árbol. Si haces planes para toda la vida, educa a una persona“

Proverbio chino

A Dios todo poderoso.

A mis padres Jairo Alonso Ramírez Castellanos y Esther Rodríguez Quiñones por su apoyo, entrega y sacrificio que hizo posible este logro.

A mi hermano Luis Carlos Ramírez Rodríguez por su vital colaboración.

A mis abuelos Luis Alfonso Ramírez y Elcida Castellanos por su ayuda incondicional.

A mi familia, amigos y profesores que aportaron de alguna manera en la consecución de este logro.

Oscar Andrés Ramírez Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos son para todas las personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este proyecto, en especial al profesor y director de la presente investigación, el MIE Manuel José Ortiz Rangel, por la orientación y colaboración prestada en todo este proceso de formación; de igual manera agradecemos al Doctor Gabriel Ordoñez Plata por su disposición y conocimiento transmitido en toda la formación como profesionales.

A la Universidad Industrial de Santander y a todos nuestros compañeros, profesores y personal de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, que nos acogieron y acompañaron en las diferentes etapas vividas a lo largo de este procesos de aprendizaje.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	20
1. INTRODUCCIÓN A LAS REDES INTELIGENTES DOMESTICAS	22
1.1 REDES INTELIGENTES.....	22
1.2 VIVIENDA INTELIGENTE O <i>SMARTHOME</i>	23
1.2.1 Servicios de la vivienda inteligente.....	24
1.2.1.1 Protección y Seguridad.....	24
1.2.1.2 Gestión energética.....	24
1.2.1.3 Confort.....	24
1.3 RED INTELIGENTE DOMÉSTICA.....	25
1.3.1 Sistemas que conforman la estructura de la red inteligente	25
1.3.2 Requerimientos para la implementación de una red inteligente doméstica	26
1.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	27
2. ELEMENTOS DE LA RED INTELIGENTE EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR	29
2.1 HEMS-SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL.....	29
2.1.1 Infraestructura de la red.....	30
2.1.2 Nivel de componentes hardware.....	30
2.1.2.1 Dispositivos de control.....	30
2.1.2.2 Electrodomésticos inteligentes.....	33
2.1.2.3 Interfaces.....	34
2.1.3 Nivel de interconexión.....	34
2.1.3.1 Redes de comunicación.....	35
2.1.3.2 Redes de acceso	37
2.1.3.3 Gateway o pasarela residencial	38
2.1.3.4 Redes domésticas	41
2.2 AMI- INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA.....	45
2.2.1 Medidor inteligente.....	46
2.2.1.1 Características genéricas del medidor inteligente	46
2.2.2 AMI y HEMS en el hogar.....	47
2.2.2.1 ESI (Energy Services Interface)	48

2.2.2.2 EMS (Energy Management System)	48
2.3 FUENTES ALTERNATIVAS.....	49
2.3.1 Instalaciones solares residenciales	50
2.3.2 Componentes del sistema fotovoltaico residencial	50
2.3.2.1 Paneles solares	50
2.3.2.2 Regulador de carga.....	51
2.3.2.3 Acumuladores	51
2.3.2.4 Inversor	52
2.3.3. Arquitectura del sistema fotovoltaico.....	53
2.4 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	54
2.4.1 Tipos de vehículos eléctricos	54
2.4.2 Tipos de cargas	55
2.4.3. Modos de carga	56
2.4.4. Tipos de conexión.....	57
3. TOPOLOGÍAS Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DOMÉSTICOS.	58
3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES	59
3.1.1 Estructura de la red de control	59
3.1.2 Topología de la red	59
3.1.2.1 Topología en estrella	59
3.1.2.2 Topología en bus.	60
3.1.2.3 Topología en malla (Mesh network).	61
3.1.3 Arquitectura de la red.....	61
3.1.3.1 Arquitectura centralizada	61
3.1.3.2 Arquitectura distribuida	62
3.1.4 Medios de transmisión	63
3.1.5 Tecnología de comunicaciones en la red inteligente.....	65
3.2 SISTEMAS COMERCIALES	66
3.3 CORRIENTES PORTADORAS.X-10	67
3.3.1 Funcionamiento	68
3.3.2 Elementos del sistema.....	69
3.3.3 Topología del sistema.....	69
3.4 BUS DISTRIBUIDO-KNX	69
3.4.1 Características técnicas	71

3.4.2 Características del sistema KNX/EIB	72
3.4.2.1 Medios de transmisión.	72
3.4.2.2 Topología.....	73
3.4.3 Elementos del sistema.....	74
3.4.4 Requisitos de la instalación.....	75
3.4.4.1 Criterios y recomendaciones de instalación.	76
3.5 ESTRELLA CENTRALIZADA-SIMON VIS	77
3.5.1 Aplicaciones.....	77
3.5.2 Topología.....	78
3.5.3. Componentes	79
3.5.4 Criterios y recomendaciones de instalación	81
3.5.4.1 Instalación centralizada.....	81
3.5.4.2 Instalación distribuida.....	81
3.6 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS-ZIGBEE	82
3.6.1 Tecnología de comunicación	82
3.6.1.1 Capa PHY y MAC	83
3.6.1.2 Capas NWK y APL.....	84
3.6.2. Clases de dispositivos.....	84
3.6.3. Topología.....	84
3.6.4. ZigBee Smart Energy.....	85
3.6.5 Criterios y recomendaciones de instalación	86
3.7 OTRAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	87
3.7.1. Bluetooth	87
3.7.2 Wi-Fi	88
3.8 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	89
3.8.1 Topologías de conexión.....	89
3.8.2 Control y monitorización del sistema.....	89
3.8.3 Sistema auxiliar	90
3.9 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.	91
3.9.1. Topologías de potencia y control del sistema.....	91
3.9.2 Control y comunicación de la estación de carga	92
4. GESTIÓN ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR INTELIGENTE	94
4.1 COMPOSICIÓN DEL CONSUMO EN LA VIVIENDA	94
4.2 DEMANDA MÁXIMA.....	95

4.3. PERFIL DE CARGA.....	96
4.4 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS.....	97
4.4.1 Cargas especiales	97
4.5. ESTRATEGIAS DE GESTIÓN ACTIVA DE LA DEMANDA	99
4.5.1Gestión con dispositivos de control y monitorización.	99
4.5.2 Gestión con fuentes alternativas.	100
4.6. CRITERIOS DE SEGMENTACIÓN DE CARGAS.....	101
4.7 GESTIÓN RESIDENCIAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO	102
4.7.1. Vehículo eléctrico como generador.....	103
4.7.2 Vehículo eléctrico como carga.	103
5. LEYES, PROGRAMAS Y REGLAMENTOS VIGENTES EN COLOMBIA.....	104
5.1. LEY URE	104
5.1.1 Ley 697 de 2001-Ley URE. Uso Racional y Eficiente de la Energía.....	105
5.1.2 Plan de acción indicativo 2010-2015.....	105
5.2. LEY 1715 DE MAYO DEL 2014- INTEGRACIÓN Y REGULACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.	107
5.3. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS-RETIE-.....	107
5.4. REGLAMENTO TÉCNICO PARA REDES INTERNAS DE TELECOMUNICACIONES - RITEL-	108
5.4.1 Red interna de usuario.....	109
6. PAUTAS, RECOMENDACIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO	110
6.1 PROYECTO DE LA VIVIENDA INTELIGENTE	110
6.2 APLICACIONES IMPLEMENTADAS	111
6.3 REQUISITOS PARTICULARES DE INSTALACIÓN	112
6.3.1Sistema de baja potencia.....	116
6.3.2 Instalación fuentes fotovoltaicas.....	119
6.3.2.1 Sistema DC fotovoltaico	119
6.3.2.2 Sistema AC fotovoltaico	120
6.3.3 Instalación vehículos eléctricos	120
6.4 REQUISITOS GENERALES DE INSTALACIÓN.....	122
6.4.1 Capacidad de ducteria	122
6.4.2 Factor de corrección por multiplicidad.....	122
6.5 CABLEADO	122

6.6 RECOMENDACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA INTELIGENTE.....	124
6.6.1 Cuarto técnico.....	124
6.6.1.1 Requisitos del cuarto técnico.	125
6.6.1.2 Medidas del cuarto técnico.....	125
6.6.2Gabinete de distribución por estancia	127
7. CONCLUSIONES.....	129
8. RECOMENDACIONES.....	131
CITAS BIBLIOGRÁFICAS	132
BIBLIOGRAFÍA.....	134
ANEXOS	136

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Definición de Smart Grid	22
Figura 2 Definición de una SmartHome	23
Figura 3. Caracterización de un hogar inteligente	26
Figura 4. Concepto de hogar inteligente	29
Figura 5. Arquitectura básica del sistema de control	31
Figura 6. Diagrama de bloques de una toma inteligente	33
Figura 7. Elementos hardware de la vivienda inteligente.	34
Figura 8. Componentes de interconexión en la vivienda inteligente	35
Figura 9. Clasificación de las redes según su dominio	36
Figura 10. Funciones del Gateway Residencial	39
Figura 11. Adaptadores LAN del Gateway	40
Figura 12. Red de internet en el hogar	43
Figura 13. Infraestructura AMI	45
Figura 14. Módulos de funcionamiento del medidor Inteligente	47
Figura 15. Estructura de medición inteligente en el hogar	48
Figura 16. Componentes del sistema fotovoltaico	52
Figura 17. Arquitectura del sistema fotovoltaico	53
Figura 18. Tipos de vehículos eléctricos.	55
Figura 19. Carga en AC y DC de un vehículo eléctrico	57
Figura 20. Tipo de conexión del vehículo eléctrico	57
Figura 21. Topología genérica de la vivienda inteligente	58
Figura 22. Topologías utilizadas en sistemas de control.	61
Figura 23. Arquitecturas de comunicaciones.	63
Figura 24. Medios de comunicación implementados para la red inteligente	63
Figura 25. Protocolos de comunicación para red inteligente.	66
Figura 26. Codificación y sincronización del protocolo X-10	68
Figura 27. Topología Red X-10	70
Figura 28. Capa física KNX.	71
Figura 29. Cable utilizado en KNX	73
Figura 30. Topología de una instalación KNX.	73
Figura 31. Fuente de alimentación KNX	74
Figura 32. Acoplador de línea y de area KNX	75
Figura 33. Aplicación arquitectura distribuida	76
Figura 34. Topología general SIMÓN VIS	79
Figura 35. Pila ZigBee	83
Figura 36. Topología de la red ZigBee	85
Figura 37. Nodos en la vivienda ZigBee	87
Figura 38. Topologías de los sistemas fotovoltaicos residenciales	89
Figura 39. Control y monitorización del sistema	90
Figura 40. Topologías de conexionado del vehículo eléctrico	92
Figura 41. Composición del consumo semanal de la vivienda	94
Figura 42. Perfil de carga tradicional	97
Figura 43. Perfil de carga con HEMS	100
Figura 44. Escenarios de carga del vehículo eléctrico	103
Figura 45. Decretos y resoluciones de la Ley URE	104
Figura 46. Desarrollo de sub-programas del sector residencial, Proyecto PROURE	106
Figura 47. Servicios de telecomunicaciones	108

Figura 48.Disposición de los recintos en la red interna de usuario.....	109
Figura 49.Etapas de proyecto de vivienda inteligente unifamiliar	111
Figura 50.Servicios genéricos en la vivienda	112
Figura 51.Eschema de instalación de un punto de recarga para el vehículo eléctrico en garaje de una vivienda unifamiliar.....	121
Figura 52.Conectores permitidos para los modos 1,2,3,4 de carga	121
Figura 53.Cableado en bus y en estrella en una vivienda unifamiliar	123
Figura 54.Especificación de cuarto técnico con baterías.....	127

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.Requerimientos funcionales de la red inteligente doméstica.	27
Tabla 2.Funciones de los módulos principales.....	33
Tabla 3.Clasificación de las redes según su dominio.....	36
Tabla 4.Niveles de control HAN.....	44
Tabla 5.Tipos de cargas de vehículos eléctricos.....	55
Tabla 6.Modos de carga del vehículo eléctrico.....	56
Tabla 7.Relación modo de carga/velocidad de carga.....	56
Tabla 8.Comparación de medios de transmisión.	64
Tabla 9.Clasificación de tecnologías.....	67
Tabla 10.Servicios SIMÓN VIS.....	77
Tabla 11.Valores capa PHY.....	83
Tabla 12.Dispositivos ZigBee Smart Energy.....	85
Tabla 13.Comparación de las tecnologías de comunicación inalámbricas.....	88
Tabla 14.Demanda máxima según el estrato.....	95
Tabla 15.Oferta inmobiliaria según estrato.....	96
Tabla 16.Distribución de los circuitos ramales en una vivienda inteligente.....	101
Tabla 17.Elementos de la vivienda inteligente.....	113
Tabla 18.Alimentadores de baja potencia.....	116
Tabla 19.Limite de las fuentes de alimentación de DC de Clase 2.....	117
Tabla 20.Requisitos para sistemas de baja potencia.....	117
Tabla 21.Ducteria para cables múltiparas en sistemas de comunicación.....	119
Tabla 22.Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de los conductores.....	122
Tabla 23.Factores de ajuste por multiplicidad.....	122
Tabla 24.Medida de los recintos en el cuarto técnico.....	126
Tabla 25.Tamaño del cuarto técnico sin baterías.....	126

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Manual de redes inteligentes.....	137
Anexo B. Requisitos funcionales de la HAN.....	167
Anexo C. Topologías	170
Anexo D. Normativa vigente en Colombia	173
Anexo E. Aplicación de un sistema fotovoltaico	190
Anexo F. Distribución de dispositivos inteligentes en el hogar	191

RESUMEN

TÍTULO DEL PROYECTO:

MANUAL DE PARÁMETROS DE DISEÑO DE INSTALACIONES INTERNAS PARA USUARIOS RESIDENCIALES EN UN CONTEXTO DE REDES INTELIGENTES DOMÉSTICAS

AUTORES:

LUIS CARLOS RAMÍREZ RODRÍGUEZ**
OSCAR ANDRÉS RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

PALABRAS CLAVES: Eficiencia energética, tecnologías de la información y la comunicación, control, monitorización, manual, programa PROURE, normativa.

DESCRIPCIÓN:

Aunque la implementación de las redes inteligentes en un escenario residencial en Colombia, es todavía un desafío, los entes gubernamentales como el Ministerio de Minas y Energía y la UPME, entre otros, han aunado esfuerzos para promover la eficiencia energética y la utilización de la energía alternativa en todos los sectores de la cadena energética a nivel nacional.

Lo anterior se evidencia en la ley URE y en su proyecto PROURE, el cual ha establecido programas prioritarios enfocadas hacia el diseño y la construcción de viviendas sostenibles, con el uso de la arquitectura bioclimática, que tiene en cuenta la normatividad y la reglamentación sobre el tema. Por otra parte, la ley 1715 de 2014, integra y regula la implementación de energía renovable en todo los sectores eléctricos de Colombia.

Esto, unido al incremento de la electrónica de consumo y el desarrollo de la innovadora tecnología de la información y la comunicación (TIC), más la incorporación de sistemas inteligentes enfocados hacia la gestión, el ahorro energético, la seguridad y comodidad de los usuarios, con un componentes de micro-generación alternativa, se vislumbra en un futuro muy cercano.

En consecuencia, el presente documento identifica los sistemas genéricos que configuran la red inteligente de una vivienda, junto con los dispositivos que la conforman y su respectiva conexión, así como el monitoreo, la automatización y la medición del inmueble. Posteriormente, se establecerán los diferentes parámetros para el diseño, que permitan la incorporación de estos sistemas en la infraestructura de la casa, tomando como base el marco normativo y reglamentario vigente en Colombia. Finaliza con la elaboración de un manual que incluye todos los conceptos investigados anteriormente.

*Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones.

Director: MsC. Manuel José Ortiz Rangel- Codirector: Dr. Gabriel Ordóñez Plata

ABSTRACT

TITLE:

MANUAL OF DESIGN PARAMETERS OF INTERNAL INSTALLATIONS FOR RESIDENTIAL USERS IN A CONTEXT OF SMART GRID DOMESTIC*

AUTHORS:

LUIS CARLOS RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

OSCAR ANDRÉS RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

KEYWORDS: Energy efficiency, Information technology and communication, control, monitoring, manual, PROURE program, regulations.

DESCRIPTION:

Although the implementation of the smart grids on a residential scene in Colombia, it's a challenge, the governmental entities such as the mine and energy ministerial and the UPME, between others, have joined in efforts to promote the energetic efficiency and the use the use of the alternative energy in all sectors of the energetic chain in a national level.

The preceding considerations are made evident in the URE law and its project PROURE, which has established prioritized programs focused towards the design and the construction of dwellings in a good quality, by using the bioclimate architecture and rules about the theme on the other hand, law 1715/2014 integrates and regulates the implementation of renovated energy in all electrical sectors from Colombia.

This, joined to the increase of the electric consumption and the development of the innovating information and communication technology (TIC), more the incorporation of intelligent systems focused towards the gestion, the energetic economy, security and comfort of the users, with an alternative microgeneration compound, in a very near future it's glimpsed.

Consequently, the present document identifies the generic systems that shape the intelligent net of a dwelling, joined to its device and its respective connection, besides, control, automation and the inmovable measuring. Subsequently, the different parameters will be established for the design in order to let the incorporation of these systems into the infrastructure of the house taking as a base the rules and standards which are in force in Colombia. It ends with a handbook containing all concept studied and investigated previously.

* Degree Project

** Faculty of Physical – Mechanical Engineering. Electrical, Electronics and Telecommunications engineering school.
. Director: : MsC. Manuel José Ortiz Rangel- Codirector: Dr. Gabriel Ordóñez Plata

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos han permitido gran cantidad de innovaciones en todas las instancias sociales, innovaciones que han mejorado la satisfacción de necesidades básicas y suntuarias a partir de dispositivos y servicios que han cambiado definitivamente la manera de realizar las cosas. En todo este proceso de cambio, la energía es una constante transversal y aun cuando la forma de su uso se ha mantenido intacta durante mucho tiempo, se advierten tiempos de cambio que ofrecen beneficios adicionales para los sistemas eléctricos y el usuario final.

Estos cambios son pensados en mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos actuantes en la energía eléctrica y motivados de igual manera en la reducción del consumo de combustibles fósiles en la generación de electricidad.

Para conseguir este último punto, se han adoptado compromisos con el medio ambiente liderados por organizaciones mundiales que han propiciado la adopción de planes gubernamentales como el “*Plan 20-20-20*”¹ de la Unión Europea y el “*Plan 50-50*” de los Estados Unidos, cuyo propósito específico es la reducción de emisiones de CO₂, la eficiencia energética y la generación de energía con fuentes renovables; impulsando de esta manera cambios importantes en el modelo energético tradicional con el objeto de migrarlo hacia el concepto de redes inteligentes o “*Smart Grids*”, en donde se podrá controlar la red en tiempo real permitiendo su gestión de forma eficiente, sostenible y segura.

Este concepto de *Smart Grids*, además de cubrir todos los eslabones de la cadena energética, como es la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, puede aplicarse de igual forma en el ámbito residencial, transformando el hogar tradicional en un “hogar inteligente” o “*Smart home*”; contexto donde los componentes que conforman dicha red inteligente dentro del hogar, incluido el usuario, tendrán una interacción armónica y segura entre sí. Esta circunstancia supone un cambio en los sistemas eléctricos domésticos tradicionales y en la manera como actualmente se utiliza la energía, además de estrechar la relación entre el operador de red, la red doméstica y el usuario final.

¹ RODRÍGUEZ, Carlos, MUÑOZ, José, JUÁREZ, Javier, CONTRERAS, David, ALEXANDRES, Sadot, Gestión de Redes Inteligentes Domesticas mediante ZigBee Smart Energy.

Aunque lo anterior es posible con la incorporación de tecnologías de transmisión, de comunicaciones, equipos de monitorización y electrodomésticos inteligentes dentro de la vivienda, es necesario e indispensable tener una estructura en el interior de la casa que soporte y permita la inclusión de estos elementos, que naturalmente difieren según las necesidades y expectativas del usuario residencial.

Desde la perspectiva topológica, esta interacción supone generar nuevas tendencias para el diseño de los sistemas eléctricos con componentes de hardware, dispositivos de monitorización, comunicación y de control de servicios dentro del hogar, que conlleva inevitablemente a la adopción y generación de nuevos referentes técnicos, normativos y reglamentarios sobre el diseño de instalaciones residenciales domésticas en Colombia, que se enfoquen en una perspectiva de redes inteligentes, donde su estructura incorpore dispositivos especiales, como medidores bidireccionales, puertos, sensores, actuadores pasarelas residenciales; que integrados en una topología de red, facilitan la gestión individual de las cargas y los circuitos de uso específico, permitiendo así que el sistema eléctrico residencial sea altamente automatizado, eficiente y seguro. En este contexto, este documento establece y propone una serie de requisitos mínimos para la implementación de una red inteligente en una vivienda unifamiliar, fijando pautas y parámetros generales, que proporcionen una guía para el diseño y construcción de estas redes en el interior del inmueble, las cuales se rijan en el marco normativo y reglamentario vigente en Colombia.

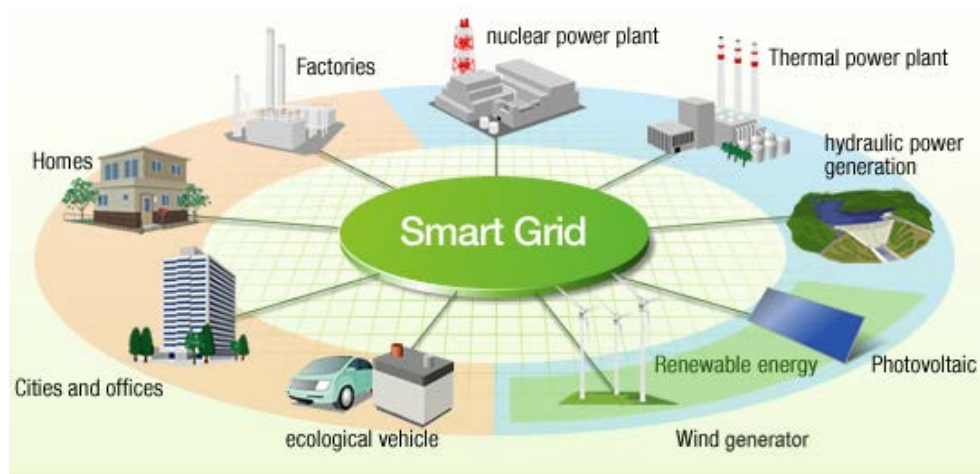
1. INTRODUCCIÓN A LAS REDES INTELIGENTES DOMÉSTICAS.

1.1 REDES INTELIGENTES.

Se puede definir una red inteligente a groso modo como un conjunto de interconexiones eléctricas y de comunicación que pueden integrar de forma “inteligente” el comportamiento y las acciones de todo tipo de usuarios, con el fin de gestionar la electricidad de una manera eficiente, sostenible y segura². Para llevar esto a cabo, es necesario que estos tipos de redes se compongan de productos y servicios innovadores, que por medio de dispositivos y conexiones “inteligentes” faciliten y realicen la monitorización, control y comunicación del sistema eléctrico.

Se puede apreciar que hablar de redes inteligentes no es referirse únicamente a dispositivos de punta aislados realizando una respectiva función, sino de una coordinación armoniosa de todas las partes que la conforman (dispositivos inteligentes, tecnologías de comunicación, aplicaciones, servicios, usuarios, etc), enfocadas a la realización de aplicaciones específicas y trabajando conjuntamente para permitir operaciones eficientes en todos los ámbitos de la cadena energética, e interconectando todos los niveles de la estructura eléctrica; como se puede apreciar en la *figura 1*.

Figura 1. Definición de Smart Grid



Fuente: <http://www.hitachi.com/environment/showcase/solution/energy/smartgrid.html>

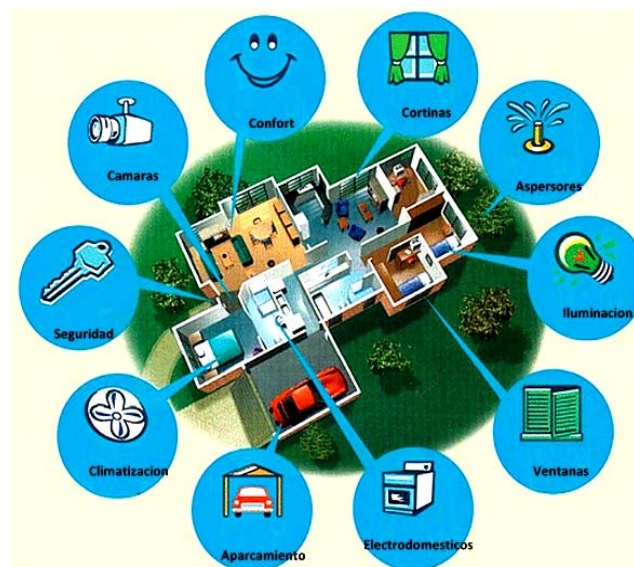
² CELAVE Andrés-Redes inteligentes, ¿una solución para la integración de la generación distribuida?, Dpto. de Estudios e Investigación de ecooo.

Esta definición de igual forma se puede aplicar a los sistemas residenciales, que aunque aparentemente son estructuras sencillas presentan una complejidad importante; debido a que son sistemas que aparte de tener componentes de última gamma y que funcionan con las innovadoras tecnologías de la información y de las comunicaciones (TIC); presentan un delicado componente social; ya que son dirigidos a las personas ordinarias y por ende a su cotidianidad, creando la necesidad de implementar sistemas domésticos altamente eficientes, seguros y que funcionen con la mínima intervención del usuario final, pero sin sacrificar la relación de este con la gestión responsable de la energía eléctrica.

1.2 VIVIENDA INTELIGENTE O SMARTHOME

Según lo expuesto anteriormente, se puede definir una vivienda inteligente en una forma genérica, como un sistema que integra diferentes servicios y componentes, lo cuales utilizan las tecnologías de la comunicación y la información, con el fin de soportar operaciones seguras y eficientes, enfocadas hacia la gestión energética, el confort y la seguridad del usuario residencial, permitiéndole optimizar y aumentar la calidad y el estilo de vida; y por supuesto, todo en el interior de la casa. En la *figura 2* se puede observar algunas de las aplicaciones que soporta la vivienda inteligente.

Figura 2 Definición de una SmartHome



1.2.1 Servicios de la vivienda inteligente

La funcionalidad de todos los dispositivos que incorpora la vivienda inteligente y que permite el control y la monitorización del hogar, está orientada a prestar múltiples servicios en la vivienda, los cuales depende de las necesidades y requisitos del usuario final; sin embargo, dichos servicios se pueden agrupar en tres categorías de aplicación general.³

1.2.1.1 Protección y Seguridad

Incluye servicios de sistemas de alarmas técnicas como de incendio, de gas, de intrusión, de pánico, de tele-seguridad, etc. Además presenta protección de la información intercambiada con los proveedores de servicios eléctricos, protección del acceso remoto a la red inteligente, y de todos los requeridos a lo referente al sistema de potencia y a la integridad de las personas.

1.2.1.2 Gestión energética.

Este componente es uno de los pilares de las viviendas inteligentes, ya que hacen referencia a la gestión o manejo eficiente de la energía eléctrica; entre los servicios que se pueden incluir es la monitorización y el control del consumo desagregado de la energía eléctrica a través de medición avanzada, llevada a cabo por medidores inteligentes; un control eficiente de cargas como iluminación, calefacción, electrodomésticos inteligentes, persianas etc. [2].

En esta categoría también se puede incluir lo referente a la integración de fuentes de energía alternativas, como paneles fotovoltaicos y vehículos eléctricos (tomado este como fuente), ya que la adopción de estas posibilidades permite realizar un manejo del consumo energético dependiendo de los planes tarifarios de los proveedores de red.

1.2.1.3 Confort

Servicios enfocados hacia el control de iluminación, temperatura, persianas, puertas y diferentes clases de dispositivos residenciales. Cabe mencionar que algunos servicios de confort están relacionados de igual forma a la gestión energética; ejemplo de lo anterior,

³ GÓMEZ Walter, ARCHILA Gustavo, (2012), CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA TOPOLOGÍA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL, Universidad Industrial de Santander

es el servicio de automatización de luces, ya que además de brindar comodidad al usuario, la desconexión automática de estas cargas, evitaría el consumo de energía innecesaria, ayudando a la regulación de energía y reflejándose en el costo de la facturación.

1.3 RED INTELIGENTE DOMÉSTICA

Desde un punto de vista técnico y estructural, una vivienda inteligente está conformado básicamente por un conjunto de tres redes internas que interactúan entre sí para ejecutar eficientemente las aplicaciones programadas por el usuarios; la red de fuerza o de potencia, la red de telecomunicaciones y la red inteligente; siendo la estructura de esta última, la base del presente estudio, y que se puede definir como un conjunto de componentes o elementos hardware comunicados a través de un medio físico o inalámbrico, utilizando las tecnologías de comunicación e información y que mediante una topología de red, permita el control de los servicios establecidos en la vivienda.

1.3.1 Sistemas que conforman la estructura de la red inteligente

Estructuralmente un hogar inteligente esta soportado y definido en cuatro sistemas fuertemente relacionados, los cuales están en constante investigación en todo el mundo y contienen las directrices para llevar a cabo el control, la automatización y la monitorización del hogar⁴. Estos sistemas están enfocados hacia la gestión del ahorro y la eficiencia de la energía, y establecen los requerimientos y los dispositivos hardware encargado para ejecutar las diferentes aplicaciones instaladas en la vivienda. Estos se muestran en la *figura 3*

⁴ CHENG Jin, KUNZ Thomas, (2009), A SURVEY ON SMART HOME NETWORKING, Department of Systems and Computer Engineering-Carleton University, Ottawa,Ont., Canada.

Figura 3. Caracterización de un hogar inteligente



HEMS: Sistema de Gestión Energética Residencial. **AMI:** Infraestructura de Medición Avanzada. **FNCE:** Fuentes No Convencionales de Energía. **PEV:** Plug.in Electric Vehicle (Conexionado Vehículo Eléctrico).

Cabe mencionar que los elementos FNCE y PEV son componentes de energías alternativas, que aunque no son indispensables para el funcionamiento de la red inteligente, son pilares de la definición de una *SmartHome* y su enfoque hacia la gestión Energética.

1.3.2 Requerimientos para la implementación de una red inteligente doméstica

Los sistemas mostrados en la *figura 3*, presentan diferentes requerimientos que se deben tener en cuenta para un funcionamiento correcto del sistema; estos requisitos pueden ser:

- **Funcionales:** Los requerimientos funcionales se pueden dividir en tres aspectos generales⁵: aplicaciones, comunicaciones y seguridad; los cuales se muestran en la tabla 1 y se amplían en el *anexo B*.
- **Estructurales:** Estos requerimientos están orientados a la instalación, cableado, ubicación idóneo de dispositivos, ambientes especiales y distintas condiciones físicas que se analizarán a lo largo del presente trabajo.

⁵ UtilityAMI 2008 Home Area Network System Requirements Specification, Version 1.04, August 19, 2008.

Tabla 1.Requerimientos funcionales de la red inteligente doméstica.

Requerimientos	Especificación	
APLICACIONES	Aplicaciones de Control	Responden a señales de control, el más simple el control ON/OFF, controles cíclicos o control de parámetros configurables.
	Medición y monitoreo	Proporcionan información de datos y estados internos. 1. Medición y monitoreo de energía alternativa 2. Medición de uso final (sub medición) 3. Monitoreo si un dispositivo esta encendido o apagado, etc.
	Aplicación de Procesamiento	1. Cálculo del costo de la energía. 2. Cálculo del consumo de la energía. 3. Cálculo de la producción de la energía.
	Interfaz Máquina-Humano	1. Entrada de usuario (pantalla táctil, teclado) 2. Salida de usuario (pantalla, mensajes, sonidos)
COMUNICACIONES	Los requerimientos de comunicación están orientados a proporcionar transmisiones de datos confiables dentro de la red inteligente, especificando la administración de nodos en el interior de la red.	
SEGURIDAD	Las exigencias de seguridad es garantizar un canal de intercambio seguro de datos entre los dispositivos locales y los proveedores de servicios, especificando requisitos de control de accesos y confidencialidad, registros, autenticación, responsabilidad, etc.	

Fuente: Autores

1.4 ESTRUCTURA DEL PROYECTO

El desarrollo del documento se divide en siete capítulos como se describen brevemente a continuación: La introducción, incorporada en el primer capítulo se considera las definiciones y los aspectos generales tratados a lo largo del proyecto; en el capítulo dos se establecen los elementos necesarios para la implementación de la red inteligente en una vivienda unifamiliar; posteriormente en el capítulo tres se presentan las topologías genéricas de los sistemas involucrados en la implementación en una red inteligente doméstica, de acuerdo a los sistemas comerciales existentes. En el capítulo cuatro se realiza un análisis de gestión de la energía residencial, base para establecer criterios de segmentación de cargas como estrategia energética llevada a cabo en la vivienda; por otra parte, en el capítulo cinco se presenta las normas y los reglamentos que rigen la implementación de una vivienda inteligente, las cuales se aplican en el capítulo seis donde se presentan pautas, recomendaciones y criterios de diseño para la instalación de las redes internas inteligentes, y finalmente en el capítulo seis se establecen las conclusiones del trabajo de grado.

En el *anexo A* se dispone el manual que incorpora las definiciones, topologías y componentes genéricos de una instalación, además de recomendaciones y requisitos de diseño para la implementación de estos en el hogar. Los anexos B,C,D,E y F se muestran algunos aspectos que se requirieron para estructurar el documento.

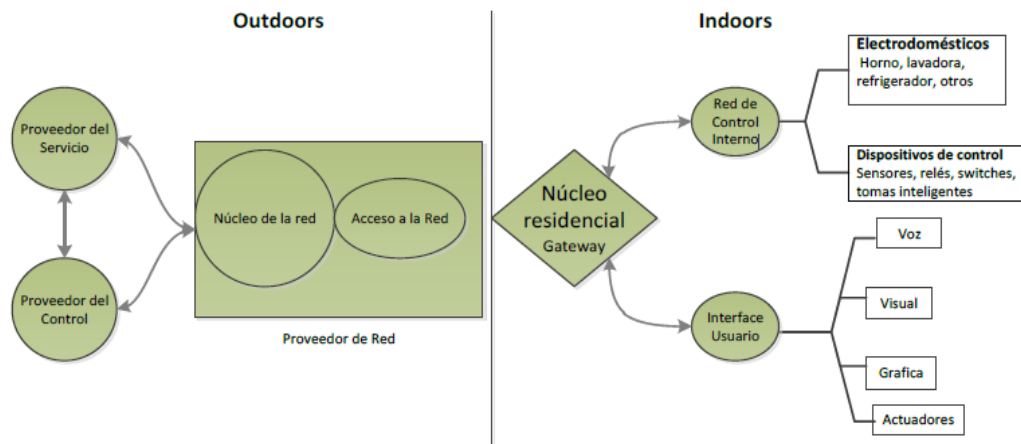
2. ELEMENTOS DE LA RED INTELIGENTE EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

2.1 HEMS-SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL

Los sistemas de gestión energética residencial se entienden dentro de un sistema complejo de convergencia de tecnologías que son las redes inteligentes, por lo que se considera los HEMS la primera capa de gestión energética al final de la cadena de dichas redes, conservando de igual forma las características propias de las Smart Grids. [2].

Por lo tanto, los HEMS y por ende los elementos que la conforman, es la columna vertebral de la vivienda inteligente; ya que desde un punto de vista técnico contiene todos los componentes encargados para el control y la monitorización de la vivienda; los cuales están sintetizados en dispositivos inteligentes, una red doméstica encargada del transporte de la información de estos y una puerta de enlace residencial, con el objetivo principal de conectar el hogar con el mundo exterior a través de internet; y permitir el control remoto por parte de los usuarios⁶. Esta definición se observa en la siguiente figura.

Figura 4. Concepto de hogar inteligente



Fuente: [2]

⁶ RICQUEBOURG, V. , MENGA, D. , DURAND, D., MARHIC, B. , DELAHOCHÉ, L., LOGE, C.; (2006), The Smart Home Concept : our immediate future, 1ST IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics.

2.1.1 Infraestructura de la red

La infraestructura de la red que se muestra en la figura anterior, es el fundamento básico para la construcción de redes internas inteligentes, donde se muestra los componentes genéricos que se deben incorporar para permitir el control y la monitorización de la vivienda.

De igual forma se puede determinar que los HEMS integran básicamente dos niveles que interactúan mutuamente, y que son requeridos para el funcionamiento de la red inteligente. Un primer nivel que lo integran los dispositivos hardware que hacen posible los servicios de la vivienda inteligente y un segundo nivel conformado por las redes internas que interconectan estos dispositivos entre sí y con las redes exteriores de los proveedores de red.

Cabe mencionar que este concepto coincide con el modelo de “Tres Niveles de Complejidad” enfocados hacia la domótica⁷, que representa esta por medio de dispositivos aislados (primer nivel), las interconexiones de estos dispositivos (segundo nivel) y las aplicaciones y servicios (tercer nivel).

A continuación se analizan estos dos niveles que son fundamentales para el control y la monitorización de la vivienda.

2.1.2 Nivel de componentes hardware

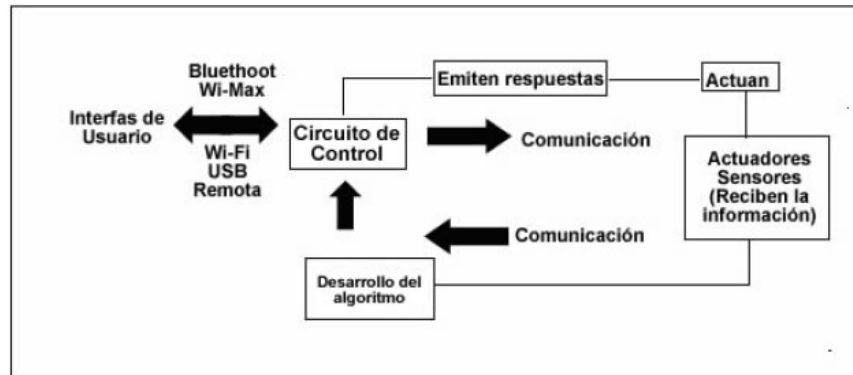
En este nivel se encuentra todos los componentes hardware y aparatos inteligentes. Se puede observar en la *figura 4*, que los dispositivos necesarios para el control y la monitorización de los servicios y las cargas en la vivienda se dividen en tres grupos, dispositivos destinados al control, electrodomésticos inteligentes y dispositivos que permiten la interfaz con el usuario.

2.1.2.1 Dispositivos de control

Los dispositivos de control son aquellos necesarios para realizar el control, la monitorización y la automatización de la vivienda; son los encargados de leer condiciones físicas específicas en el interior del hogar y tomar acciones de acuerdo a la programación elaborada por el usuario. Forman parte de un sistema automatizado de “lazo cerrado”, es decir, siempre existe una retroalimentación de las condiciones que se están controlando; su arquitectura básica se muestra a continuación.

⁷ SÁEZ, Fernando, DOMÍNGUEZ, Hugo , (2006), Domótica: Un enfoque sociotécnico,.

Figura 5.Arquitectura básica del sistema de control



Fuente: Tutorial de transmisión de datos a través de Power Line Communications (PLC), Silvia Cynthia Santos Palma.

De acuerdo a la figura anterior los dispositivos de control se pueden clasificar según su funcionalidad en:

a. Sensores

Los dispositivos que se encuentran en este grupo presentan un grado de heterogeneidad elevado; están formados por células sensibles que detectan variaciones en una magnitud física y las convierten en señales útiles para un sistema de medida o control. En sí, son elementos físicos que transmiten una señal al sistema cuando hay una variación de algún parámetro. Los hay de diversos tipos, de gas, temperatura, agua, humedad, luz, movimiento, etc. [5].

Entre los sensores específicos más utilizados se encuentra:

- **Sensor crepuscular:** El sensor crepuscular mide la intensidad de luz ambiente y envía una señal cuando esta es inferior a una luminosidad patrón previamente marcada, muy útil para automatizar la subida y bajada de persianas, activación del sistema automático de encendido de luces, etc.[5]
- **Sensor de presencia:** El sensor de presencia reacciona sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Con objeto de lograr total confiabilidad, algunas marcas integran además un filtro de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares); son útiles para la detección de

intrusos (seguridad), como para el automatismo de luces (confort y ahorro energético)⁸.

- **Termostatos:** Los termostatos de ambiente se emplean para medir la temperatura de la estancia y permitir su modificación a gusto del usuario con la ayuda de los sistemas de calefacción y aire acondicionado.

b. Actuadores:

Los actuadores son dispositivos capaces de recibir una orden procedente de un sistema de control y realizar una acción que modifique el estado de un determinado equipo o instalación, según el tipo de respuesta, los actuadores se puede clasificar en⁹:

- **Actuador ON/OFF (todo o nada):** En esencia permiten el paso de corriente eléctrica hacia el dispositivo al que está conectado (encendido o apagando), generalmente utilizado para el control de lámparas, toldo, persianas, etc. Entre los más comunes son los contactores y relés de maniobra.
- **Actuadores proporcionales:** Generalmente son utilizados para el control de la luminosidad, ya que modifican parámetros eléctricos como tensión y corriente.

c. Controladores

Reciben información de dispositivos tipo sensor y la procesan para realizar el control de dispositivos tipo actuador, para llevar a cabo una tarea específica. Adoptan decisiones sobre el estado de funcionamiento del sistema. El número de controladores en los sistemas inteligentes depende de la arquitectura y la tecnología que se tenga en la red; es decir, puede existir solo uno en sistemas centralizados o varios en sistemas distribuidos; en este caso, el controlador y los actuadores se encuentran en un mismo equipo.

d. Toma inteligente

La toma inteligente presenta la misma función básica de los toma corrientes convencionales, pero poseen módulos adicionales que permiten el control y la monitorización a los dispositivos conectados a este [2]. Se usan principalmente para el

⁸<http://www.domoprac.com/hardware-y-productos-domoticos/sensores-tipos-y-funcionalidades.html>

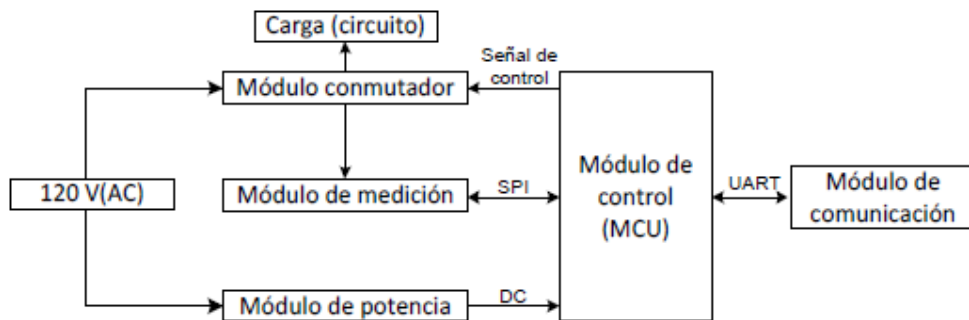
⁹ DURÁN Ana,(2009),Instalación domótica de una vivienda Unifamiliar, Universidad Pontificia Comillas, ICAI.

control de electrodomésticos tradicionales, con el objetivo de gestionar eficientemente este tipo de cargas. Sus principales funciones son:

- Reciben comandos de control, emitido por los controladores, permitiendo la conexión/desconexión del elemento conectado a la toma.
- Mide el consumo de energía de la carga y reporta por medio de comunicación inalámbrica o alámbrica la información de la potencia eléctrica.
- Proporciona protección al elemento frente anomalías en el suministro de energía.

El diagrama de bloques de una toma inteligente, así como las funciones de los módulos fundamentales se representan en la *figura 6* y el *tabla 2* respectivamente.

Figura 6. Diagrama de bloques de una toma inteligente



Fuente:[2]

Tabla 2. Funciones de los módulos principales

Modulo	Características
Módulo de control	Ejecuta las funciones básicas del sistema y está a cargo del control ON/OFF de las cargas conectadas.
Módulo de comunicación	Permite enviar y recibir datos a través de la HAN tales como medición de energía eléctrica y señales de control ON/OFF
Módulo de medición de energía eléctrica	Muestra el consumo en tiempo real y estatus del dispositivo conectado.

2.1.2.2 Electrodomésticos inteligentes

Los electrodomésticos inteligentes se diferencian de los tradicionales en su capacidad de intercomunicación; lo que facilita el intercambio de información entre ellos y permite su programación y monitorización vía remota. Los servicios que actualmente se incorporan a estos dispositivos aumenta la complejidad técnica que los revisten, por lo que el costo es

elevado y pueden presentar mayor riesgo de averías; sin embargo, las prestaciones de ahorro energético, las funciones que estos incluyen y la necesidad de su utilización (neveras, lavadoras, secadoras, etc.) son dispositivos que se deben incluir en la red inteligente de la vivienda [5].

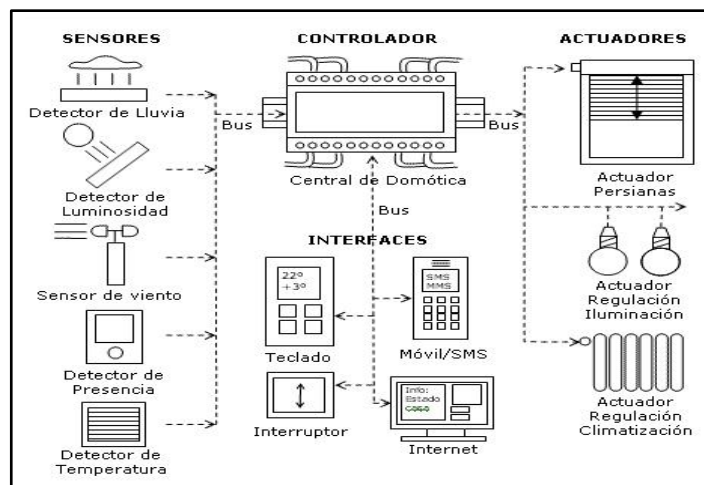
Es importante resaltar que los elementos de control hardware y el control de los electrodomésticos inteligentes, se conectan a la *red de control o red de dispositivos* que es una red independiente de la red de potencia

2.1.2.3 Interfaces

Los interfaces son los dispositivos que establecen la comunicación entre el sistema y el usuario, esta comunicación puede ser visual, auditiva, grafica, etc. Por medio de ella se seleccionan las funciones pre-programadas de los servicios de la vivienda.

A continuación se ilustran algunos ejemplos de los componentes hardware mencionados anteriormente.

Figura 7. Elementos hardware de la vivienda inteligente.



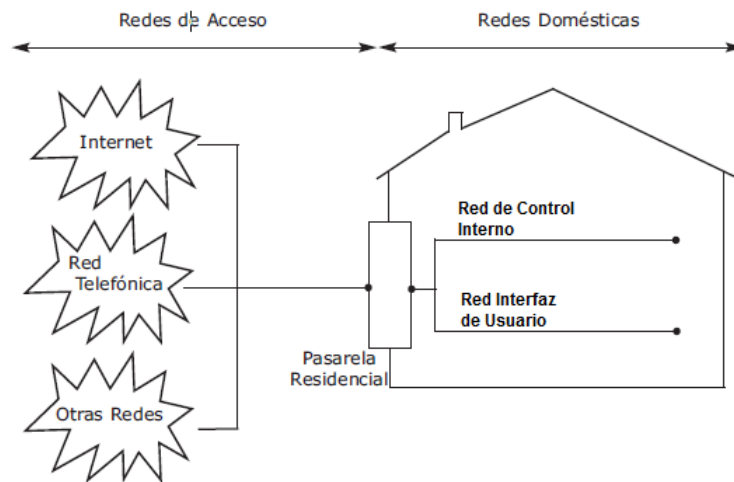
Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica>

2.1.3 Nivel de interconexión

En este nivel como su nombre lo indica, aparte de referirse a la interconexión y comunicación de todos los dispositivos que hacen parte de la vivienda inteligente y que fueron mencionados anteriormente, también se refiere a la interconexión de las subredes existentes en la vivienda y a la comunicación de estas con el exterior; por lo tanto, en la

infraestructura de la vivienda a nivel de interconexión, se distinguen tres sistemas tecnológicos comunicados entre sí, los cuales se ubican con el exterior, en el interior y en la “frontera” de la vivienda, o más concretamente, las redes de acceso, las subredes domésticas y el Gateway o pasarela residencial [5], como se puede apreciar en la figura siguiente:

Figura 8. Componentes de interconexión en la vivienda inteligente

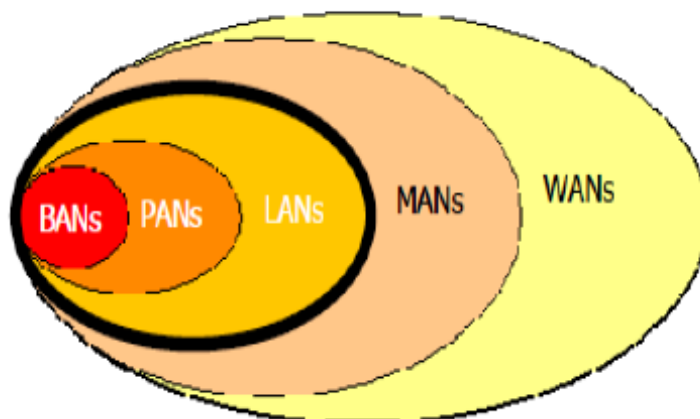


Fuente: Modificado de [5]

2.1.3.1 Redes de comunicación.

Antes de establecer la especificación de las redes de acceso y las redes domésticas, se mostrarán la clasificación general de las redes según el dominio, las cuales se relacionan con el propósito al cual se estén utilizando. Las diferentes clases de redes existentes en cualquier sistema se pueden observar en la siguiente figura donde sus características y ejemplos se muestran en la *tabla 3*.

Figura 9. Clasificación de las redes según su dominio



Fuente:[2]

Tabla 3. Clasificación de las redes según su dominio

Tipo de Red	Características	Ejemplos
Redes de Área amplia- (WANs)	Son redes que se extienden sobre un área geográfica extensa utilizando medios como: satélites , cables interoceánicos, fibras ópticas públicas, Internet, etc.	GPS, GSM, UMTS, EDGE
Redes de Área Metropolitana (MANs)	Puede brindar cobertura en distancias considerables en una ciudad como en un distrito (20 km)	WIMAX
Red de Área Local (LANs)	Está limitada a un área física de entre 10 [m] a 1[km], como una oficina, un campus universitarios, un edificio.	Wi-Fi, Ethernet, HyperLan
Red de Área Personal (PANs)	Soporta necesidades para objetos cercanos tales como dispositivos móviles	Bluetooth, RFID, ZigBee, CEBus
Body Área Networks (BANs)	AL igual que las PANs están diseñadas para objetos cercanos, sólo que están limitadas a una menor escala en distancia	BodyLAN

Fuente:[4]

De las anteriores características se identifica que los tipos de redes que se aplican en el sector residencial hacen parte de la red LAN y PAN, sin embargo, con la capacidad de conexión externa que posee la vivienda inteligente, las redes WAN toman importancia en el funcionamiento de la vivienda inteligente.

A continuación se analizan los tres componentes que hacen posible la interconexión de la vivienda, nombrando características técnicas y los elementos necesarios para la implementación real de estas en el hogar.

2.1.3.2 Redes de acceso

Como se muestra en las *figuras 4 y 8*, las redes de acceso las conforman aquellas servidas por los proveedores de red, es decir, son las redes que ponen en contacto el hogar con el exterior.

Por medio de las conexiones externas se puede tener acceso a la vivienda en lugares remotos, controlando y monitorizando los servicios en el hogar; como cámaras de seguridad, temperatura en el interior, desconexión o conexión de algún electrodoméstico o circuito, etc. A través de este medio las electrificadoras podrán informarle al usuario planes tarifarios, consumos instantáneos y promociones en tiempo real, en fin un sin número de posibilidades enfocadas hacia el confort, la seguridad y la gestión energética de la vivienda.

a. Infraestructura de la red de acceso.

Existen múltiples opciones tecnológicas para el uso de las redes de acceso que permiten conexiones de banda ancha con conectividad permanente, posibilitando el control de la vivienda en cualquier momento y desde cualquier lugar. Estas redes forman parte de los servicios de telecomunicaciones que acometen a la vivienda. En Colombia, estos servicios pueden ser llevados a los hogares por medio de comunicaciones satelitales o terrestres. Estas necesidades de conexión a una red externa, permiten identificar requisitos técnicos necesarios en la vivienda para la conexión a dicha red, como los propuestos a continuación:

- Tomas de usuario en el interior del hogar que permita la conexión a internet a los usuarios residenciales.
- Velocidad de conexión y transmisión de datos elevados, necesarias para la gestión en tiempo real de la vivienda inteligente, por lo que se recomienda conexiones de banda ancha.

Cabe mencionar que los reglamentos vigentes en Colombia regulan las instalaciones de telecomunicaciones en el interior en el hogar; los reglamentos que se analizan en

secciones posteriores y en especial el RITEL¹⁰ describe las especificaciones mínimas que deben tener estas en el interior de la vivienda.

2.1.3.3 Gateway o pasarela residencial

El Gateway es un equipo de frontera entre el exterior e interior del hogar inteligente, es el nexo de unión entre las redes de acceso y las redes domésticas inteligentes [5].

La pasarela residencial (RG) es un componente de control y sistemas de datos en la vivienda. Permite la comunicación entre dispositivos dentro de las instalaciones y sistemas externos, como proveedores de servicios, operadores y usuarios remotos. El Gateway residencial permite a los proveedores de servicio ofrecer teleservicios tales como tele-asistencia, control de electrodomésticos, mantenimiento preventivo, medición remota y supervisión de la seguridad; además, pueden proporcionar gestión energética y prestar servicios de entretenimiento o información. En fin, por medio de RG el usuario se conecta con el equipo, aplicación o servicio en el hogar¹¹.

a. Funciones

Este dispositivo puede contener múltiples funciones y características que pueden variar según la compañía que la fabrique, sin embargo el estándar HomeGate¹² establece un conjunto de funciones primarias que además de ser necesarias, minimizan la confusión del consumidor en su aplicación.

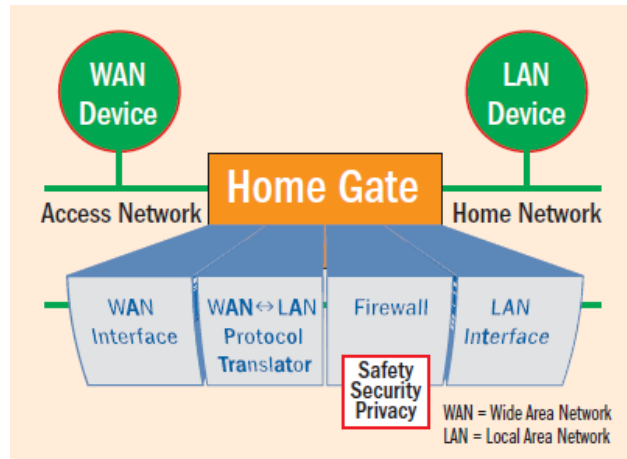
La función principal es la traducción de los protocolos WAN (red de acceso) a los protocolos LAN (red doméstica) para permitir la comunicación con el exterior, seguido de las funciones de ser: Servidor de seguridad, Adaptador LAN y controlador de aplicaciones.

¹⁰ Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones, RITEL

¹¹ ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG1, "Architecture for HomeGate, the residential gateway (AHRG)"

¹² WACKS, Ken, HomeGate: The International Standard Residential Gateway.

Figura 10. Funciones del Gateway Residencial



Fuente: [8]

- **Servidor de seguridad (Firewall)**

Un firewall es un elemento ya sea hardware y/o software que limita y supervisa los tipos de mensajes que pueden fluir dentro y fuera de la casa; por lo tanto, un servidor de seguridad dentro del Gateway le permite al usuario ejercer el control sobre los datos externos que entran en la vivienda, permitiendo por ejemplo, crear reglas de accesibilidad a los proveedores de energía, ya que si existen acuerdos para lecturas mensuales del contador, el firewall Home Gate, bloquearía las lecturas diarias.

- **Adaptador LAN**

Idealmente, una red doméstica debe basarse en un protocolo de comunicación estándar, sin embargo, el aumento de las tecnologías de comunicación ha producido una proliferación de los protocolos de comunicaciones que utilizan las redes domésticas, como CEBus, EIB-KNX, ZigBee, Modbus, etc. que se pueden diferenciar por tecnología y por el medio físico utilizado para la comunicación. Por lo tanto, el Gateway acomoda módulos que traducen los mensajes de un protocolo de red doméstica a otra, para que estas redes “disparejas” (diferente protocolos) se puedan comunicar entre si [8].

- **Aplicaciones de control**

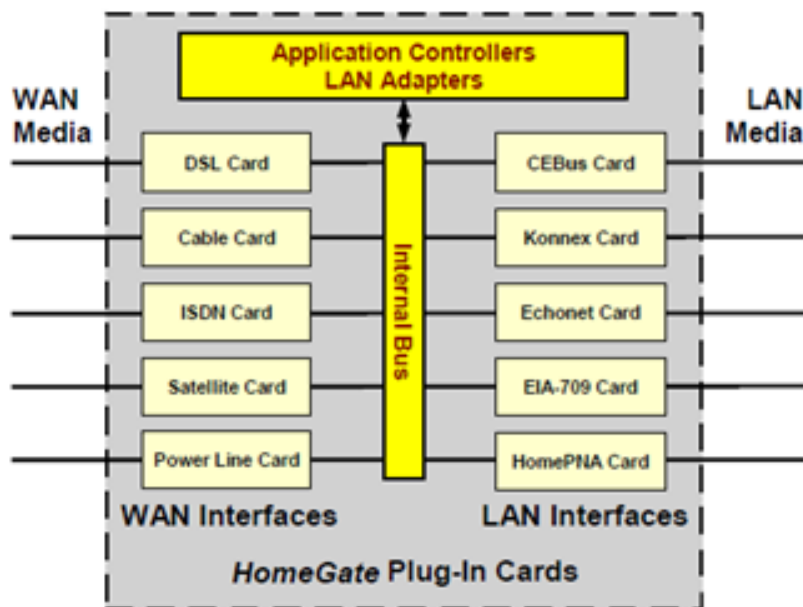
Opcionalmente a través de la pasarela, se puede controlar los dispositivos en el interior de la red inteligente; aunque esta labor generalmente recae en el controlador, las mejoras en

las técnicas de detección y configuración de dispositivos, así como la progresiva estandarización de los protocolos, sugiera una próxima integración de los Gateways y el control central en un mismo dispositivo [5].

Una posible aplicación de estas características se observa en la *figura 11*, aquí se observa un Gateway con múltiples interfaces de protocolos de comunicación para el conexionado de redes LAN y WAN, redes domésticas y de acceso respectivamente. Funcionalmente este Gateway no solo adaptaría la información proveniente de la red WAN para ser utilizada por la red LAN en cualquiera de los protocolos utilizados por esta, si no permitiría la comunicación entre las diferentes redes domésticas LAN que utilicen protocolos diferentes, por ejemplo Konnex con CEBus, Konnex con EIA, etc.

Desde punto de vista físico esta “caja” tendría interfaces físicas o NICs (tarjetas de interfaz de red) de cada tipo de tecnología, que tendría conectores tipo hembra para el conexionado físico de los cables de redes, o NICs inalámbricas para tecnologías que transmiten la información inalámbricamente.

Figura 11. Adaptadores LAN del Gateway



Fuente:[8]

b. Tipos de Gateway

Las pasarelas residenciales tienen un carácter marcadamente heterogéneo en tanto que su funcionalidad puede implementarse en equipos diversos [5]. Se habla de pequeñas pasarelas con funciones sencillas en dispositivos dedicados a otra aplicación, o de las más completas pasarelas dedicadas en un solo dispositivo hardware. No obstante se puede establecer la distinción siguiente:

- *Pasarelas residenciales de banda ancha:* Dispositivos en forma de router/modem que posibilita la conexión a Internet a los equipos integrantes de las redes domésticas internas. Las interfaces de conexión son por lo general tipo Ethernet, incorporando accesos inalámbricos Wi-Fi.
- *Pasarelas residenciales multiservicios:* Son evolución de las anteriores y son las nombradas a lo largo del libro; dedicadas exclusivamente en un dispositivo hardware. Como ya se ha dicho proporcionan múltiples interfaces para redes de banda ancha y control con distintas tecnologías, además de ser más potentes y técnicamente más complejas. Capaces de ejecutar diferentes aplicaciones en tiempo real y de implementar avanzados mecanismos de seguridad [5].

2.1.3.4 Redes domésticas

Las redes domésticas permiten la comunicación entre los diferentes dispositivos de la vivienda, enlazándolos con el exterior por medio del Gateway. Estas se incorporan en un grupo de red de comunicaciones caseras HAN (*Home Área Network*), las cuáles se encuentran en el dominio del cliente y están típicamente definidas y enfocadas para usuarios residenciales [2]. De acuerdo a la *figura 8*, una HAN está conformada por redes de comunicación de banda ancha y red de control.

a. Red de comunicación de banda ancha.

Son redes implementadas usualmente para las necesidades personales; específicamente para el entretenimiento, el estudio y el trabajo en casa; uniendo principalmente a los dispositivos como ordenadores, TV digital, equipos de música, grabadora de videos, cámaras digitales, etc.

El volumen de la información que se transmite por estas redes es de gran tamaño, como datos de audio, video y datos informáticos; lo que indica expectativas de alto ancho de banda y alta velocidad para la transmisión de la información [3]. Esta red se puede clasificar en dos sub-redes independientes, de acuerdo a la clase de información que manejan: *La red de datos y la red de multimedia*. Sin embargo, con las nuevas tecnologías de las comunicaciones, éstas redes tienden a unirse en una misma red de banda ancha [6][5].

- **Red de datos**

La red de datos se emplea para la interconexión de ordenadores, impresoras, escáneres, etc. Esta red permite compartir recursos informáticos y comunicar mensajes dentro de la vivienda o hacia el exterior, con la intermediación de un Gateway o un router [3].

La implementación de este tipo de redes internas dedicadas a la transmisión de datos presenta mayor importancia en los edificios de oficinas, debido a las necesidades de interconexión entre los ordenadores y las bases de datos de la compañía. Generalmente, se utiliza como medio físico de comunicación vías Ethernet por medio de cables UTP¹³, donde se utilizan switches¹⁴ para el conexionado de los equipos a comunicar.

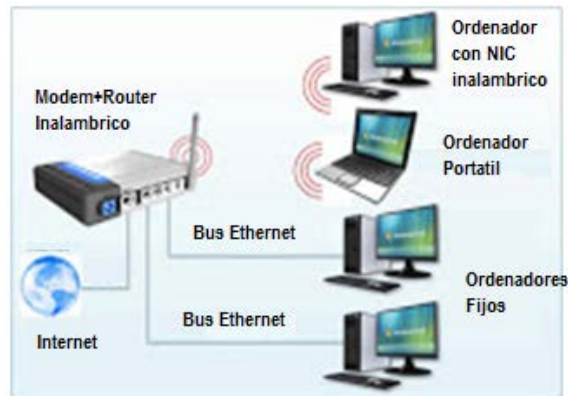
Con la proliferación y las prestaciones del estándar de comunicación IEEE 802.11 (Wi-Fi), y su incorporación en múltiples dispositivos como impresoras, televisores, cámaras digitales, etc.; además de las especificaciones del nuevo reglamento para los servicios de telecomunicaciones en el interior de la vivienda (RITEL); la transmisión de la información y la interconexión de equipos en el interior del hogar se puede realizar por medio de la red establecida por proveedores de servicios de banda ancha, donde la utilización de un modem/ router¹⁵ permite la comunicación entre los elementos conectados a él y con la red de internet, como se aprecia en la *figura 12*. Estos dispositivos soportan interfaces físicas e inalámbricas.

¹³ Cable de comunicación que integra cuatro pares de hilos trenzados de cobre asilados sin apantallar.

¹⁴ También llamado conmutador, este dispositivo se encarga de re-direccionar información a los dispositivos conectados a él, por lo que dos o más equipos pueden establecer comunicación.

¹⁵ Actualmente los equipos utilizados por los proveedores de servicio de internet, integran en un solo dispositivo las funciones de modem y router.

Figura 12.Red de internet en el hogar.



Fuente: <http://i.stack.imgur.com/EJkLb.png>

- **Red de multimedia**

La red de multimedia presenta características similares a la red de datos, con la diferencia que esta red transmite información audiovisual, la cual conecta distintos equipos de ocio y entretenimiento; como televisores, videocámaras, videoconsolas, parlantes, etc. Esta red es independiente a la red interna de telecomunicaciones que transmite la señal de TV satelital o terrestre en cada estancia de la vivienda. Sin embargo, igual que la red de datos, la aparición de dispositivos de última gama como Smart TV, Smart Phone, etc., posibilita la creación de una red inalámbrica de multimedia, por ejemplo, un celular se puede enrolar por medio de una conexión Wi-Fi con un televisor o con un equipo, y ejecutar cualquier aplicación disponible desde el mismo celular.

- b. Red de control doméstico.**

Como se puede apreciar en la *figura 8*, la red de control es el medio ya sea físico o inalámbrico donde se conectan los dispositivos de control y los electrodomésticos inteligentes; transmitiendo la información que hace posible el control, la monitorización y la automatización de la vivienda; por lo que es la encargada de soportar los servicios de seguridad, confort y gestión energética aplicados a la residencia.

La red de control es la encargada de soportar los requerimientos funcionales de una vivienda inteligente expuestos en la *tabla 1*, por lo tanto, además de ser el eje vertical de los sistemas HEMS, sirve de apoyo a la infraestructura de medición avanzada –AMI–;

circunstancia que es fundamental para llevar a cabo de forma integral la medición y la monitorización de la vivienda inteligente.

- **Características operativas de la red de control.**

Debido de la importancia de la red y al enfoque de eficiencia y ahorro energético de la vivienda, las principales características de operación de la red de control se nombran a continuación [3]:

- ✓ Velocidad de transmisión relativamente baja.
- ✓ Menor consumo de energía.
- ✓ Alta fiabilidad y seguridad en la transmisión de datos.
- ✓ Bajo costo en su conjunto
- ✓ Cobertura de la red.
- ✓ Comunicación fluida entre la red de control interno y los servicios públicos.

- **Niveles de control**

Para realizar el control en una vivienda, se presentan tres posibles escenarios dependiendo de la ubicación de los dispositivos que realiza esta función en la red inteligente y que se muestran en la *tabla 4*. De igual forma en el *capítulo 3* se presentan diferentes formas de control que se pueden implementar en una red inteligente.

Tabla 4. Niveles de control HAN

Nivel de control	Descripción	Ejemplos
Centralizado	Un núcleo central de control o hub, se comunica con una serie de dispositivos en el hogar y permite al usuario el manejo desde una interfaz	Sistemas de automatización residencial, sistemas de monitorización y seguridad, sistemas de control de iluminación
A nivel de dispositivo	Control independiente, el usuario puede manejar solo un dispositivo o función a la vez	Control remoto de luces, termostatos, regletas inteligentes
Embebido en la tarjeta	Control integrado en la funcionalidad del dispositivo	Electrodomésticos Inteligentes

Fuente:[2]

2.2 AMI- INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA

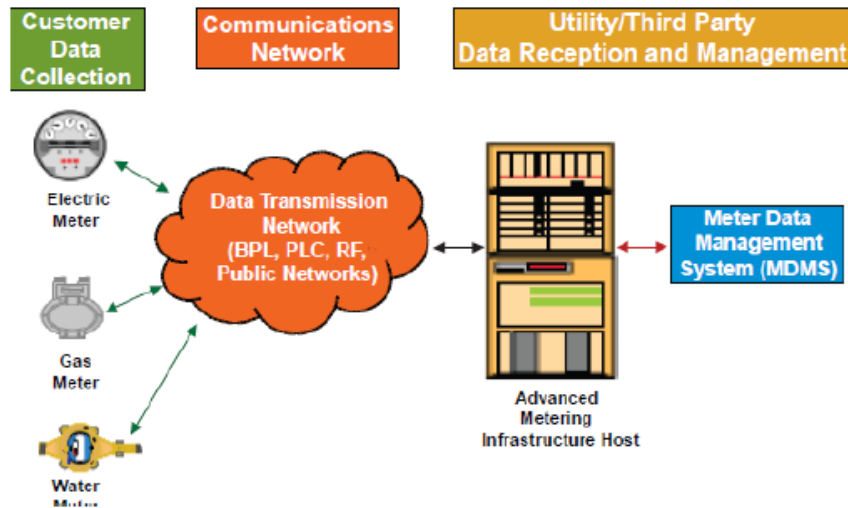
Como se expuso en la introducción, la *Infraestructura de Medición Avanzada-AMI* es uno de los pilares de una *Smart Home*; debido a que es el sistema encargado de la medición y la monitorización en la vivienda inteligente. Circunstancia que se especifica en los requerimientos funcionales de la red.

La comisión federal de regulación energética estadounidense (*Federal Energy Regulatory Commission, FERC, 2008*) definió AMI como:

“Un sistema que recoge información del consumo (y otros posibles parámetros) de los consumidores cada hora o más frecuentemente y provee transmisión de los mismos mediante una red de comunicación a un punto de recolección de datos, diariamente o más frecuentemente”[2].

Esta definición evidencia la estructura de funcionamiento del sistema AMI, que está formada por los niveles de recolección, de transmisión y de procesamiento de datos, los cuales se muestran en la siguiente figura:

Figura 13. Infraestructura AMI



Fuente [10]

En el nivel de procesamiento de datos se encuentran los servidores y los terminales de gestión, que se encargan del manejo de las comunicaciones y la recepción de la información; el nivel de transmisión permite la comunicación bidireccional entre los

medidores inteligentes y la estación principal, utilizando diferentes medios de comunicación como PLC¹⁶ y radiofrecuencias; y el nivel de recolección, donde se encuentran los medidores inteligentes zonales y domésticos; los primeros son los encargados de recolectar y medir tanto consumos a nivel de distribución como la generación distribuida de una zona determinada, y los segundos que se encuentran en el dominio del usuario y por ende en el interior de la vivienda.

2.2.1 Medidor inteligente

De lo anterior, se puede deducir que el principal dispositivo hardware de la Infraestructura de Medición Avanzada presente en una red interna residencial, es el medidor inteligente; dispositivo que además de realizar medición de la generación y/o consumo de energía eléctrica en la vivienda, permite medir información complementaria, como calidad de energía y parámetros del sistema de potencia residencial, proporcionando junto a esto, datos de fecha y hora de recolección de información, y referenciándolos con la etiqueta única de identificación; permitiendo así, leer información en tiempo real y comunicarla de forma segura a los proveedores de energía[2][11]. A continuación se listan las funciones más relevantes proporcionadas por el medidor:

- Medición y facturación bidireccional de la energía, permitiendo incorporar energía a la red en los momentos de exceso de generación local.
- Ejecución de comandos remotos y locales
- Integración de tarifas diferenciales por los proveedores de red, permitiendo al usuario gestionar el consumo en la vivienda de acuerdo a los precios de energía del mercado.
- Corte y reconexión remota del servicio de energía eléctrica para cualquier cliente.

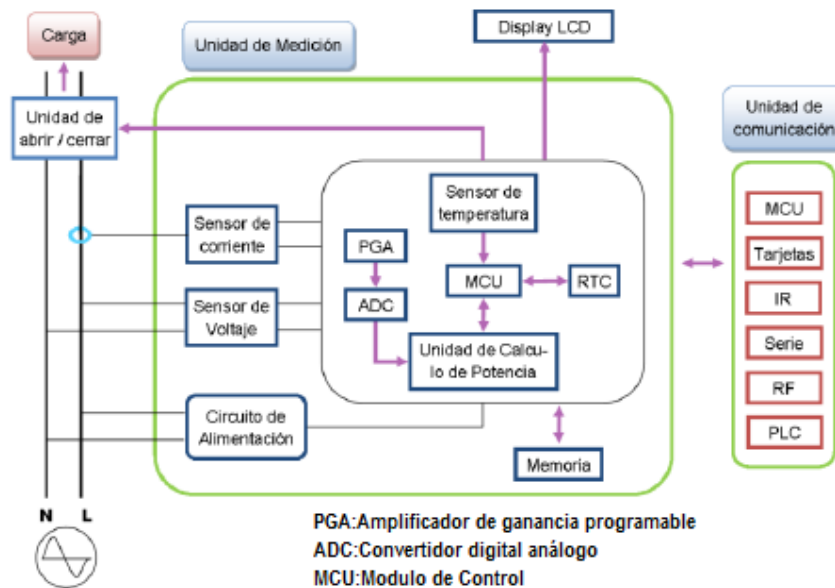
2.2.1.1 Características genéricas del medidor inteligente

El medidor inteligente está compuesto de diferentes módulos funcionales que operan de forma conjunta con el objetivo de llevar a cabo todas las prestaciones que ofrece a los usuarios en la vivienda inteligente. Los módulos mencionados se presentan en la *figura 14* y se describen a continuación:

¹⁶ Power Line Communication, se realiza la comunicación mediante el cable de potencia.

- *Módulo de control MCU:* Es la unidad central del medidor, su papel consiste en integrar a los demás módulos.
- *Módulo de potencia:* Proporciona de 5 a 3,3 (VDC) de alimentación para los diferentes módulos que integran el medidor, utiliza baterías como fuente de reserva para mantener los datos importantes.[12]
- *Módulo de medición:* Mide todo tipo de información de uso de energía y envía los datos al módulo de control, contiene los sensores de corriente y de tensión.
- *Módulo de comunicación:* Envía y recibe datos e instrucciones de funcionamiento, proporciona las interfaces de comunicación; ya sean físicas PLC, Ethernet, etc., o inalámbricas, ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth, etc

Figura 14. Módulos de funcionamiento del medidor Inteligente



Fuente:[12]

2.2.2 AMI y HEMS en el hogar

Los medidores inteligentes se deben incorporar en un escenario conjunto con la infraestructura de comunicaciones y dispositivos de control en el interior de la vivienda, ya que esta relación es la base de los requerimientos funcionales de una red inteligente¹⁷ para realizar las diferentes aplicaciones en el hogar. Esta situación se indica en la *figura*

¹⁷ Ver tabla 1

17 donde se representan los componentes de cada sistema en una estructura conjunta de interconexiones; en la cual se destacan dos elementos que aseguran la interoperabilidad y seguridad de toda la red inteligente [3].

Estos elementos se describen a continuación:

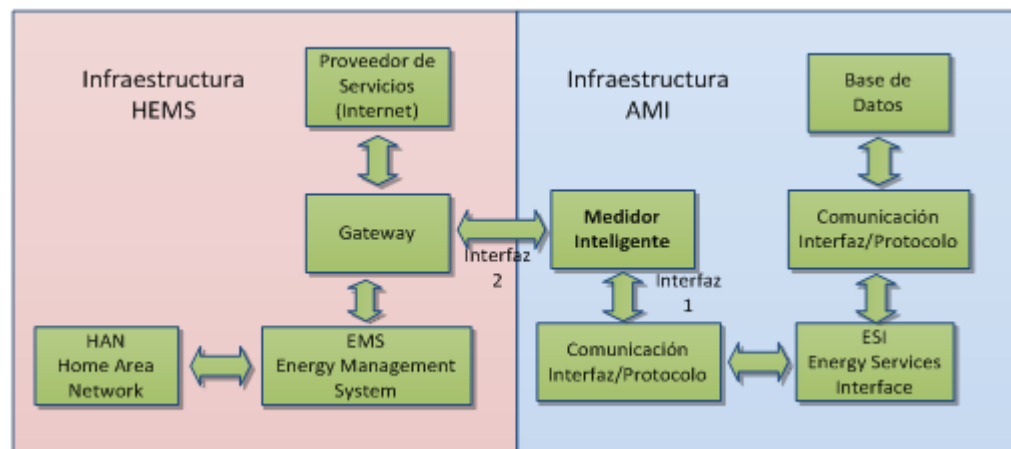
2.2.2.1 ESI (Energy Services Interface)

La interfaz de servicios de energía funciona como un dispositivo independiente y sirve como Gateway entre la infraestructura AMI y la HAN; ya que para establecer una conexión de comunicación segura entre los servicios públicos y la HAN, todos los dispositivos de la red interna asociados a la gestión energética deben registrarse a través de ESI en la red de servicios públicos. De este modo, los datos de control confidenciales o información confidencial podrían ser entregados a través de un canal seguro. Este dispositivo reside en un medidor inteligente.

2.2.2.2 EMS (Energy Management System)

El sistema de gestión de energía opera como puerta de enlace entre la HAN y otros componentes fundamentales de la vivienda inteligente, como las fuentes alternativas y el vehículo eléctrico; controla la generación, el consumo y el almacenamiento de la red inteligente aparte de proporcionar un canal seguro desde la interfaz externa (internet) a la red interna para el propósito de acceso remoto; normalmente reside en el Gateway [3].

Figura 15. Estructura de medición inteligente en el hogar



2.3 FUENTES ALTERNATIVAS

La energía fotovoltaica ha surgido en los últimos años como una opción importante para la generación de energía eléctrica y la preservación del medio ambiente debido a su naturaleza limpia y renovable. Aunque existen grandes centros de generación solar, la utilización de esta a pequeña escala es ideal y muy utilizada por el fácil montaje y operación en lugares apartados donde el proveedor convencional no tiene presencia.

Por motivos ambientales y de demanda energética, la transformación que está viviendo la red eléctrica a enfoques de generación más distribuida, requiere un mayor protagonismo de los sistemas fotovoltaicos. Conceptos nuevos como redes inteligentes han encontrado en la energía solar un gran aliado para su objetivo de tener un mejor manejo energético en el planeta.

La implementación de los sistemas fotovoltaicos ha ganado muchos adeptos, principalmente en Europa en países como Alemania, España y otros no europeos que son Estados Unidos y Japón; lo cuales tienen grandes cantidades de potencia instalada en este campo. En los últimos años la tendencia de los mercados están fluyendo hacia otros países como China e India, los cuales disponen de un gran potencial para nuevas instalaciones solares, en otras regiones como sudeste de Asia, norte de África, oriente medio y Latinoamérica también se prevé un amplia aplicación ¹⁸.

Por su parte Colombia se alinea con los esfuerzos mundiales por la preservación del medio ambiente con la expedición de la LEY 1715-2014; que establece un marco legal para fomentar las iniciativas, investigación y desarrollo de tecnologías limpias. Bajo este escenario el gobierno nacional implementará los sistemas fotovoltaicos en estratos bajos como medida de subsidio e impulsará las instalaciones en los centros urbanos con el fin de desarrollar la generación distribuida en el país.

Las instalaciones fotovoltaicas residenciales tiene la gran ventaja de reducir el consumo energético de la red de distribución, lo que genera un beneficio económico. La implementación de este sistemas en las viviendas inteligentes con el objetivo de tener mejor gestión energética representa beneficios que van más allá del ahorro económico, al ser una fuente de energía amigable con el medio ambiente y poder contribuir a la gran

¹⁸ <http://www.renewables-made-in-germany.com/es/renewables-made-in-germany-pagina-de-inicio/energia-fotovoltaica/energia-fotovoltaica/perspectivas.html>

demanda energética generada a causa del aumento poblacional mundial por medio de la generación distribuida desde los hogares.

2.3.1 Instalaciones solares residenciales

- a. Instalaciones autónomas (off-grid):** Este tipo de instalación generalmente existe en zonas no interconectadas, donde la red eléctrica convencional no tiene presencia. Esta clase de configuraciones obliga tener acumuladores los cuales suministran energía en momentos donde la incidencia de radiación es nula o baja, como la llegada de la noche o nubosidades.
- b. Instalaciones conectadas a la red (grid-tie):** Estas instalaciones no cuentan con baterías. En momentos que la generación de energía fotovoltaica es mayor que el consumo, el excedente se inyecta a la red. Cuando la generación es menor que el consumo, la red eléctrica suple esta demanda. Para ello es necesario un medidor bidireccional
- c. Instalaciones híbridas (grid-tie, off-grid):** Las instalaciones híbridas son una combinación de las dos configuraciones nombradas anteriormente, esta instalación presenta acumuladores y medidores bidireccionales. Cuando se presenta excedente de energía se almacena en las baterías, en dado caso que el acumulador este al 100% de su capacidad, la energía se inyecta a la red. Por lo dicho anteriormente la instalaciones híbridas presenta una gestión energética acorde a las necesidades del siglo XXI en materia de energía, siendo la más acordes para una vivienda inteligente.

2.3.2 Componentes del sistema fotovoltaico residencial

2.3.2.1 Paneles solares

También llamados módulos fotovoltaicos, están formados por celdas solares conectadas eléctricamente, encargadas de convertir la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. En sistemas residenciales se manejan niveles de tensión de 6, 12, 24 [V]. En el mercado se encuentran distintas clases de paneles solares que se diferencia por la tecnología con las que fueron fabricadas sus células fotovoltaicas, los más conocidos son los siguientes:

- Silicio cristalino: monocristalino, policristalino

- Silicio amorfo
- Placas solares de capa fina

2.3.2.2 Regulador de carga

El regulador o controlador de carga es usado en instalaciones autónomas donde tiene un papel importante, siendo este el controlador del sistema fotovoltaico; este dispositivo es el que conecta los módulos fotovoltaicos con el banco de baterías y la carga dentro del hogar. Protege a los acumuladores de sobrecargas y descargas profundas, del mismo modo aísla los paneles de las baterías previniendo flujos de corriente hacia los paneles evitando su deterioro, gestiona el momento donde los acumuladores suplen la demanda energética. En instalaciones “off-grid” la gestión de energía por medio del regulador de carga permite el máximo aprovechamiento de la energía eléctrica al menor costo. En instalaciones híbridas el regulador no posee tantas funciones debido a que solo se limita a controlar la carga de las baterías, recayendo la gestión del sistema sobre el controlador del sistema.

2.3.2.3 Acumuladores

Los acumuladores tienen como función almacenar la energía generada por los paneles solares, para liberarla cuando sea requerida por el sistema. Las baterías basan su funcionamiento en un proceso químico reversible denominado reducción-oxidación o redox, donde reciben la energía eléctrica y la convierte a energía química para su almacenamiento, en el proceso de descarga se invierte el procedimiento. En el mercado se encuentra diferentes tipos de baterías

- Plomo ácido
- Níquel-cadmio (NL-Cd)
- Níquel - metal hydride (NL-Mh)
- Ion litio (Li ion)

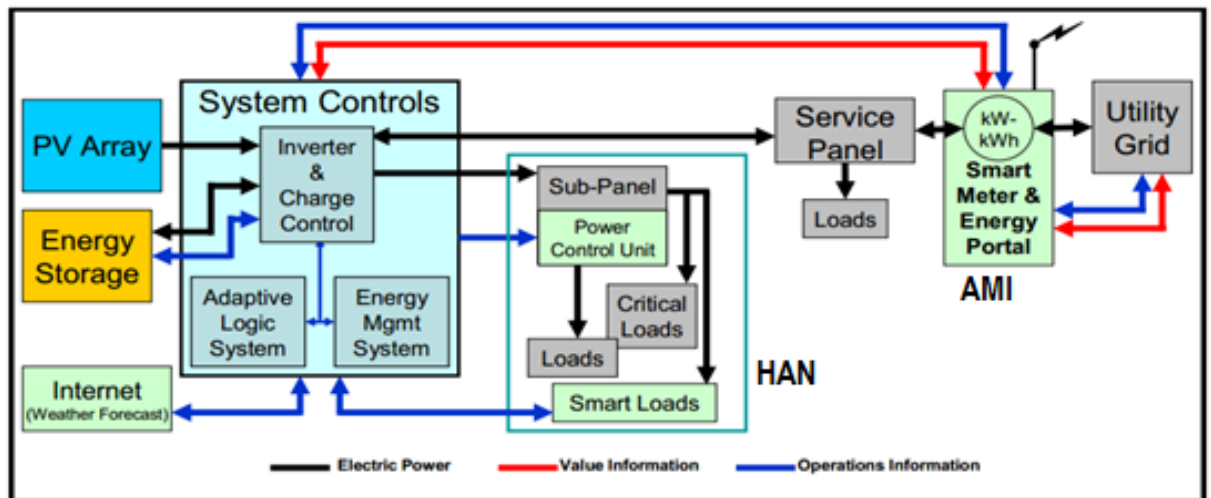
La implementación de cada una depende de las condiciones de trabajo. En instalaciones donde el acumulador se somete a descargas profundas es recomendable elegir *baterías tubulares estacionarias* como ocurre en instalaciones autónomas. Para instalaciones pequeñas y donde no se pueda hacer un mantenimiento periódico se recomienda *baterías de gel*; teniendo cuidado de no someter la batería a profundos ciclos de descarga.

Fuente: http://clevertec.co.za/Hybrid_Sketch.html

2.3.3. Arquitectura del sistema fotovoltaico.

Para la introducción de sistemas fotovoltaicos en escenarios de redes inteligentes es necesario una arquitectura que permitan la gestión de la energía y la interacción con la red pública; permitiendo la adaptación del sistema residencial a los cambios tarifarios, a las fallas eléctricas, a cortes del servicio por parte del operador público, etc., generando un sistema altamente independiente y flexible, debido a la capacidad de almacenamiento que posee. Esta arquitectura como se muestra en la *figura 17* debe estar conformada por los sistemas HEMS y AMI analizadas anteriormente, lo que genera una integración de servicios enfocados hacia la gestión energética y la calidad de vida del usuario.

Figura 17.Arquitectura del sistema fotovoltaico



Fuente: [21]

En la gráfica anterior se muestra la arquitectura genérica de una instalación híbrida fotovoltaica grid-tie off-grid residencial; los componentes del sistema de control mostrados en esta, se pueden implementar en elementos hardware independientes, respetando las conexiones mostradas. Se evidencia que el EMS (Energy Management System) definida en el numeral 2.2.2 y que normalmente se encuentra en el Gateway; realiza la gestión entre la HAN y el sistema fotovoltaico.

2.4 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Las redes inteligentes es una solución que implementarlas requiere grandes cambios tanto culturales como de infraestructura energética. Tecnologías como fuentes renovables, carros eléctricos, domótica, entre otras; son conceptos que han convergido en el desarrollo de dichas redes.

Los carros eléctricos es una solución para la problemática ecológica y de movilidad en las grandes ciudades, por lo que la integración de estos vehículos a la red inteligente necesita una infraestructura para proveerles la energía de funcionamiento. Esta infraestructura se puede encontrar en aparcamientos, centros especializados para este servicio llamados electrolíneas y en el hogar.

Los hogares inteligentes juegan un papel importante en mitigar el impacto que genera la entrada de carros eléctricos al mercado, los cuales representa una demanda de energía importante para el sistema eléctrico, por lo que la optimización en el uso de energía en el momento de carga del vehículo ayuda aplanar la curva de demanda.

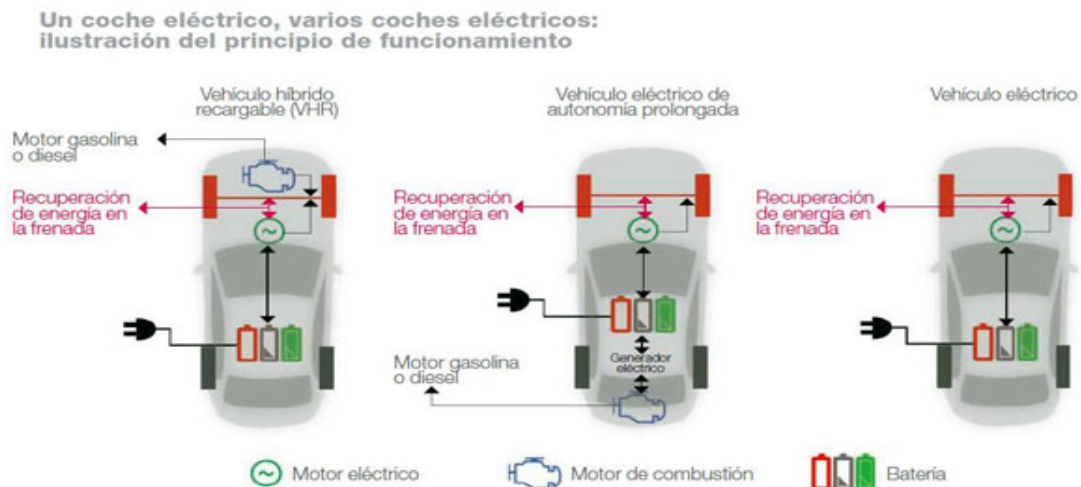
2.4.1 Tipos de vehículos eléctricos

Se entiende como vehículo eléctrico aquel que su tracción es impulsada por medio de uno o más motores eléctricos. El carro eléctrico está compuesto por un equipo de recarga (algunos carros no lo tienen incorporado), las baterías y el motor eléctrico. Se divide según el grado de participación del motor eléctrico y la posibilidad de carga en tres tipos principalmente, los cuales se muestran en la *figura 18* y se listan a continuación:

- a. **Vehículo eléctrico EV (*Electric Vehicles*):** Dispone de uno o más motores eléctricos los cuales le dan movimiento al automóvil, el suministro de energía solo se lo proporciona la batería que tiene incorporada, la cual se recarga desde la red eléctrica.
- b. **Vehículo híbrido recargable HEV (*hybrid EV*):** Este vehículo tiene incorporado dos clases de motor; uno eléctrico y el otro de combustión interna, su funcionamiento puede ser simultáneamente o alternado. Posee una batería que se recarga de la red para luego alimentar al motor eléctrico.

- c. **Vehículo eléctrico de autonomía prolongada-REV (*range-extended EV*):** su tracción funciona únicamente a motor eléctrico, pero tiene incorporado un generador a diesel o gasolina abasteciendo de energía la batería. Este tipo de vehículo también se carga de la red eléctrica.

Figura 18. Tipos de vehículos eléctricos.



Fuente: <http://sabescomohacerlo.com/966/como-funciona-el-vehiculo-electrico/>

2.4.2 Tipos de cargas

Los tipos de cargas están referenciados al tiempo de recarga de las baterías del vehículo eléctrico y que están asociadas a la potencia de consumo, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 5. Tipos de cargas de vehículos eléctricos

TIPO DE CARGA	CENTRO DE CARGA	POTENCIA (kW)	TENSIÓN	AMPERIOS	CORRIENTE	TIEMPO DE RECARGA
Carga lenta	Domicilio	Hasta 1,9	120 V fase	12 A	AC	6h-8h
Carga semi-rápida	Domicilio, Parqueadero público o privado	Hasta 19,2	208 a 240 V	32 A	AC	2h-4h
carga rápida	Electrolineras	Hasta 80	Hasta 600 V	hasta 400 A	DC	15 min- 30 min

Analizando la tabla anterior, el tipo de carga a implementar en el hogar inteligente es la lenta, debido a los nivel de tensión y potencia manejada en una vivienda unifamiliar

promedio colombiana¹⁹; entendiendo que adoptar otro tipo de carga se tendría que realizar modificaciones a la red de distribución actual, ampliando la potencia instalada debido a la importante demanda que soportarían.

2.4.3. Modos de carga

Los modos de carga hacen referencia a la forma de conexión y comunicación entre la estación de carga y el vehículo eléctrico; lo cuales se definen en la siguiente tabla.

Tabla 6. Modos de carga del vehículo eléctrico

Modo 1	Modo 2
No existe comunicación entre el vehículo y la fuente de corriente, la toma debe presentar protección el cual debe ser un interruptor automático de corriente residual. Este tipo de carga se realiza normalmente en scooters y carros pequeños. En algunos países como Estados Unidos la carga modo 1 está prohibida mientras que en Italia solo está permitida para propiedad privada.	Se utiliza un conductor equipado con ICCB (caja de control con cable de interconexión) el cual tiene la función de proteger y controlar la corriente residual. Recomendado para carga doméstica y utilización esporádica o de emergencia por lo que también puede ser una estación de carga portátil. En el escenario colombiano la carga se limita a 10 [A] ²⁰
Modo 3	Modo 4
Este modo de carga ofrece control y comunicación entre la estación de carga y el vehículo eléctrico, es necesario utilizar un cable adicional entre el toma y el vehículo. Este modo garantiza una mayor seguridad y un mejor funcionamiento.	A diferencia de los tres anteriores el sistema de carga se encuentra situado dentro de la estación y no en el carro, por lo que este es cargado con DC. Este modo de carga es utilizado para carga rápida.

Tabla 7. Relación modo de carga/velocidad de carga

MODO DE CARGA	VELOCIDAD DE CARGA	SEÑAL DE CONTROL	PROTECCIONES
1	Lenta	No	Diferencial y magneto-térmica
2	Lenta	Si	Diferencial y magneto-térmica
3	Lenta o semi-rápida	Si	Incluidas en la infraestructura para VE
4	Rápida	Si	Incluidas en la infraestructura para VE

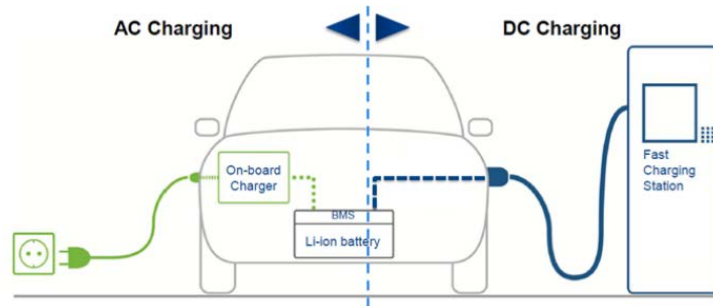
Los modos carga 1, 2 y 3 se realizan con corriente alterna situando los elementos convertidores de energía dentro del carro eléctrico, para el modo de carga 4 es

¹⁹ Ver tabla 14

²⁰ RITEL, pag 107.

necesario utilizar corriente continua realizando el proceso de conversión energético en la estación de carga, evitando ubicar estos dispositivos dentro del automóvil.

Figura 19. Carga en AC y DC de un vehículo eléctrico



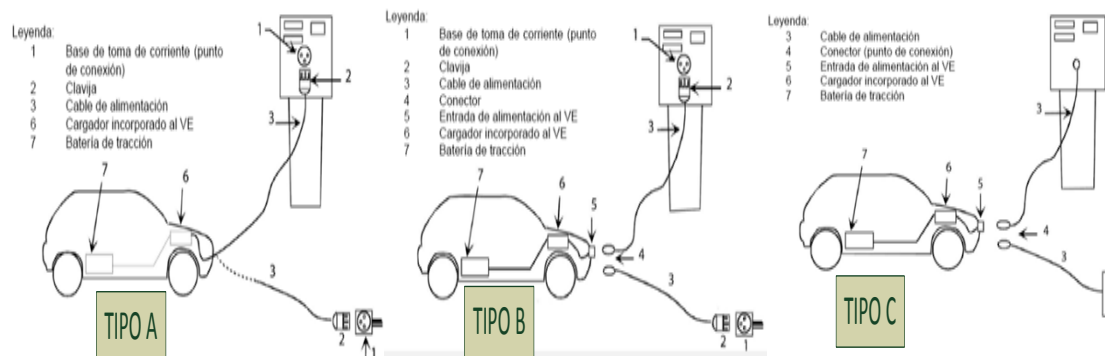
Fuente: Mapa tecnológico movilidad eléctrica, observatorio tecnológico de energía.

2.4.4. Tipos de conexión

La conexión entre el vehículo eléctrico y la red eléctrica se puede hacer de tres formas:

- a. **Conexión caso A:** Entre el vehículo eléctrico y la red de AC, se utiliza un cable de alimentación con su clavija permanente conectado al vehículo eléctrico
- b. **Conexión caso B:** Entre el vehículo eléctrico y la red de AC, se utiliza un cable de carga con conectores o clavijas en los dos extremos que se puede desmontar.
- c. **Conexión caso C:** Entre el vehículo eléctrico y la red de AC, requiere un cable de alimentación y un conector del vehículo permanente unidos al equipo de alimentación. Este caso es el único permitido para el modo 4 de carga.

Figura 20. Tipo de conexión del vehículo eléctrico



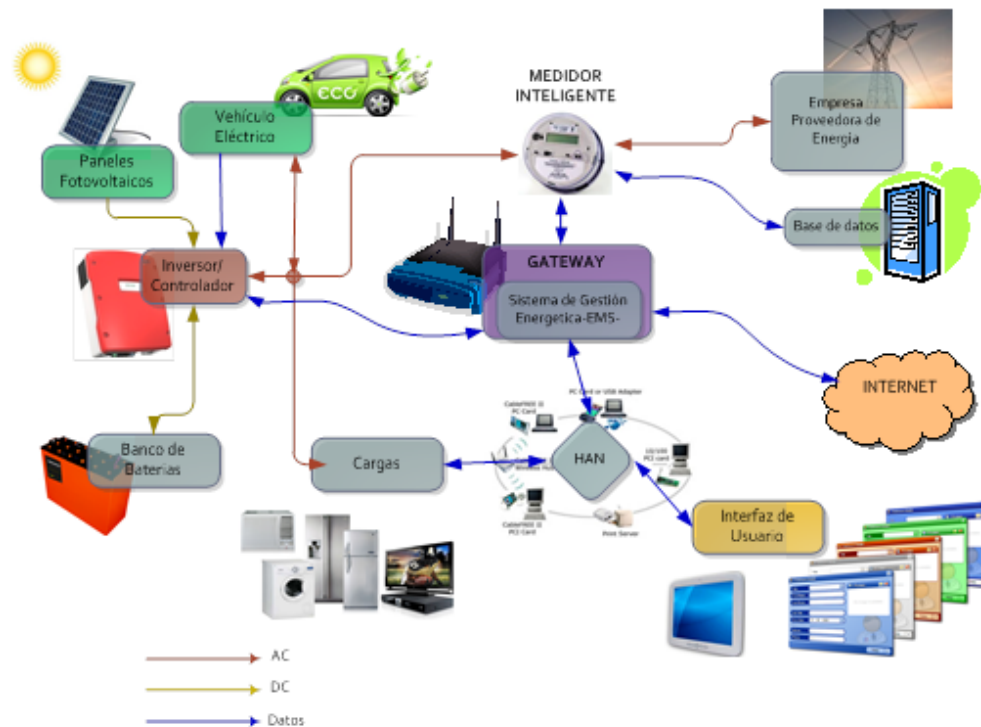
Fuente: Dr. Carmen Montañés Fernández, La Recarga de Baterías Eléctricas de VE en Locales privados, MM

3. TOPOLOGÍAS Y CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DOMÉSTICOS.

En la siguiente figura se muestra la topología genérica de una vivienda inteligente, la cual reúne la información y componentes necesarios para acceder a los servicios y aplicaciones de confort, gestión energética y seguridad. De las características que se pueden destacar es el flujo bidireccional de la energía y de las comunicaciones existentes en las redes internas, y que posibilita tanto el intercambio de información con los diferentes proveedores de servicios, como la inyección de potencia al sistema de distribución local; permitiendo de esta manera, el manejo consiente y seguro de la energía eléctrica por parte de los usuarios residenciales.

La topología propuesta muestra la forma de interacción de los dispositivos actuantes en el sistema, presentando a grandes rasgos el funcionamiento de la red inteligente y de la integración de los sistemas HEMS, AMI, fuentes de energía alternativa y vehículos eléctricos; analizados como pilares de una *Smart Home* en el capítulo anterior.

Figura 21. Topología genérica de la vivienda inteligente



3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES

La clasificación de los sistemas inteligentes domésticos puede estar orientada con las características de formación de la red de control, es decir, según la arquitectura y topología utilizada, al medio, y a la tecnología empleada para la comunicación de los dispositivos; siendo esta última la base para el funcionamiento de dicha red; ya que establece las directrices de operación y la forma de implementación de los elementos encargados para el control y la monitorización de la vivienda.

3.1.1 Estructura de la red de control

La estructura de la red de control se refiere tanto a la disposición física y lógica de la red y a los elementos que la conforman, como al modelo de gestión u operación del sistema inteligente; por tal motivo, la estructura se puede clasificar en dos conceptos igualmente importantes y que definen el modo de operación de la red inteligente: la topología y la arquitectura [6], las cuales se analizan a continuación.

3.1.2 Topología de la red

La topología se emplea para referirse a la disposición geométrica de las estaciones de una red y a los cables que las conectan, definiendo el trayecto seguido por las señales de control y de comunicación; establece un orden de conexión que permite y facilita la unión de los dispositivos, permitiendo determinar los requerimientos estructurales en el interior de la vivienda para soportar el trazado y la construcción física de dicha red.

Para determinar la topología más apropiada en una red, se deben tener en cuenta las características de cada una de estas, tanto en la parte operacional como estructural. A continuación se presentan los tipos de topologías más utilizadas en la red inteligente.

3.1.2.1 Topología en estrella

Es uno de los tipos más antiguos y utilizados de topología. Se caracteriza porque en ella existe un nodo central (hub central) a la cual se conectan todos los equipos; por tanto, todas las comunicaciones entre nodos deben pasar por el elemento central que se encarga de redireccionar dicha información. En cuanto al control, los dispositivos de entrada (sensores) y los de salida (actuadores) están cableados hasta la central de

gestión, donde se efectuá el tratamiento de los datos del conjunto. A continuación se presentan algunas características de esta topología:

Ventajas.

- La falla de un nodo no causa problemas de funcionamiento al resto de la red.
- La detección y localización de averías es sencilla.
- Es posible conectar terminales no inteligentes, ya que el nodo central tiene capacidad de proceso; por lo anterior es un sistema económico.

Inconvenientes.

- La distancia que cubre está limitada por los medios de comunicación utilizada.
- La avería del nodo central supone la inutilización de la red.
- Se necesita longitudes grandes de cableado, ya que dos estaciones cercanas entre sí, pero distantes del nodo central, requieren cada una un cable individual.
- Admite un número reducido de dispositivos; dado que cada canal requiere una línea y una interfaz al nodo principal.

3.1.2.2 Topología en bus.

Todos los elementos del sistema (sensores, actuadores y nodos) están ligados sobre una línea (cable) que describe el conjunto o una parte de la red. Esta línea de bus recibe el nombre de “*Backbone Cable*”, el cual es un elemento pasivo, por lo que no se reproduce regeneración de la señal en cada nodo. Algunas características se muestran a continuación.

Ventajas

- Simplicidad en el trazado, ya que no existe acumulación de cableado en lo referente a un grupo de elementos.
- Pueden añadirse nuevas estaciones sin necesidad de reconfigurar la red hasta el máximo permitido por la capacidad del sistema.
- Para evitar que el cable sea un punto débil, se emplean cables duales (par de cables).
- Admite una cantidad numerosa de dispositivos, incluso de naturaleza heterogénea.

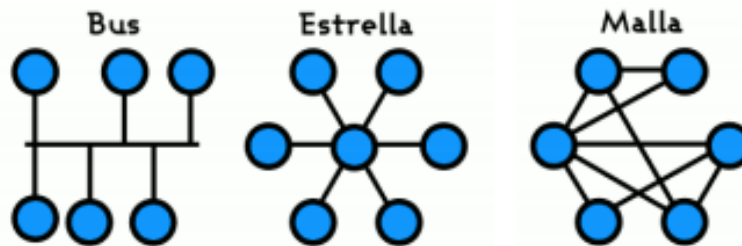
Inconvenientes

- Todos los nodos han de ser inteligentes, ya que manejan el medio de comunicación compartido.
- Debido a que la información fluye bidireccionalmente en el bus hasta encontrar el destino, la posibilidad de interceptación por usuarios no autorizados es mayor que la red en estrella.

3.1.2.3 Topología en malla (Mesh network).

En las redes en forma de malla existen diferentes nodos que permiten el envío de los datos por distintos caminos. Cada nodo puede enviar y recibir mensajes, además de tener la capacidad de reenviar mensajes de sus vecinos. Generalmente este tipo de topología se utiliza en sistemas inalámbricos, ya que el cableado aumentaría enormemente el costo de la instalación.

Figura 22. Topologías utilizadas en sistemas de control.



Fuente: [22]

3.1.3 Arquitectura de la red.

El concepto de arquitectura se refiere a la forma en que se realiza la gestión de una instalación, es decir, depende de la ubicación de la “inteligencia” en la red. Básicamente existen dos arquitecturas para construir un soporte real de la instalación de un sistema de control: Arquitectura centralizada y arquitectura distribuida [6].

3.1.3.1 Arquitectura centralizada

Un sistema es centralizado cuando existe un nodo central que funciona como “pulmón” de la instalación, el cual dispone de las funciones de control y mando, que se encargan de comunicarse con elementos de adquisición de datos para recibir el estado de la instalación a través de sensores, o para enviar órdenes a los equipos que la

componen a través de actuadores. Los elementos de adquisición de datos están distribuidos a lo largo de la vivienda y lo más cerca posible de los equipos a automatizar. La topología típica de la arquitectura centralizada es la estrella, en la cual todos los dispositivos se conectan a la unidad central independiente mediante conexiones individuales y particularizadas. Este tipo de sistemas suelen ser más económicos, y son los más indicados para pequeñas instalaciones²¹.

Ventajas

- Costo reducido o moderado.
- Fácil uso y formación.
- Instalación sencilla.

Desventajas

- Cableado significativo
- Sistema dependiente del funcionamiento óptico de la central
- Difícil de ampliar

3.1.3.2 Arquitectura distribuida

Un sistema de control es distribuido cuando no existe obligatoriamente un microprocesador central, sino que a lo largo de la instalación y conectados en bus, se encuentran los módulos “inteligentes” (con microprocesadores) que controlan directamente los sensores y los actuadores que requiere cada equipo; por lo que la inteligencia del sistema está localizada en cada dispositivo terminal, en donde cada uno de estos poseen acceso físico directo a una serie limitada de elementos de red.

Es necesaria una misma tecnología de comunicación para que todos los módulos produzcan una acción coordinada.

Ventajas

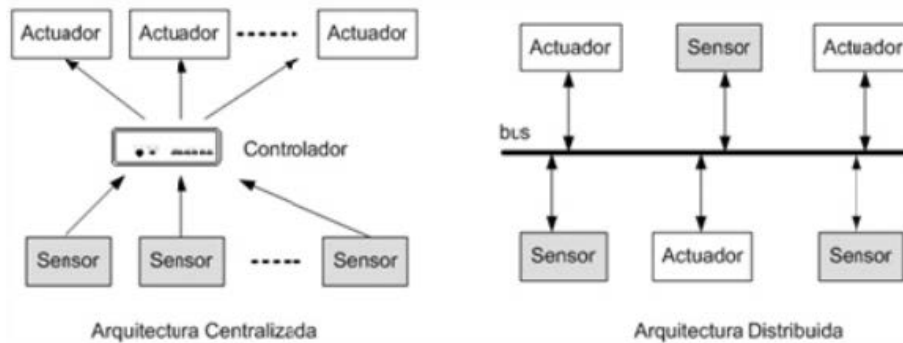
- Seguridad de funcionamiento.
- Posibilidad de rediseño de la red
- Fácil de ampliar.
- Cableado moderado.

²¹ GUERRERO, José, (2010), Diseño de una instalación domótica con tecnología LonWorks, Universidad Politécnica de Cartagena,

Inconvenientes

- Requiere programación

Figura 23.Arquitecturas de comunicaciones.








Fuente: [13]

3.1.4 Medios de transmisión

El medio de transmisión se encarga de soportar las comunicaciones entre los dispositivos que conforman la red de control; en algunas tecnologías este mismo medio también suministra la alimentación requerida por el dispositivo²².

Los medios de comunicación empleados para la implementación de redes internas inteligentes se clasifican en la *figura 24*

Figura 24.Medios de comunicación implementados para la red inteligente.

Cableados (Cableado Especifico)			PLC Power Line Communication	Inalámbricos
Par Trenzado-TP	Fibra Óptica-FO	Cable Coaxial-CX	Cable de Potencia-PL	Radiofrecuencia-RF
 <small>http://davidmoro.wordpress.com/</small>	 <small>http://www.tuexpertoit.com/</small>	 <small>http://support.brighthouse.com/</small>	 <small>http://instalacionselectricasmci.blogspot.com/</small>	 <small>http://www.egomexico.com/ff.htm</small>

En el momento de optar por uno u otro medio de transmisión, se deben analizar los diferentes aspectos que dependen de las necesidades de la instalación. En la *tabla 8* se

²² KNX, LonWorck

comparan los medios de transmisión más utilizados en comunicaciones en función de cinco factores importantes.

Tabla 8. Comparación de medios de transmisión.

	Facilidad instalación	Privacidad	Ancho de banda	Inmunidad a interferencias	Portabilidad
PL	****	*	*	*	----
TP	**	****	***	***	----
FO	*	****	****	****	----
RF	***	***	***	*	****
CX	*	****	****	****	----

Fuente:[6]

PL: Línea de potencia, **TP:** Par trenzado, **FO:** Fibra óptica, **RF:** Radiofrecuencia, **CX:** Cable coaxial.
 (*) Bajo, (**) Medio, (***) Bueno, (****) Excelente.

De la anterior tabla se puede concluir lo siguiente:

- Si la prioridad es la facilidad de la instalación, en caso de viviendas existentes, se puede recurrir a la propia línea de potencia (PL), aunque es un medio poco apto para implementar las comunicaciones debido a las posibles interferencias.
- En una vivienda en fase de construcción se puede realizar un tendido de par trenzado (TP), que supone mejores prestaciones con costo reducido.
- La implementación de comunicación con fibra óptica es precisa para la seguridad y capacidad de transporte, sin embargo, debido a los bajos requisitos de ancho de banda de la red de control, la incorporación de fibra óptica sería bastante costosa.
- Si se prefiere contar con unidades portátiles y de fácil instalación, se puede recurrir a la radio frecuencia.

3.1.5 Tecnología de comunicaciones en la red inteligente.

Generalmente se pueden definir las tecnologías de comunicación como un conjunto de herramientas, soporte y canales para el tratamiento y acceso a la información, que permite almacenar, registrar y difundir contenidos informacionales²³.

Desde un punto de vista técnico, las tecnologías de comunicación están conformadas por *protocolos de comunicación*, los cuales establecen el idioma o el formato de los mensajes que los diferentes elementos de control del sistema deben utilizar para intercambiar información de una manera coherente.

En el mercado existe proliferación de protocolos que son utilizados para el control de la vivienda inteligente, sin embargo, muchos de ellos son de carácter privado, diseñados y usados por compañías con el fin de atender solo sus propias aplicaciones. A continuación se muestra esta situación, donde se clasifican las tecnologías de comunicación en tres elementos; protocolos privados, protocolos abiertos y protocolos estandarizados. Se muestra en la *figura 25* algunos de los protocolos utilizados para el control y la monitorización de la vivienda inteligente.

- a) **Protocolos privados:** Son aquellos que desarrollados por una empresa, solo son capaces de comunicarse entre sí y son de uso exclusivo de sus clientes.
- b) **Protocolo abierto:** Es aquel que es conocido por todas las empresas y los usuarios, disponen de información y documentación necesaria para su implementación (por ejemplo Ethernet, TCP/IP, etc)
- c) **Protocolo estandarizado:** Protocolo abierto adoptado voluntariamente o desarrollado por una organización de normalización o un departamento de gobierno; son utilizados por una multitud de empresas y sus productos son compatibles entre sí. La utilización de un protocolo estandarizado conlleva a que la red puede contener dispositivos de empresas diferentes, lo que permite la compatibilidad, interoperabilidad y la creación de un sistema flexible para el usuario.

²³<http://www.monografias.com/trabajos37/tecnologias-comunicacion/tecnologias-comunicacion.shtml#queson>.

Figura 25. Protocolos de comunicación para red inteligente.



Fuente: Modificado de [6]

3.2 SISTEMAS COMERCIALES

Como se expresó anteriormente, una red interna inteligente se puede diseñar y construir con cualquier protocolo existente en el mercado, ya sea utilizando protocolos privados o protocolos estandarizados; requiriendo indiferentemente del caso, una estructura interna que soporte el trazado de dichas redes y que facilite la instalación de sus componentes. Sin embargo, para implementar un soporte genérico de una red inteligente residencial, es necesario el análisis de sistemas comerciales que operen de forma diferente, con el fin de presentar soluciones generales de infraestructura que le proporcione al usuario una vivienda flexible y acorde a sus necesidades.

Por lo tanto en la *tabla 9*, se muestran clasificadas algunas tecnologías usadas para el control de la vivienda, de acuerdo a su forma de operación y a las compañías que la

implementan²⁴. La selección que se muestra posteriormente está basada tanto en estudios externos²⁵, que han evidenciado la penetración de estos sistemas en el mercado internacional, como en la desigualdad de su topología, ya que como se dijo anteriormente, permite diseñar infraestructuras genéricas para las necesidades del usuario.

Tabla 9. Clasificación de tecnologías.

Medio Utilizado	Corriente Portadora (PLC)	Cableados		Inalámbricas
Tecnología	X-10, X2D	1. KNX/EIB 2. LonWorks ²⁶	1. Simon Vis 2. Zelio Hogar	ZigBee
Arquitectura	Distribuida	Bus Distribuida ²⁷	Estrella Centralizada	Centralizada
Carácter	Estándar	Estándar	Privado	Estándar
Compañías	Leviton Manufacturing, General Electric, IBM, C&K, etc.	1. ABB, Gewiss S, SCHNEIDER Electric, Simens, etc. 2. Echelon, ESUSA, Philips, etc.	1. Simon, España. 2. Schneider Electric.	EnergyHub, General Elctric, Control4, HAI, Schneider Electric, Tendril, etc.

Cabe mencionar que el análisis de estas tecnologías estará enfocado desde la perspectiva de diseño y construcción, es decir, con énfasis en los elementos que la conforman y la topología implementada.

3.3 CORRIENTES PORTADORAS.X-10

X-10 es uno de los protocolos más antiguos utilizados para la automatización y control en la vivienda en Estados Unidos; esta tecnología de corrientes portadoras fue desarrollada entre 1976 y 1978 por ingenieros de Pico Electronics Ltd, Escocia; con el objetivo de transmitir datos por las líneas de baja tensión a muy bajas velocidades (50/60 bps) y

²⁴ El anexo C se muestran más tipos de tecnologías con algunas características importantes.

²⁵ [3] [6] [13]

²⁶ KNX y LonWorks soporta todos los medios, sin embargo el par trenzado es el más común.

²⁷ KNX no permite topologías cerradas, a diferencia de LonWork que es de topología libre.

costos bajos, ya que al usar las líneas de fuerza de la vivienda, no es necesario tender nuevos cables para conectar los dispositivos²⁸.

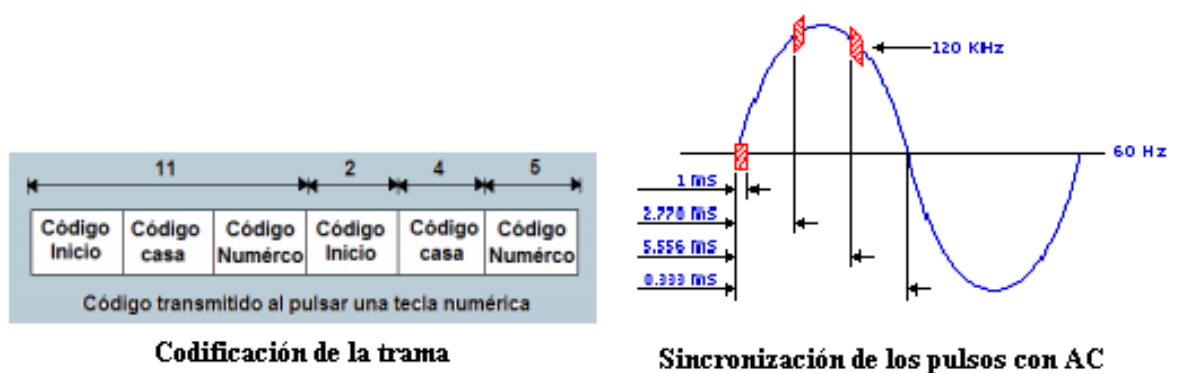
El sistema X-10 consta de una gama de transmisores que permiten realizar tareas en diversos campos (seguridad, control de iluminación, automatización del hogar o controladores de uso general), y una gama de receptores que reaccionan a los comandos enviados por los transmisores. Por ser una tecnología madura ha sido desarrollada para ser flexible y compatible, con la posibilidad de mantener comunicación con dispositivos de hace 20 años [6].

3.3.1 Funcionamiento

Las señales de control de X-10 se basan en la transmisión de ráfagas de pulsos que representan información digital. Estos pulsos se sincronizan en el punto de cruce por cero de la señal de red (50 Hz o 60Hz). Un "1" binario se representa por un pulso de 120 kHz durante 1 milisegundo, en el punto cero, y el "0" binario se representa por la ausencia de ese pulso. Este pulso de 1 milisegundo se transmite tres veces para que coincida con el paso por cero en las tres fases para un sistema trifásico.

La transmisión completa de un código X-10 necesita once ciclos de corriente, los cuales se especifican en la *figura 26* donde se muestra de igual modo la sincronización de los pulsos.

Figura 26. Codificación y sincronización del protocolo X-10



Fuente: [6]

²⁸ Luis E. Marsal Pederzani, "Protocolo X10", Universidad Católica Nuestra Señora de Asunción., Departamento de Ingeniería Electrónica e Informática

3.3.2 Elementos del sistema

El sistema posee diferentes módulos que permiten diferentes aplicaciones, estos se mencionan a continuación y se pueden observar su aplicación en el anexo c.

- a) **Módulo aparato X-10.** Relé controlado remotamente que permite controlar el encendido y apagado de circuitos con varios interruptores de pared.
- b) **Módulo de lámpara.** Permite controlar el encendido, apagado y atenuación de circuitos con varios interruptores de pared como la iluminación del salón.
- c) **Módulo interruptor de pared.** Además de ser utilizado desde cualquier controlador X-10 puede ser utilizado como interruptor de pared normal.
- d) **Filtros y acopladores de fase.** Suprimen las interferencias activas o pasivas que pueden afectar a las señales de pulsos de alta frecuencia.

3.3.3 Topología del sistema.

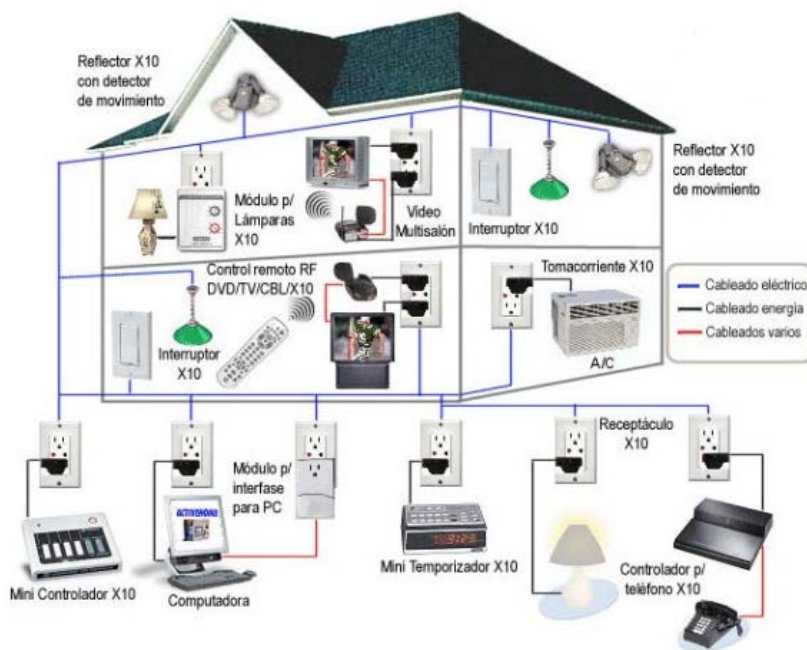
Como se puede apreciar en la *figura 27* la topología del sistema es distribuida, en donde los elementos de la red se conectan a las tomas de CA existentes en el hogar, lo que genera una fácil instalación del sistema, siendo ideal para viviendas ya existentes; en consecuencia, la implementación de esta tecnología en el hogar no requiere pautas y diseños nuevos de construcción orientados a la red de control, ya que esta se forma en la misma red eléctrica, las cuales se establecen con base en las especificaciones dadas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, apoyado en la norma NTC2050.

3.4 BUS DISTRIBUIDO-KNX

KNX es el estándar creado por la asociación *Konnex Association*, ahora *KNX Association* la cual fue fundada en 1999 por los miembros de las siguientes asociaciones.

- BatiBus Club International (BCI)
- European Installation Bus Association (EIBA)
- European Home Systems Association (EHSA)

Figura 27. Topología Red X-10



Fuente: [6]

El objetivo principal de esta asociación es promover el estándar KNX para aplicaciones de campo en viviendas y edificios, la cual está basado en la tecnología firmemente establecida EIB y ampliada con los mecanismos de configuración y los medios físicos de BatiBus y EHS²⁹, con la visión de crear un único estándar europeo que sea capaz de competir con calidad, prestaciones y precios con otros sistemas norteamericanos como LonWorks o CEBus³⁰.

KNX es el único estándar mundial para el control de viviendas y edificios, ya que está aprobado como³¹:

- Estándar Europeo (CENELEC EN 50090 Y CEN EN 13321-1)
- Estándar Internacional (ISO/IEC 14543-3)
- Estándar Norteamericano (ANSI/ASHRAE 135)
- Estándar Chino (GB/T 20965)

²⁹ KONNEX ASSOCIATION, Introduction to KNX and Konnex

³⁰ AUNA FUNDACION, Tecnologías y actividades de estandarización para la interconexión de Home Networks, Anexo A-Descripción de tecnologías para telecontrol.

³¹ <http://www.knx.org/es/knx-estandar/introduccion/>

3.4.1 Características técnicas

El estándar KNX permite a cada fabricante la libre elección entre el modo de configuración, que establece el funcionamiento de la red y el medio de comunicación en el desarrollo de un dispositivo compatible con KNX.

a) Modos de configuración.

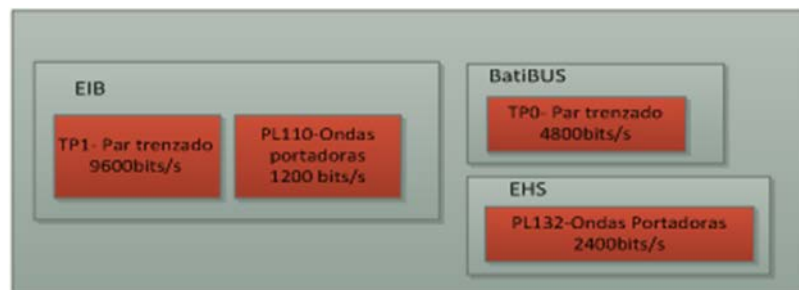
El estándar ofrece tres modos de configuración: *System mode* (modo-S), *Easy mode* (modo-E) y *Automatic mode* (modo A), los cuales se refieren a la forma de instalación y configuración de los dispositivos que hacen parte de la red.

b) Medios de comunicación.

Además de los tres modos de configuración, el estándar KNX incluye varios medios de comunicación, los cuales pueden ser utilizados en combinación con uno o más modos de configuración; permitiendo que cada fabricante pueda escoger la combinación correcta dependiendo del mercado y la aplicación a instalar [23]; es decir, la capa física³² de la tecnología KNX soporta los medios utilizados de las tecnologías asociadas a esta (EIB, BatiBUS, EHS), con el fin de proporcionar prestaciones de compatibilidad a las redes existentes y a dispositivos de diferentes fabricantes.

En la siguiente figura se presentan los medios de comunicación empleados y las observaciones de compatibilidad con las tecnologías asociadas.

Figura 28. Capa física KNX.



Fuente: modificado de [24]

Observaciones [23].

³² La capa física de una tecnología específica determina los medios físicos utilizados para el transporte de información o datos en la red.

- La plataforma KNX es completamente compatible con la tecnología EIB, ya que el conjunto de protocolos que KNX utiliza, está basado en los protocolos de EIB.
- Los productos certificados con KNX TPO podrán operar en la misma línea de bus con los dispositivos BAtiBUS existentes, pero no podrán compartir información entre estos.
- El modo A de KNX es compatible con el estándar EHS, utilizando un convertidor de protocolos.

3.4.2 Características del sistema KNX/EIB

La formación de una red con la tecnología KNX se hace por medio de una estructura en bus distribuida, la cual es la especificada por la tecnología EIB, ya que esta como se mencionó anteriormente, es la base del estándar analizado, por lo que su tecnología y formación es similar.

Como se observa en la *figura 28*, una red inteligente utilizando la tecnología KNX/EIB se puede formar ya sea empleando cables de pares trenzados o por medio de corrientes portadoras (PLC); esta última igual que en el caso de la tecnología X-10, es ideal para la instalación en viviendas existentes.

3.4.2.1 Medios de transmisión.

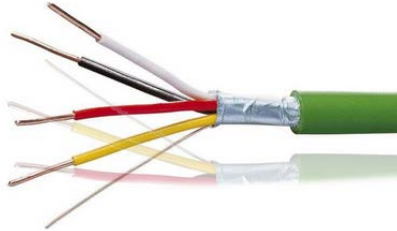
En el sistema EIB de pares trenzados los datos se envían como una señal superpuesta sobre una tensión de alimentación continua de 24V, por lo que a la hora de separar los datos de la alimentación, los dispositivos han de tener un sistema para desacoplar ambas señales. Por lo tanto, la función de este bus es doble:

- Suministra la alimentación a los componentes del sistema, con una tensión adecuada para su funcionamiento.
- A través de él, se transmite el telegrama codificado para la comunicación entre los componentes. Esto implica que todos los componentes del sistema, tiene la posibilidad de intercambiar datos a través de este bus.

Existen distintos tipos de cables para tender las líneas de bus en función de las condiciones del lugar por el que transcurre. El tipo más usado es el TCYM 2 x 2 x 0,8 mm (AWG 20), que dispone de dos pares trenzados: un par de color rojo (+) y negro (-) usado para la transmisión o líneas de bus, y los dos hilos restantes (amarillo y blanco), que

pueden usarse para aplicaciones adicionales.³³ Las características de este tipo de cables se pueden apreciar en la *figura 29*

Figura 29.Cable utilizado en KNX

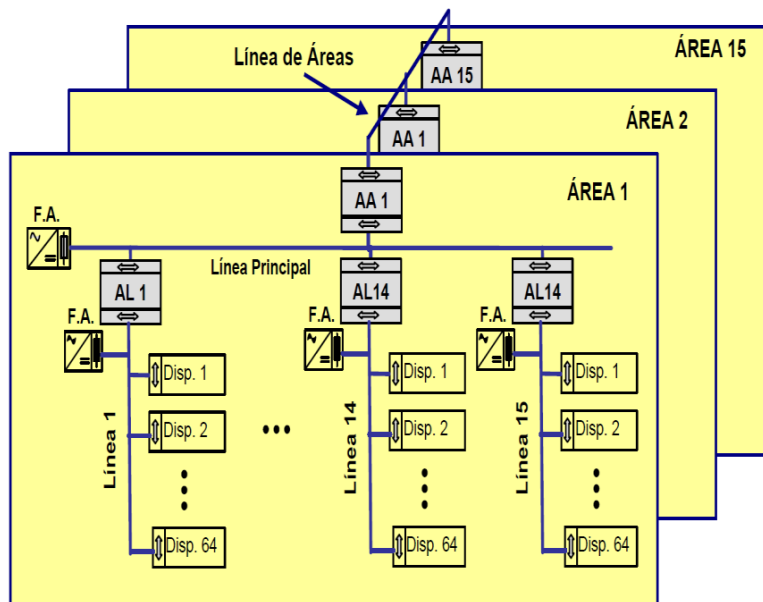


Fuente: <http://store.domofox.it/en/knx-system>

3.4.2.2 Topología

La topología del sistema KNX se representa en la *figura 30*, donde está conformado por distintos elementos, como acopladores de línea (AL), acopladores de área (AA), fuentes de alimentación (FA) y dispositivos KNX.

Figura 30.Topología de una instalación KNX.



Fuente: HIJANO B. Albert, "Proyecto de Instalación Eléctrica y Domótica en una vivienda Unifamiliar", Universidad Politécnica de Cataluña, 2011.

³³ McGraw-hill, "Montaje y puesta en servicio de instalaciones con bus KNX/EIB"

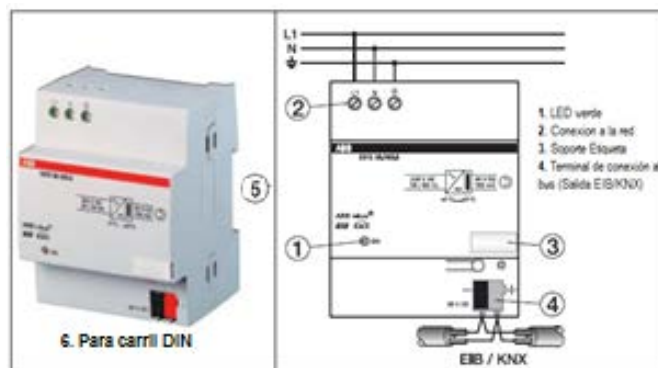
Algunas características del sistema se presentan a continuación

- La línea es la unidad mínima, la cual puede abarcar hasta 64 dispositivos KNX.
- Los acopladores de línea (AL) permiten el conexionado de 12 líneas (expandible a 15) y una línea principal
- Son posibles un máximo de 15 áreas, que se conectan entre sí, por medio de acopladores de área (AA).
- Si utilizan todas las líneas y áreas, se puede conectar hasta un total de 11520 dispositivos.
- Cada línea necesita una fuente de alimentación.

3.4.3 Elementos del sistema

- a) **Fuente de alimentación:** Realiza la conversión AC/DC (24Vcc) para alimentar en corriente continua los mecanismos de cada línea. Se permite un máximo de dos por línea cuando un dispositivo está situado a más de 350 metros, en este caso la distancia mínima entre las fuentes debe ser de 200 metros.

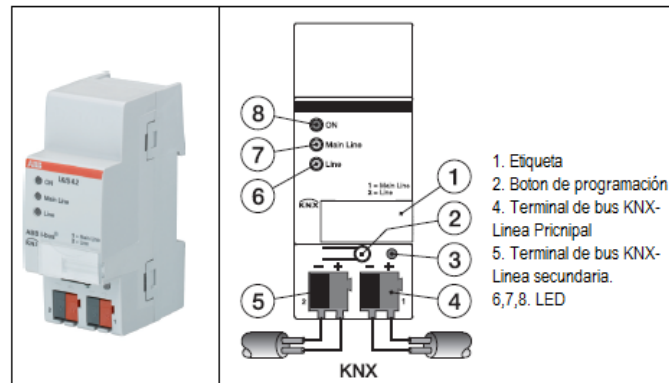
Figura 31. Fuente de alimentación KNX



Fuente: ABB i-bus KNX, 2014

- b) **Acoplador:** Permite la unión entre las diferentes líneas entre sí, así como las de las diferentes áreas; es decir, actúa como acoplador de línea uniendo la línea principal con una línea y como acoplador de áreas uniendo un área con la línea principal. Separa galvánicamente las líneas o áreas, controlando el paso de telegramas entre las uniones, evitando un exceso de mensajes en el bus.

Figura 32. Acoplador de línea y de área KNX



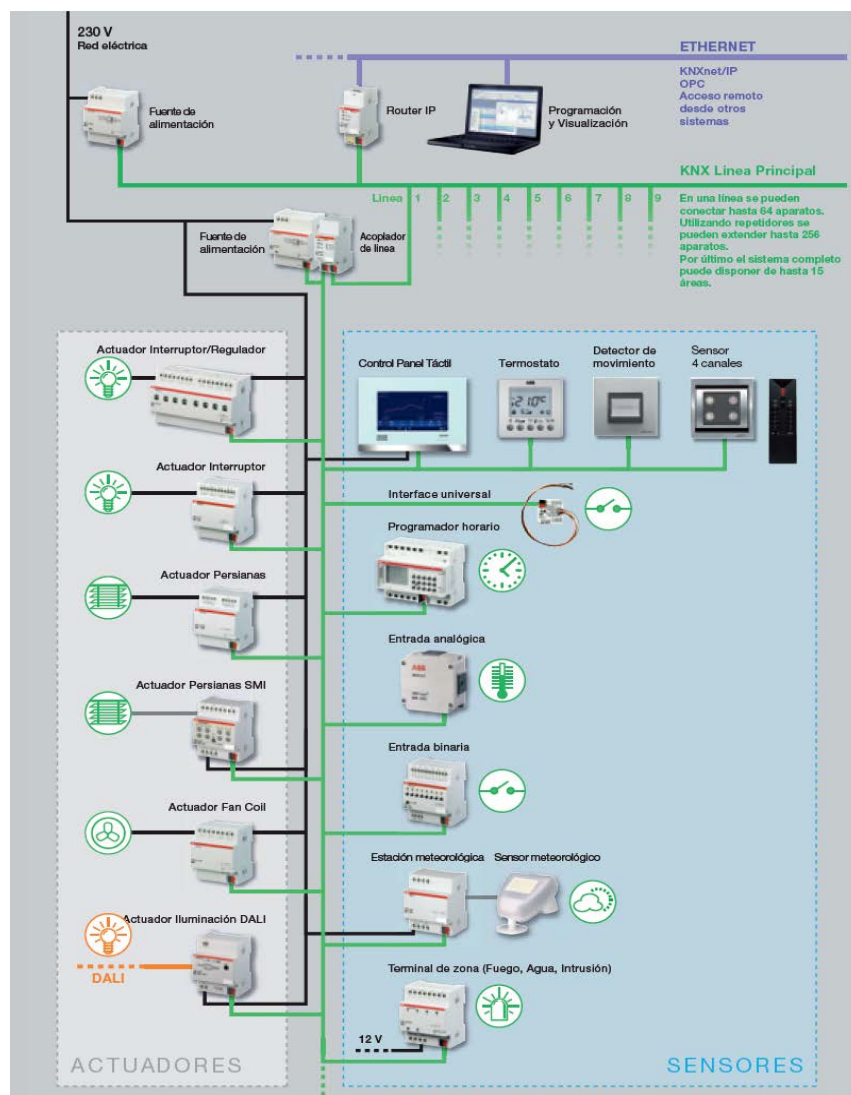
Fuente: ABB i-bus KNX, 2014

- c) **Dispositivos KNX:** Los dispositivos KNX son los encargados de realizar las diferentes aplicaciones integradas en la vivienda; básicamente se constituyen en sensores y actuadores, los cuales contienen microprocesadores que realizan las funciones específicas e interfaces que posibilita el diálogo entre el bus inteligente y el usuario, permitiendo las acciones de programación. En la *figura 33* se muestran algunos ejemplos de los dispositivos con las aplicaciones correspondientes.
- d) **Gateway KNX:** Se encargan de realizar la comunicación de la red interna y el usuario desde una conexión remota, ya sea por vía internet y/o mensajes, posibilitando visualizar el estado de la instalación, programar acciones, conexión a cámaras de seguridad, reprogramar la instalación, control de iluminación, etc.

3.4.4 Requisitos de la instalación.

Cuando se diseñe una instalación KNX/EIB/TP1 (par trenzado) es necesario seguir todas las limitaciones que impone la tecnología en bus, en cuanto a longitudes máximas de línea (1000 m), distancia máxima entre componentes de bus (700 m), distancia máxima entre fuente de alimentación y dispositivo (350 m) y longitud mínima entre dos fuentes en paralelo en una línea (200 m).[16]

Figura 33. Aplicación arquitectura distribuida



Fuente: ABB i-bus,knx

3.4.4.1 Criterios y recomendaciones de instalación.

- a) Los dos hilos del cable se deben pelar unos 10 mm y conectarse a los bloques terminales para conexión/bifurcación (máximo cuatro líneas por bloque). Los dos hilos adicionales no se cortan y se recogen sobre el mismo cable. [16]
- b) El número de cables KNK alojados en la tubería no deben ocupar más del 40% de la sección transversal de esta.

- c) Se recomienda cuadros de distribución por cada línea del sistema, donde se dispongan carriles tipo DIN³⁴ para la instalación de los dispositivos de control, permitiendo de esta manera, mejor organización, flexibilidad y facilidad en el cableado.

3.5 ESTRELLA CENTRALIZADA-SIMON VIS

Es un producto danés adaptado al mercado español por la empresa Simón, está basado en un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual es la unidad central encargada de controlar diferentes servicios y aplicaciones debidamente programadas [6].

El usuario puede activar y desactivar todas las funciones programadas por medio de los pulsadores en el interior de ella, admitiendo de igual forma control vía telefónico.

Es un sistema flexible y versátil; la programación de sus funciones la decide el usuario, adaptándolas a sus necesidades de forma personal e individualizada. La instalación es fácilmente ampliable debido a su carácter modular.

3.5.1 Aplicaciones

Posee una alta capacidad de servicios, por lo que se puede implementar en viviendas unifamiliares, edificios, oficinas, instalaciones deportivas, etc. Ofrece diferentes aplicaciones por medio de un mismo dispositivo (sensor), permitiendo aplicaciones de seguridad, confort y ahorro energético dependiendo de la programación de la unidad central.

Tabla 10. Servicios SIMÓN VIS

Confort	Seguridad
Control de iluminación: Regular la intensidad luminosa de cada estancia o del total de la vivienda con un pulsador	Seguridad eléctrica: Control de forma individual de cualquier toma de la casa, o desconexión de todos en una habitación desde un pulsador

³⁴ Carril DIN es una barra normalizada de 35 mm de ancho con sección transversal en forma de sombrero, es muy usada para montaje de elementos eléctricos, de protección y mando.

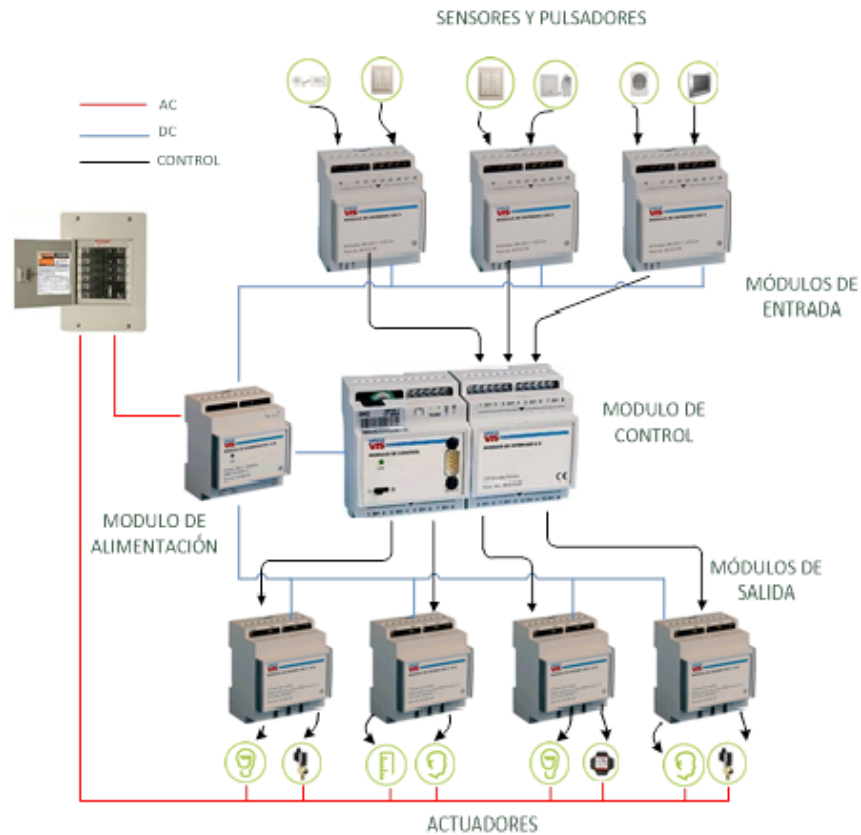
<p>Control de climatización: Delimitar zonas y horarios para la calefacción y aire acondicionado dependiendo de las necesidades del cliente</p>	<p>Activación de alarmas: Por medio de sensores, se activan alarmas técnicas que actúan sobre electroválvulas (fuga de gas, fuga de agua, etc) y sirenas con la posibilidad de avisar mediante una llamada al usuario.</p>
<p>Control de persianas y toldos: Control automático y manual de persianas frente a diferentes escenarios, apertura/cierre dependiendo la hora, en caso de alarma, vientos fuertes, vivienda vacía, etc</p>	<p>Simulación de presencia: Permite encender y apagar las luces automáticamente cuando la vivienda se encuentre vacía, con el fin de evitar robos.</p>
<p>Control de sistemas de riego: Programar y controlar sistemas de riego adecuándolos a las necesidades de las plantas en cada época del año</p>	<p style="text-align: center;">Ahorro energético</p> <p>Se puede programar determinadas tareas domésticas para aprovechar las tarifas nocturnas (lavadora, lavavajillas, secadoras, etc.), aparte de permitir el control de estos desde un pulsador.</p>
<p>Control vía remota: Todas las funciones se pueden controlar a través del teléfono, a través de un código de acceso y código de la función a controlar.</p>	

3.5.2 Topología

La estructura del sistema se basa en una topología en estrella centralizada; ya que el procesamiento de las funciones las realiza el módulo de control, el cual recibe las señales de los sensores y los pulsadores, que posteriormente después del procesamiento, emite los comandos a los dispositivos actuadores. SIMON VIS implementa una serie de módulos de salida y de entrada con el propósito de aumentar el número de aplicaciones del sistema, además de canalizar y ejecutar las funciones proporcionadas por el modulo central; consolidándose en un sistema altamente flexible y de fácil instalación.

En la siguiente figura se muestra el esquema general de la conexión del sistema, donde el conexionado detallado se presenta en el *anexo C*.

Figura 34. Topología general SIMÓN VIS



Fuente: Autores

3.5.3. Componentes

Además de los diferentes módulos que implementa el sistema, se incorpora una serie de pulsadores que posee múltiples funciones, ya que individualmente puede controlar diferentes operaciones dependiendo si se realiza una pulsación corta o una pulsación prolongada; de igual forma los sensores también son polivalentes, por un lado un sensor puede detectar una presencia y activar una alarma, y a su vez detectar una fuga de gas o escape de agua y cortar automáticamente el suministro a través de una electroválvula. A continuación se especifica los módulos que integran el sistema.

- a) **Módulo de alimentación:** Dispositivo conversor AC/DC utilizado para alimentar los demás módulos del sistema a 24Vcc, estabiliza el sistema y proporcionan potencia de 72 W-3[A] o 15W-0,6[A] dependiendo del tamaño de la instalación. Sus dimensiones son de 144 mm(72 W) y 72 mm(15 W)

- b) Modulo control:** Es la unidad central de la instalación, en ella se realiza toda la programación y se ejecuta las ordenes de operación. La configuración de las funciones se realiza por medio de un PC utilizando una conexión RS-232 directamente con el modulo. Dimensiones 144 mm
- Posee 8 entradas distintas provenientes de los módulos de entrada (sensores) y 16 salidas conectadas a los módulos de salida (actuadores), para administrar un total de 128 entradas, 128 salidas y 128 programadores semanales independientes.³⁵
- c) Módulo de entradas:** Es el encargado de acumular señales provenientes de sensores (pulsadores, detectores, termostatos, etc) y transmitir las al módulo central. Posee 16 entradas distintas por cada módulo y el sistema soporta un máximo de 8 módulos de entrada. Se alimenta a tensión continua de 24 V utilizando un cable 18 AWG (0,8mm²). La distancia máxima entre los módulos de entrada y el módulo de control es de 100 [m]. Dimensiones 72 mm
- d) Módulos de salidas:** Son los actuadores del sistemas, permite la operación de los dispositivos de iluminación, ventiladores, motores de persianas, electroválvulas, poseen 8 salidas de relé (en 2 grupos de 4), y se permiten 16 módulos en el sistema para el conexionado con el módulo de control. La distancia máxima entre los módulos de entrada y el módulo de control es de 100 [m]. Dimensiones 72 mm
- e) Módulo de temporizadores:** Utilizado para ajustar la hora y fecha independiente del PC, de igual forma reprograma 128 relojes temporizadores del módulo de control a través de una interfaz RS 485 mediante una conexión bifilar. Dimensiones 144 mm
- f) Módulo de dimmer:** Utilizado para regular la intensidad de luz en resistencias óhmicas hasta 350 W y lámparas halógenas hasta 300 VA. Su operación depende de la intensidad con que el usuario oprime el pulsador, ya que puede apagar/encender la luz con un solo toque o regular la intensidad con una pulsación prolongada. Dimensiones 36 mm

³⁵ SIMON S.A, " Catalogo general domótica Simon VIS"

3.5.4 Criterios y recomendaciones de instalación

- a) Se recomienda designar los conductores de alimentación DC con los colores rojo y negro para el polo positivo (+) y negativo (-) respectivamente.
- b) La instalación de los módulos se puede ubicar en un único gabinete que disponga carriles DIN; sin embargo, por la modularidad del sistema, los módulos de entrada y salida se pueden distribuir en diferentes sitios de la vivienda (máximo 100 [m] del control) como habitaciones, cocina, patio, etc. Lo anterior es realmente ventajoso en instalaciones extensas o cuando un par de módulos (entrada y salida) controlen una zona en específico (ej. el control de una habitación o todo un piso de la vivienda).

Se presentara algunas observaciones según el modelo de instalación:

3.5.4.1 Instalación centralizada

- Los cables de datos y los de alimentación continua estarán instalados en el gabinete de control.
- Las señales de control AC (retornos) conectados a los módulos de salida, se distribuirán a lo largo de la vivienda desde el gabinete central hasta el elemento a controlar (tomas, motores, luces); requiriendo cable por dispositivo, lo cual puede presentar un escenario crítico en instalaciones grandes, ya que representaría un tendido numeroso de cables portadores de corriente alterna en las tuberías internas, generando un aumento significativo en las canalizaciones debido a la misma demanda y para controlar aumentos en los calibres por consecuencia de las correcciones de corriente debido a la multiplicidad³⁶.

3.5.4.2 Instalación distribuida

- Los cables de control (Datos) y los de alimentación DC se distribuirán a lo largo de la vivienda desde el gabinete central, donde se encuentra el módulo de control, hasta los diferentes puntos de ubicación de los módulos de salidas y los de entrada.

³⁶ Cuando el número de conductores portadores de corriente en una tubería o canalización pase de tres, la capacidad de corriente de dichos conductores se debe afectar por un factor de multiplicidad. Criterio NTC 2050 (primera actualización), pag 188-Factores de ajuste.

- La instalación de la red de control, se debe disponer en una canalización diferente a la red de fuerza y a las de telecomunicaciones existentes en la vivienda.

3.6 TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS-ZIGBEE

ZigBee es una tecnología de red inalámbrica, especificada por ZigBee Alliance, desarrollada para cubrir las necesidades de bajo costo, seguridad, fiabilidad, flexibilidad y bajo consumo eléctrico en áreas de control residencial, sanitarias e industriales³⁷.

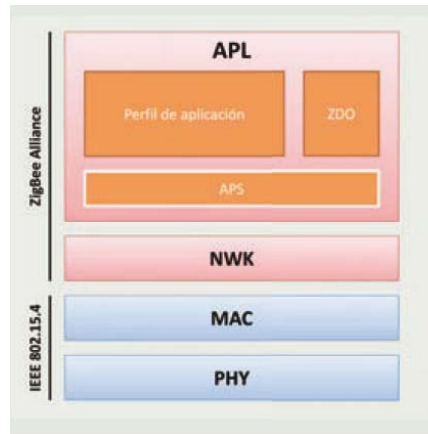
Es un consorcio de compañías cuyo objetivo es promover soluciones de dispositivos de control garantizando la interoperabilidad de productos basados en el estándar PAN IEEE 802.15.4. Se compone de 6 miembros o compañías promotoras (*Honeywell, Invensys, Mitsubishi, Motorola, Samsung y Philips*) y el resto de miembros ordinarios, que incluyen a fabricantes de semiconductores, proveedores WISP, OEMs entre otros [16].

3.6.1 Tecnología de comunicación

La comunicación y operación del estándar ZigBee está basado en cuatro capas de gestión que establecen un lineamiento funcional para las tareas ejecutadas por esta tecnología; cada una de estas capas realizan una función específicas y son independientes entre sí, las cuales se muestran en la *figura 36* y conforman la denominada *stack ZigBee* o pila ZigBee. Como se puede apreciar en la figura, las capas más bajas (PHY y MAC) están definidas en el estándar IEEE 802.15.4; mientras el resto de capas (NWK y APL), las define la alianza ZigBee. Dentro de las capa de aplicación (PHY) se configura la solución o el perfil ZigBee que se desee, dependiendo de la aplicación que se instale.

³⁷ ESTEPA ROJAS Andrés, "Estado del arte de tecnologías en redes internas residenciales", Universidad Industrial de Santander, 2013.

Figura 35. Pila ZigBee



Fuente:[1]

3.6.1.1 Capa PHY y MAC

El estándar IEEE 802.15.4 define las capas de nivel físico (PHY) y de nivel de enlace (MAC) de la pila empleada por ZigBee. La capa de nivel físico es la encargada de transmitir y recibir tramas de bits sobre el medio físico (el aire), modulando los bits a transmitir y demodulando la señal recibida. Un dispositivo ZigBee puede transmitir la información a otro elemento en distintas bandas de frecuencia, a distintas velocidades y distinto número de canales, con un alcance global entre 10 y 75 metros³⁸. En la *tabla 11* se muestra estos valores.

Tabla 11. Valores capa PHY

Banda de frecuencia	Tasa de Transferencia	Canales	Nº Canales	Región utilizada
868-868,8 MHz	20 kbps	0	1	Europa
902-928 MHz	40 kbps	1-10	10	EEUU
2400-2483,5 MHz	250 kbps	11-26	16	Banda libre ISM

Fuente: Modificado de [1]

Con respecto a la capa MAC, su finalidad es controlar y gestionar el acceso al medio; así como de sincronizar tramas y controlar el flujo. También es el encargado de reducir al máximo el gasto energético del dispositivo, para alargar la vida útil de la baterías [18]. El ahorro energético en ZigBee se realiza gracias a que los dispositivos entran en un periodo

³⁸ Jose Manuel Tomé Castro, "Diseño de módulos ZigBee de bajo coste", Universidad Politécnica de Cataluña, España.

de inactividad (*sleep*) después del tiempo de transmisión o recepción. Este modo puede afectar a todos los dispositivos de la red o solo los de uso final [1].

3.6.1.2 Capas NWK y APL

La capa de nivel de red (NWK) se encarga de la topología de la red, añadiendo o eliminando dispositivos de la misma; asignando direcciones de red a los dispositivos y re-direccionando las tramas de información hacia el destinatario por el camino más adecuado. Por último, la capa del nivel de aplicación (APL) es la responsable de ejecutar las aplicaciones del sistema, que depende de las necesidades a instalar, esta es la capa que se encargan los fabricantes, donde se encuentran los ZDO (*ZigBee Device Objects*) que se encargan de definir el papel del dispositivo en la red.

3.6.2. Clases de dispositivos.

Según el grado de funcionalidad del dispositivo el estándar define:

- *Dispositivos FFD (Full-Function Device)*: Son dispositivos que implementan un modelo de comunicaciones completo, que le permite comunicarse con cualquier otro dispositivo de la Red.
- *Dispositivos RFD (Reduced-Function Device)*: Dispositivos con prestaciones limitadas para la comunicación, que solo le permite comunicarse con un FFD.

Los nodos que conforman la red ZigBee siempre albergan uno de estos dispositivos, sin embargo, estos se pueden clasificar en los siguientes elementos [1]:

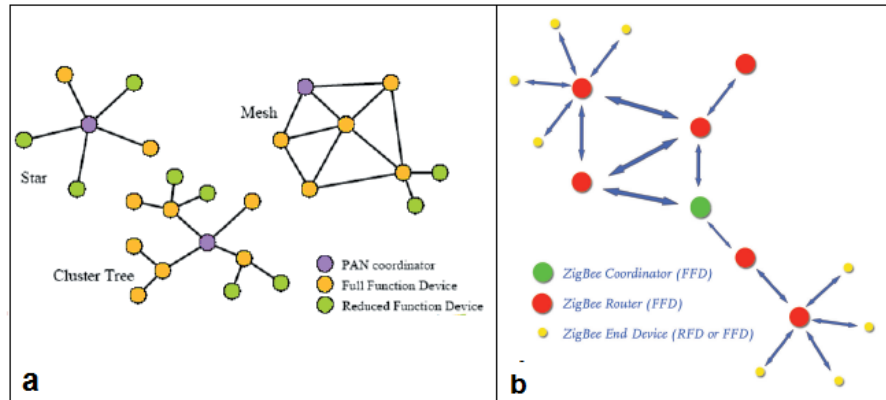
- *Coordinador*: Es un dispositivo FFD que se encarga de crear la red de nodos y de gestionar su comunicación. En cada red existe un único coordinador.
- *Router*: Es un dispositivo FFD que se encarga de encaminar la información entre nodos que están muy separados de la red.
- *Dispositivo final*: Es un dispositivo RFD que puede transmitir o recibir información pero que no puede realizar labores de enrutamiento. Necesariamente debe estar comunicado con un Coordinador o con un Router.

3.6.3. Topología

Como se nombró anteriormente la capa de nivel de red es la encargada de definir la topología utilizada en el sistema. Las redes ZigBee admite tres tipos de topologías;

Estrella (*Star*), malla (*Mesh*) y árbol (*Cluster Tree*), figura_37_.a), sin embargo, una red se puede formar con la utilización estos tres tipos de topologías, como se puede apreciar en la figura 37b

Figura 36. Topología de la red ZigBee



Fuente: a) [16] , b) [23]

3.6.4. ZigBee Smart Energy

ZigBee Smart Energy es un perfil configurado en la capa de aplicación (PHY) diseñado para dar soporte a redes inteligentes [1]. Desde el punto de vista de redes domésticas el estándar define distintos tipos de dispositivos asociados con la definición de una *SmartHome* en cuanto al control y la monitorización de la vivienda inteligente.

Los tipos de dispositivos *ZigBee Smart Energy* son elementos lógicos, de forma que un mismo dispositivo físico puede albergar varios dispositivos lógicos. Estos dispositivos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 12. Dispositivos ZigBee Smart Energy

Energy Service Interface (ESI)	Display Device
Este dispositivo funciona como Gateway entre ZigBee y la red de datos de la compañía suministradora, por lo que necesita una interfaz física que permita esta comunicación como GPRS, IP, PLC, etc. Mediante este dispositivo se realiza la gestión remota del hogar ya sea por la compañía o por el usuario.	Este dispositivo consiste en una pantalla en el interior de la vivienda, mediante la cual el usuario puede ver información de la red, como consumos de energía instantáneos o históricos, cambios de precios por parte del proveedor de red, etc. Esto permite al usuario hacer un consumo más racional de la energía.

Metering Device	Load Control Device
Este perfil de ZigBee permite conectar a la red, contadores de electricidad, agua y gas; posibilitando leer las medidas en cualquier momento, además de permitir al dispositivo enviar información de su estado.	Dispositivos que controla cualquier tipo de carga, puede recibir eventos de gestión de demanda para desconectarse en caso d sobrecarga de la red
Communicating Thermostat	Smart Appliance Device
Dispositivo capaz de controlar la climatización del hogar, recibiendo ordenes de gestión de demanda para modificar las consignas de temperatura o incluso apagarse en caso de sobrecarga de la red, además de trabar de acuerdo al precio de la energía	Dispositivos que integran los electrodoméstico para dotarlos de "inteligencia", permitiendo a estos tomar acciones automáticas de acuerdo a la información de precios, sobrecarga de la red, hora del día ,etc.

Fuente: Recopilado de [1]

3.6.5 Criterios y recomendaciones de instalación

- a) La topología a escoger es una elección de diseño y va a estar orientada dependiendo de la aplicación a instalar; algunas de estas como periféricos e interfaces de PC requieren conexiones de baja potencia usando topologías en estrella. Cuando se solicitan conexiones de gran área de cobertura como perímetros de seguridad, es necesario implementar una red en árbol debido a la propiedad de enrutamiento. La topología en malla permite a la red auto recuperarse de problemas en la comunicación debido a la estructura punto-multipunto que genera múltiples caminos desde un mismo nodo, usadas en sistemas con requerimiento de alta confiabilidad.
- b) Se recomienda que el dispositivo ESI o aquel que lo incluya se instale en puntos cercanos a las tomas de usuarios de los servicios de banda ancha de la red de telecomunicaciones
- c) Debido a que los dispositivos se comunican por medio de radiofrecuencias, no es necesario un medio físico (canalización) que soporte la comunicación de los dispositivos, por lo que los criterios de diseño están referenciados a la ubicación de los dispositivos (sensores y actuadores), los cuales se muestran en la figura siguiente:

Figura 37. Nodos en la vivienda ZigBee



Fuente: [19]

3.7 OTRAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

Existen diferentes tecnologías inalámbricas estandarizadas que se pueden utilizar para aplicaciones de una *SmartHome* y que se pueden comparar con ZigBee en diferentes características, presentando ventajas y desventajas frente a esta.

De las tecnologías más empleadas en redes WPAN y WLAN es Bluetooth y Wi-Fi respectivamente, las cuales se explican brevemente a continuación, comparándolas finalmente con la tecnología ZigBee.

3.7.1. Bluetooth

Es un popular sistema de comunicaciones inalámbrico utilizado en diferentes dispositivos como cámaras, celulares, memorias, impresoras, etc., basado en el estándar WPAN IEEE 802.15.1. Es un protocolo utilizado para las conexiones inalámbricas de datos y de voz a cortas distancias, como aplicaciones que demandan una mayor tasa de transmisión de datos; por lo que no fue concebido para servicios de baja potencia debido a los requerimientos de sincronización periódica entre elementos (transmisor-receptor); en

comparación con ZigBee no está muy bien posicionada para el soporte de redes inteligentes residenciales [2].

3.7.2 Wi-Fi

Este protocolo basado en el estándar IEEE 802.11 es la tecnología de comunicación inalámbrica con mayor penetración en el mercado doméstico [38], el cual presenta el mayor consumo de potencia y es utilizado ampliamente para el conexasión a Internet a grandes velocidades de navegación; además de utilizarse en aplicaciones como videojuegos, cámaras, tabletas, celulares, etc., donde la premisa no es el bajo consumo energético, si no la estabilidad, solidez, seguridad y confiabilidad de a la red. A pesar de no presentar un ahorro energético como ZigBee, es una tecnología muy potente que presta alta prestaciones a la vivienda y que es utilizada para la formación de otras redes internas como la red de banda ancha analizadas en el *capítulo 2*.

Tabla 13.Comparación de las tecnologías de comunicación inalámbricas

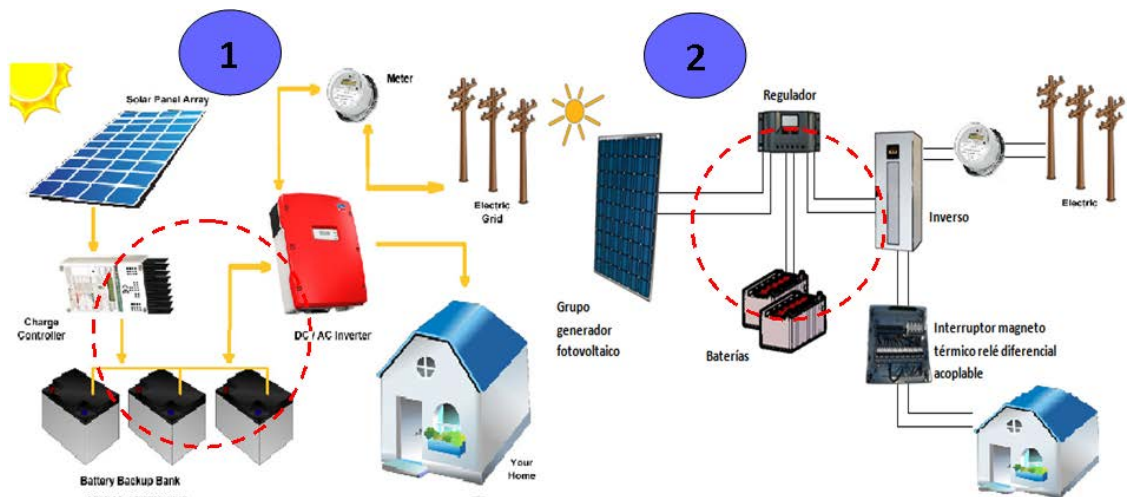
	ZigBee IEEE 802.15.4	Bluetooth IEEE 802.15.1	Wi-Fi IEEE802.11
Tasa máxima de transmisión de datos	250 kb/s	Básico 1 Mb/s, mejorado 3 Mb/s	22 Mb/s con 802.11 y 144Mb/s con 802.11.n
Rango de cobertura en interiores	10-20 m extendible mediate topología en árbol	1-10-30 m	45 m con 802.11 y 70 m con 802.11n
Consumo de potencia	Bajo, ultra-bajo	Medio	Alto
Banda de frecuencia	2,4 GHz-868 MHz y 912 MHz	2,4 GHz	2,4 GHz, 3,6 GHz y 5,6 GHz
Standby	3µA	200µA	400µA
Memoria	32-60kb	>100kb	>100kb
Aplicaciones	Electrodomésticos inteligentes, medición inteligente, dispositivos de control y monitorización, sistema de iluminación y seguridad residencial	Voz, transferencia de datos, teclados, control de juegos.	Redes, audio y video digital, voz, datos

3.8 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

3.8.1 Topologías de conexión

En el sistema fotovoltaico en la residencia unifamiliar se puede presentar varias alternativas de conexión, esto se debe principalmente a las características de los dispositivos utilizados en el sistema, en especial las propiedades técnicas del inversor/cargador hace que la configuración varíe el conexionado. En la *figura 38* se muestra dos formas de conexión. La diferencia entre las dos topologías es el conexionado entre el inversor y las baterías; en el escenario uno esta conexión se realiza directamente utilizando un inversor/cargador, mientras en el escenario dos se realizan por medio del regulador de carga. Para los sistemas híbridos el escenario uno es el más utilizado mientras que en sistemas aislados se emplea el segundo.

Figura 38. Topologías de los sistemas fotovoltaicos residenciales



Fuente: <http://www.siliconsolar.com/grid-tie-solar-systems-with-battery-backup.html>

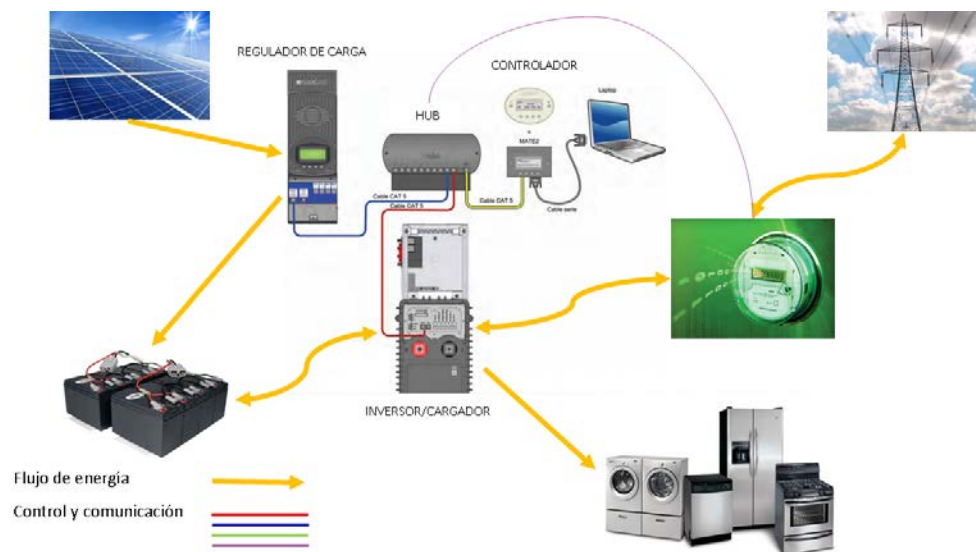
3.8.2 Control y monitorización del sistema

El correcto funcionamiento del sistema se logra teniendo una interconexión lógica entre los dispositivos que componen el sistema, para ello es necesaria una estructura de comunicaciones que permitan que los dispositivos intercambien información entre ellos. Para que el sistema opere correctamente se deberá incorporar un controlador el cual

interactúa con los demás dispositivos por medio de un hub concentrador. El controlador cumplirá las siguientes funciones.

- Mantendrá comunicación con el inversor/cargador y el controlador de carga
- Maximizará el rendimiento del sistema, coordinando su funcionamiento evitando que entren en conflicto los dispositivos que lo integran.
- Controlará cuando el inversor /cargador dispondrá de la red eléctrica convencional. En función del tiempo y la tensión de los acumuladores.
- Controlará las cargas auxiliares, como ventiladores de refrigeración y relés.
- Monitorea el estado de los componentes del sistema.
- Programa elementos individuales y del todo el sistema.
- El usuario podrá interactuar con el sistema por medio de un pc.

Figura 39. Control y monitorización del sistema



Fuente: Modificado de Out BLACK POWER, MATE3 Sistema de Visualización y control.

3.8.3 Sistema auxiliar

El sistema auxiliar trabaja con corriente DC y se utiliza en dispositivos necesarios para el funcionamiento del sistema fotovoltaico; como ventiladores refrigerantes del inversor/cargador y otros dispositivos, sistema de alarma, desviación de carga entre otros.

Este sistema funciona dependiendo del proveedor en un rango de 10 a 15 voltios en DC. Las indicaciones para su implementación se establecen en el *numeral 6.3.1* del presente trabajo.

3.9 VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.

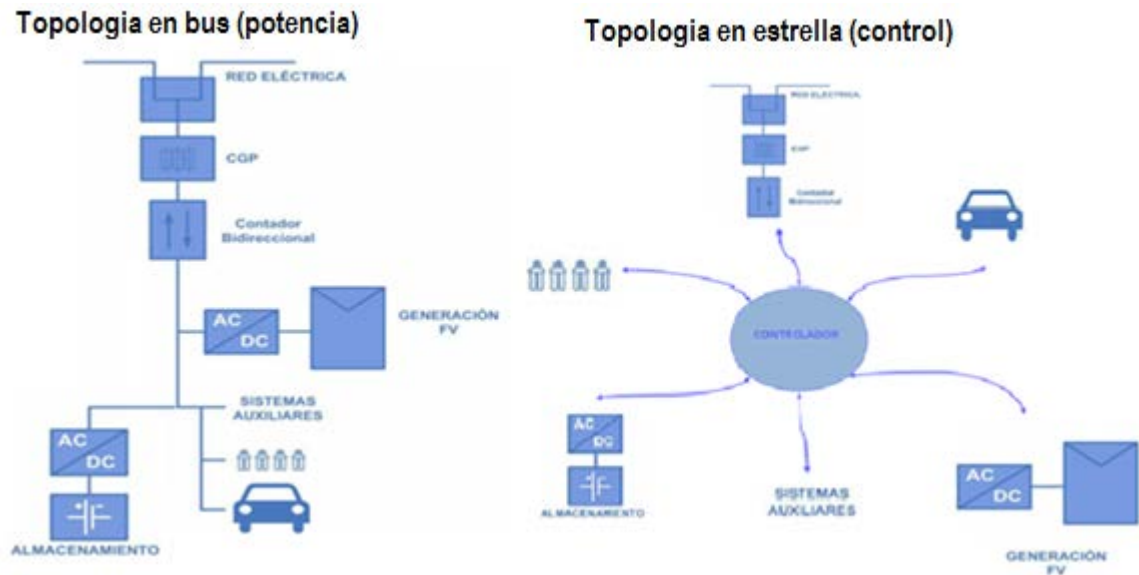
La relación entre hogar inteligente-vehículo eléctrico (V2H) a simple vista esboza la recarga eficiente del vehículo, evitando la perturbación de la red, generando que el sistema de distribución eléctrico no se sature, ya que la gestión inteligente permite la recarga en momentos de baja demanda. A continuación se listan otros beneficios que se incorporan con la relación V2H

- V2H tiene una configuración muy simple por lo que es fácil de implementar
- Solo se necesita un circuito para V2H
- La V2H es capaz de suavizar la carga diaria por su intercambio de potencia activa
- V2H tiene una eficiencia alta durante su operación
- El hogar inteligente se vuelve más atractivo con V2H
- V2H mejora el desarrollo de la casa inteligente

3.9.1. Topologías de potencia y control del sistema

El vehículo eléctrico representa una carga para la vivienda inteligente, por lo que su conexión se establece similar a las demás elementos, como se indica en la figura anterior (izquierda), en cuanto a la topología de control se realiza en estrella, donde el control central puede estar integrado en el inversor usado en los sistemas solares; con el fin de que el inversor/controlador gestione las fuentes alternativas.

Figura 40. Topologías de conexionado del vehículo eléctrico



Fuente: Equipos y sistemas de gestión Inteligentes para la Recarga de Vehículos Eléctricos, CIRCUTOR

3.9.2 Control y comunicación de la estación de carga

Para una instalación residencial inteligente el modo de carga que se ajusta a la operación y gestión energética es el tres, debido a que sus características son flexibles y adaptables a distintos escenarios. Este se puede utilizar hasta nivel de carga rápido, además hace énfasis en la seguridad y en el funcionamiento adecuado de la recarga energética del carro. La principal característica por la que el modo tres de carga se ajusta al funcionamiento del hogar inteligente es el intercambio de información; esto es posible por medio de la unidad de control y comunicación ubicada en la estación de recarga implantada en el inmueble. Estas acciones de control son algunas como:

- La comprobación permanente de continuidad de la puesta a tierra: En el momento en que esta continuidad se viera afectada, la alimentación de la toma se interrumpe.
- Control de energía de cargas: La energía tomada por el vehículo no puede ser mayor que la energía disponible en la estación de carga

- Control de movimiento: Verifica que el vehículo no sea movido mientras esta en el proceso de carga.

La comunicación entre el vehículo y la estación de carga se hace por medio del protocolo PWM el cual esta normalizado por IEC 61851-1 y cumple con las especificaciones básicas del modo 3. Este protocolo modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica sinusoidal o cuadrada para enviar información por medio de un canal de comunicaciones o para regular la energía enviada a la carga.

El control y la comunicación de la estación de carga hacia el interior de la casa se realiza por tecnologías como Ethernet, RS-485, GPRS/3G, GSM, PLC.

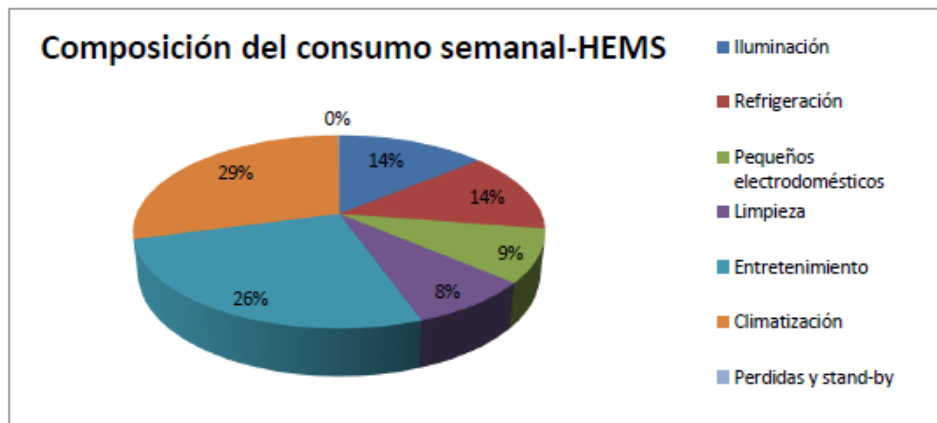
4. GESTIÓN ENERGÉTICA EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR INTELIGENTE

Para realizar un consiente análisis de gestión energética en el interior de la vivienda, es necesario estudiar el comportamiento y los tipos de cargas existentes en ella; ya que se logran identificar los elementos que presentan mayor consumo de electricidad y los momentos en que ocurren las máximas demandas; información clave para determinar los criterios y especificaciones que de una u otra forma permitan gestionar estrategias energéticas enfocadas hacia el manejo eficiente de la energía en el interior de la vivienda. El estudio de los tipos de consumo residenciales como de otra información relacionada está basada en el proyecto de investigación “*CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA TOPOLOGÍA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL*” elaborada por Walter Gómez y Gustavo Archila de la Universidad Industrial de Santander, los cuales plantean una evaluación del sistema de gestión residencial en usuarios tipos en la ciudad de Bucaramanga.

4.1 COMPOSICIÓN DEL CONSUMO EN LA VIVIENDA

En la figura que se muestra a continuación se evidencian los diferentes tipos de cargas que se presentan en la vivienda, clasificadas en función al consumo generado por estas. Los resultados están basados en el resultado de la integración del Sistema de Gestión Energética Residencial HEMS de las redes inteligentes de los autores mencionados.

Figura 41.Composición del consumo semanal de la vivienda



Fuente:[2]

De la figura anterior se pueden mencionar los siguientes aspectos:

- Las cargas que representan mayor consumo en el hogar son las de Climatización, entretenimiento, iluminación y refrigeración; de igual forma, se observa que las pérdidas y stand-by de algunos elementos como televisores y equipos de sonido se eliminan gracias a la gestión inteligente de la red.
- El elemento de climatización es debido a la integración de aires acondicionados en el interior de la vivienda, lo cual es un elemento que puede variar dependiendo del estrato socioeconómico de la zona y del poder adquisitivo de los usuarios.
- De los elementos de entretenimiento, los artefactos mayores consumidores es el computador y el grupo de televisores [2], sin embargo, esta composición es elevada debido a la creciente adquisición de la electrónica de consumo por parte de los usuarios, aparte de los dispositivos como consolas de videojuegos, equipos de sonido, cargadores de celulares. En el anexo F se dispone la clasificación de cada elemento dentro el hogar.

4.2 DEMANDA MÁXIMA

El cálculo de la demanda máxima por estratos socioeconómicos está basado en el método opcional de la ESSA mostrada en su publicación “Normas para el cálculo y diseño de sistemas de distribución”; los resultados están dados para la oferta inmobiliaria de los estratos 3, 4,5 y 6 mostrados en la *tabla 15* y en los factores de demanda y diversidad que la norma sugiere.

Cabe mencionar que la demanda máxima parte del hecho de que la carga total instalada nunca estará consumida al mismo tiempo; elemento fundamental para el diseño eléctrico de la vivienda, ya que evita instalaciones sobredimensionadas y por ende costos elevados.

Tabla 14. Demanda máxima según el estrato

ESTRATO	CARGA INSTALADA [kVA]	DEMANDA MAXIMA [kVA]
3	6,97	3,69
4	7,45	3,89

5	12,82	4,92
6	13,97	5,26

Fuente: Recompilado de [2]

Tabla 15.Oferta inmobiliaria según estrato

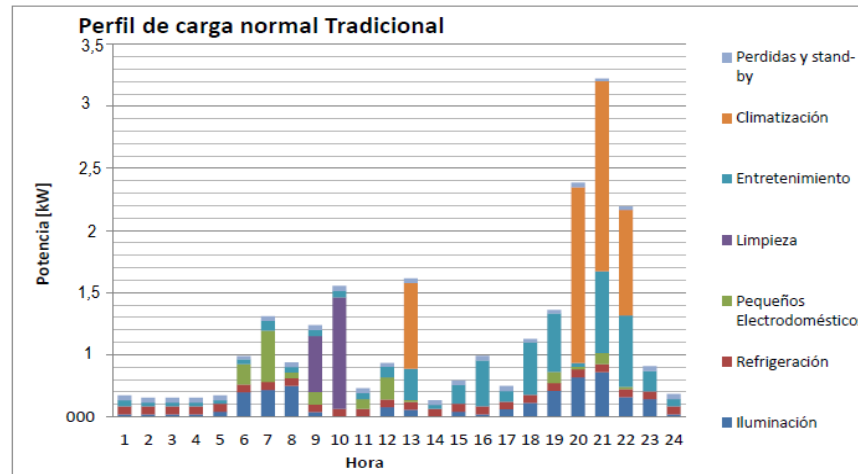
Distribución Arquitectónica común por Estrato	PRIMER ESCENARIO DE GESTIÓN ENERGÉTICA		SEGUNDO ESCENARIO DE GESTIÓN ENERGÉTICA	
	ESTRATO 4	ESTRATO 3	ESTRATO 6	ESTRATO 5
	Area promedio por unidad residencial: 85 m ² Sala-comedor 2 Alcobas Auxiliares 1 Alcoba Principal 1 Baño 1 Baño Auxiliar (alcoba ppal.) Cocina Hall de TV Balcón Zona de ropas	Area promedio por unidad residencial: 70 m ² Sala-comedor 2 Alcobas Auxiliares 1 Alcoba Principal 1 Baño 1 Baño Auxiliar (alcoba ppal.) Cocina Estudio Balcón Zona de ropas	Area promedio por unidad residencial: 143 m ² Sala-comedor 2 Alcobas Auxiliares 1 Alcoba Principal 1 Alcoba de Servicio con Baño 2 Baños 1 Baño Auxiliar (alcoba ppal.) Cocina Estudio Estar de TV Vestier (alcoba ppal.) Balcón Zona de ropas	Area promedio por unidad residencial: 107 m ² Sala-comedor 2 Alcobas Auxiliares 1 Alcoba Principal 2 Baños 1 Baño Auxiliar (alcoba ppal.) Cocina Estudio Balcón Zona de ropas

Fuente:[2]

4.3. PERFIL DE CARGA

El perfil de carga es una de las herramientas más indispensables en la gestión energética, ya que establece los patrones de consumo de los usuarios por cada hora, lo que proporciona información acerca de los momentos de mayor demanda (horas picos) y los de baja demanda (horas valle) en el día; permitiendo de esta forma, estrategias para un manejo racional de las cargas respectivas en horas específicas, reduciendo de manera importante el consumo de la energía prestada por los proveedores de red. En la figura 43 se muestra el perfil de carga de usuarios de estrato 5-6 en un sistema tradicional.

Figura 42. Perfil de carga tradicional



Fuente:[2]

4.4 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS

Para conseguir una verdadera gestión energética y enfocar a la vivienda hacia el concepto de la eficiencia, ahorro y seguridad; es necesario soluciones orientadas hacia el manejo inteligente, eficiente y seguro de las cargas existentes en el hogar. Por tal razón, es indispensable en primera medida identificar los tipos de cargas que se deben “atacar”, para posteriormente determinar las soluciones respectivas usando los elementos de una *SmartHome*.

4.4.1 Cargas especiales

Se puede denominar cargas especiales aquellas que juegan un papel importante en la vivienda unifamiliar; esta importancia puede estar relacionada por su consumo significativo, como el aire acondicionado, por la necesidad de los usuarios residenciales, como las cargas de iluminación; o por otros criterios que se mencionan a continuación y que las clasifican de acuerdo a la gestión energética y la seguridad de la red inteligente:

- a. **Cargas con mayor demanda en la vivienda:** Estas cargas como su nombre lo dice, son las que presentan mayor consumo energético y que se identifican en la *figura 42*, las cuales se analizan a continuación:

- Carga de climatización: Para el escenario de la ciudad de Bucaramanga esta carga se refiere al consumo por parte del aire acondicionado, el cual representa el dispositivo con mayor consumo en el hogar.
- Carga de entretenimiento: Las cargas de entreteniendo es un conjunto perfilado hacia el confort, sin embargo, en este grupo se encuentran los computadores, los cuales son elementos importantes para el estudio o el trabajo de los usuarios

b. Cargas indispensables para los usuarios: Las cargas mencionadas son aquellas que están ligadas con al estilo de vida de las personas y que la ausencia de estas afectaría su cotidianidad. Este tipo de cargas es común para todos los estratos y por su importancia presentan consumos importantes en el hogar.

- Carga de iluminación: Conjunto de elementos destinados a proporcionar luz en el hogar, su mayor consumo se produce en las horas nocturnas. La demanda energética de este tipo de cargas se ha reducido drásticamente con la inclusión de bombillas ahorradoras de energía; el cual es uno de los objetivos prioritarios del plan PROURE del gobierno nacional.
- Carga de refrigeración: Es la demanda energética producida por las neveras instaladas en la vivienda; estos electrodomésticos son sustanciales para los usuarios, ya que permiten la conservación de los alimentos.

c. Cargas requeridas por la red inteligente: Estas cargas están relacionadas con la inclusión de la red inteligente en el hogar y que requieren ser tenidas en cuenta como cargas especiales:

- Carga de la red de control: Esta carga se refiere a la alimentación de los dispositivos destinados al control y a la monitorización de los servicios instalados en la vivienda, es decir, es la encargada de alimentar directamente dispositivos como Gateway, controladores o fuentes de alimentación AC/DC utilizadas para dispositivos de control que funcionan con corriente continua.

- Vehículo eléctrico: Dada la definición de una vivienda inteligente descrita en capítulos anteriores, la inclusión del vehículo eléctrico origina un escenario particular, ya que este en algunos momentos funcionará como carga y en otros como fuente de alimentación. Presentando condiciones especiales de instalación.

4.5. ESTRATEGIAS DE GESTIÓN ACTIVA DE LA DEMANDA

Básicamente desde la perspectiva y definición de una vivienda inteligente, existen dos formas de gestionar las cargas en función del ahorro y la eficiencia energética.

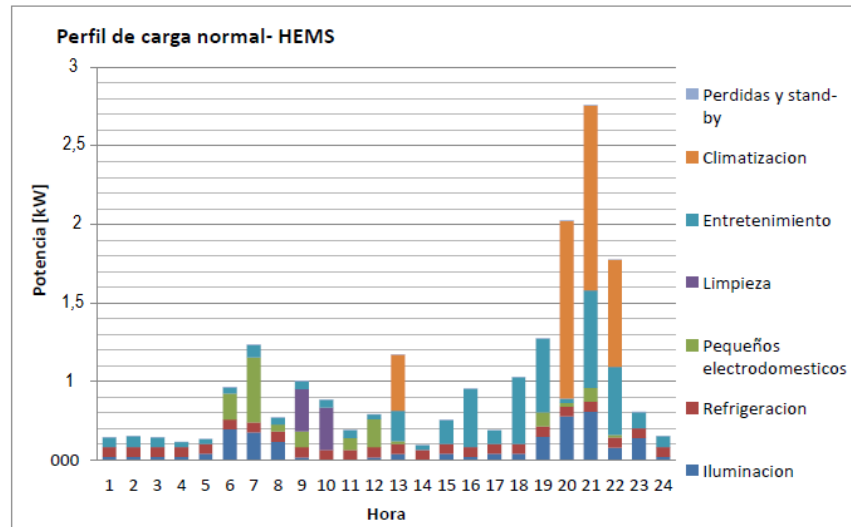
- Por medio de los dispositivos de control y monitorización
- Por medio de la gestión de fuentes alternativas

4.5.1 Gestión con dispositivos de control y monitorización.

La implementación de dispositivos de control y monitorización como tomas y regletas inteligentes, termostatos, electrodomésticos inteligentes y todos los elementos necesarios para la conformación de un sistema HEMS descritos en el *capítulo 2*, permiten al usuario una gestión activa de la demanda, posibilitándole un manejo consiente de la red interna de acorde a sus necesidades y patrones de uso; provocando una disminución en el consumo promedio de las cargas del hogar. De esta manera, el sistema puede actuar automáticamente dependiendo de las programaciones del usuario, y así, por ejemplo a través de tomas inteligentes con control ON/OFF, se pueden desconectar cargas programadas en horas picos, además de que el sistema informe los consumos en tiempo real para que el usuarios o el sistema tome decisiones de acuerdo a estos.

En el *anexo F* se presenta una distribución de los dispositivos inteligentes en el interior del hogar al igual que los electrodomésticos que gestiona. Según el respectivo análisis de gestión energética elaborado por los autores de [2] para este escenario, se concluye una disminución importante en los perfiles diarios de consumo empleando el sistema HEMS (*figura 43*), el cual permitió un manejo eficiente a las cargas y la disminución de pérdidas de la vivienda.

Figura 43. Perfil de carga con HEMS



Fuente: [2]

4.5.2 Gestión con fuentes alternativas.

Realmente la gestión de las cargas a través de fuentes alternativas no es con el fin de disminuir el consumo de los elementos del hogar, sino disminuir la demanda que estos hacen a los proveedores de red; lo que es fundamental para el ahorro energético y económico por parte de los usuarios. A continuación se nombran algunas ventajas de la gestión con fuentes alternativas.

- Se pueden establecer planes de interacción de energías alternativas en horas pico, donde la tarifa energética es más costosa y así reducir los valores de facturación; de igual forma, dependiendo de la capacidad del sistema, se pueden alimentar solo las cargas de mayor consumo, achatando el perfil de carga de la vivienda.
- Las fuentes de energía alternativa también proporcionan respaldo a las cargas conectadas a este, en caso de falla del suministro eléctrico; por lo que una correcta selección de las cargas a alimentar, proporcionaría seguridad y estabilidad al usuario final.

Como se puede apreciar, los dos escenarios generan una forma igual de importante para gestionar las cargas en el interior de la vivienda, en el primero se reduce el consumo y se eliminan las pérdidas y en el segundo se evita la demanda hacia el proveedor de red, además de ofrecer respaldo a las cargas; por tal motivo, una gestión eficiente de la

vivienda se realiza con la inclusión, control e interacción de estos dos elementos en el hogar.

Determinado las cargas especiales en el interior de la vivienda y las estrategias de gestión energética, a continuación se establecen criterios de diseño que permita el manejo eficiente de la vivienda.

4.6. CRITERIOS DE SEGMENTACIÓN DE CARGAS.

La segmentación de las cargas es una de las formas en que se puede gestionar un control más organizado en el interior de la vivienda, ya que permite administrar eficientemente las soluciones de manejo energético que se mencionaron anteriormente. De esta forma, si se dividen estratégicamente los circuitos que alimentan las cargas especiales, se posibilita la creación de planes automáticos de operación de acuerdo a la programación del usuario. Por ejemplo, con la integración de los dispositivos inteligentes y la gestión con fuentes alternativas, en horas pico se puede accionar que solo los circuitos de refrigeración e iluminación se alimenten desde la energía alternativa, evitando el consumo a la red; o que en el momento de falla en el suministro eléctrico, la fuente renovable solo respalde las cargas prioritarias, como un circuito de iluminación, el del computador y el de refrigerador. En fin, existen muchas estrategias y formas de control que depende exclusivamente de las necesidades y patrones de consumo de los usuarios, pero que su objetivo es aumentar la calidad de vida de las personas y contribuir a la eficiencia y ahorro energético.

A continuación se muestra la segmentación de los circuitos ramales en una vivienda tipo de estratos 3 y 4, en la cual los autores de [2] toman como referencia la oferta inmobiliaria mostrada en la *tabla 15*; adicional a esta, se introduce las cargas requeridas por la red inteligente ya mencionadas.

Tabla 16. Distribución de los circuitos ramales en una vivienda inteligente

# del circuito	Denominación	Área del hogar
Circuito 1	Iluminación	Zona de ropas, cocina, sala comedor, estar de TV y terraza
Circuito 2	Iluminación	Alcoba principal, alcobas auxiliares y baños

Circuito 3	Entretenimiento	Estar TV, alcoba principal y auxiliares
Circuito 4	Plancha y lavado	Zona de ropas
Circuito 5	Electrodomésticos de cocina	Cocina
Circuito 6	Refrigeración	Cocina
Circuito 7	Climatización	Alcoba principal
Circuito 8	Pequeños artefactos	Sala-comedor, terraza y baños
Circuito 9	Alimentación red de control	Cuadro de control
Circuito 10	Carro eléctrico	Garaje

Fuente: Complementado [2]

Los circuitos sombreados en la *tabla 16* ejemplifican los criterios para el seccionamiento de las cargas prioritarias en la vivienda unifamiliar, que se basan en las cargas especiales y en las estrategias de gestión energética en la vivienda ya especificadas.

De igual forma a continuación se enumeran los criterios de seccionamiento por orden de importancia.

- a) Circuito para la alimentación de control inteligente: La alimentación de estos dispositivos es vital para el funcionamiento de la red, ya que se encargan de realizar el control, automatización y la monitorización de todas las acciones de la vivienda, por lo que depende de ellos las operaciones de gestión energética.
- b) Mínimo un circuito de iluminación: Permite tanto la disminución del consumo en horas pico, como el respaldo de emergencia en caso de falla del servicio de energía.
- c) Un circuito de computación: Debido a la importancia para el trabajo y el estudio
- d) Circuito de refrigeración: Permite disminuir el perfil de carga y el respaldo de energía.
- e) Circuito de climatización: Cuando exista la carga, es indispensable la gestión con fuentes alternativas en horas pico para disminuir el perfil de carga.

4.7 GESTIÓN RESIDENCIAL DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO

Como se expresó anteriormente la inclusión del vehículo eléctrico a la vivienda, origina una condición particular en el sistema residencial, ya que se pueden presentar dos escenarios que generan dos enfoques diferentes y que se analizan a continuación:

4.7.1. Vehículo eléctrico como generador.

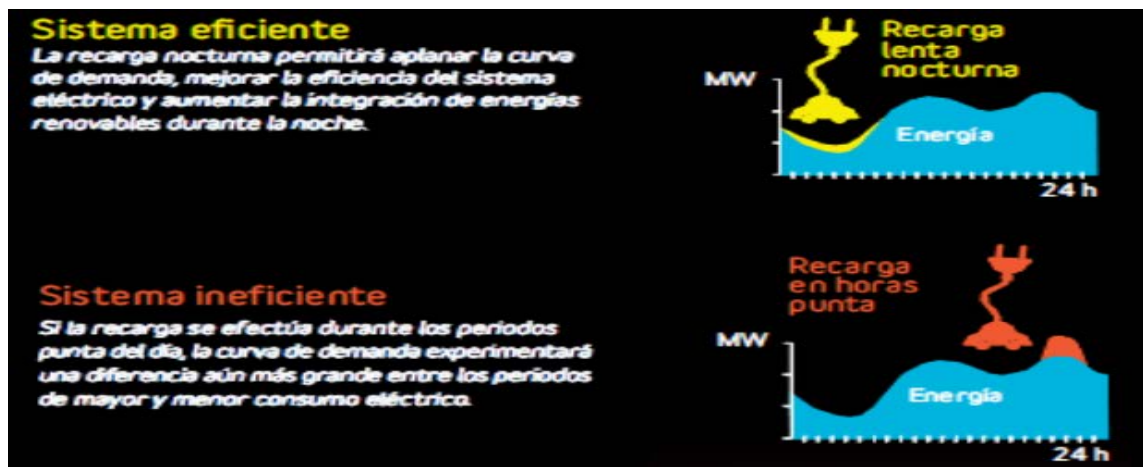
En este escenario el vehículo eléctrico se incorpora a la red doméstica como una fuente de energía alternativa, donde las estrategias de gestión energética se analizan en el numeral 4.5 del presente documento.

4.7.2 Vehículo eléctrico como carga.

En este escenario la gestión energética se enfoca a los momentos en los cuales se debe realizar la recarga del vehículo eléctrico desde el hogar, ya que como se aprecia en la *tabla 5*, este presenta una demanda importante a la red cuando se produce dicha carga.

Si se observa el comportamiento del perfil de cargas, se denota unas horas valle donde es ideal recargar la batería del coche eléctrico, donde se presenta una tarifa baja y sin saturar la red. La *figura 44* muestra cómo se comporta la red ante dos escenarios, uno bajo gestión inteligente y el otro bajo la operación típica energética.

Figura 44. Escenarios de carga del vehículo eléctrico



Fuente: José María Salmerón Ozores, Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera, universidad Carlos III de Madrid 2012

Como se muestra la figura anterior, un sistema de gestión de cargas inteligentes, además de aplanar la curva de demanda por medio del deslastre de carga, evitaría el sobredimensionamiento de la red eléctrica domiciliaria y el desaprovechamiento de energía como sucede en las horas valle.

5. LEYES, PROGRAMAS Y REGLAMENTOS VIGENTES EN COLOMBIA

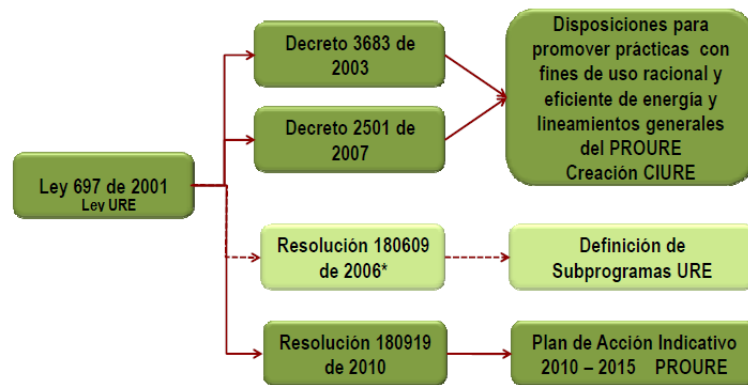
Actualmente en Colombia los reglamentos que se enfocan hacia el diseño y construcción de redes internas residenciales no mencionan explícitamente aspectos obligatorios para la instalación de una red inteligente dentro del hogar.

Sin embargo, el Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero Energética UPME han desarrollado desde hace más diez (10) años una serie de leyes, decretos y resoluciones que propician e impulsan el uso racional y eficiente de la energía en *“procura del abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana y la protección al consumidor, así como la promoción de fuentes no convencionales, de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales”*³⁹

5.1. LEY URE

En la *figura 45* se muestra los decretos y resoluciones que se han llevado a cabo con el fin de garantizar con lo establecido en la ley 697 de 2001-Ley URE-, decretada por el congreso de la república y ejecutada por El Ministerio de Minas y Energía, los cuales se especifican en el *anexo D*

Figura 45. Decretos y resoluciones de la Ley URE



*Derogada por resolución 180919 de 2010

Fuente: Ministerio de Minas y Energía-Unidad de Planeación Minero Energética UPME, “PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO 2010-2015-RESUMÉN EJECUTIVO”, MME-UPME. 2010

³⁹ Ministerio de Minas y Energía, resolución 180919 del 1 Junio 2010.

5.1.1 Ley 697 de 2001-Ley URE. Uso Racional y Eficiente de la Energía

En esta ley el congreso de Colombia declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional [24], enfocados a la eficiencia energética, protección al consumidor y promoción a la utilización de energías alternativas; de igual manera establece responsabilidades, incentivos y sanciones. El punto más importantes es el artículo cinco (5), el cual crea el *Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales PROURE* y establece como ejecutor al Ministerio de Minas y Energía, indicando el objetivo de aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética. Esta ley se reglamenta en el decreto 3683 de 2003 en el cual la se crea la *Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía, CIURE*, con el fin de asesorar y apoyar al Ministerio de Minas y Energía para el cumplimiento de los objetivos planeados.

En el decreto 2501 de 2007 se establecen los productos y procesos a los que el programa PROURE dispondrá de incentivos y medidas referentes a los reglamentos técnicos con el fin de propiciar el uso racional y eficiente de energía eléctrica; los cuales se incluyen en la resolución 180919 del 2010, la cual crea el Plan de acción indicativo 2010-2015 con el objetivo de desarrollar este programa.

5.1.2 Plan de acción indicativo 2010-2015

El plan de acción es un programa lanzado por el Ministerio de Minas y Energía con el fin de desarrollar el programa PROURE; en este plan que va hasta el 2015 y con visión al 2020 en donde el periodo entre el 2015 -2020 corresponde a una segunda fase del plan, *“con estrategias y acciones que se procurarán desarrollar mediante la concertación de los alcances y establecimiento de los compromisos con los actores tanto públicos como privados con miras a lograr los impacto esperados...”*⁴⁰, se establecen una serie de objetivos específicos, subprogramas estratégicos y prioritarios, enfocados a los sectores residenciales, industriales, de transporte, comerciales, públicos y servicios para el

⁴⁰ Ministerio de Minas y Energía-Unidad de Planeación Minero Energética UPME, “PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO 2010-2015-RESUMÉN EJECUTIVO”, MME-UPME. 2010

cumplimiento de las metas de eficiencia energética que se mencionan en la misma resolución.

Por cuestiones de interés del presente proyecto se muestran a continuación los subprogramas establecidos en el sector residencial y las acciones a desarrollar en el subprograma de diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de viviendas.

Figura 46. Desarrollo de sub-programas del sector residencial, Proyecto PROURE



Se puede observar que en las líneas de desarrollo del subprograma de vivienda se presentan programas para implementar el diseño y construcción de viviendas sostenibles con conceptos de eficiencia energética, basados en referentes normativos y reglamentarios; lo que permite prever que la inclusión progresiva de las viviendas inteligentes como una necesidad de gestión y ahorro energético en un futuro próximo es un hecho en Colombia.

5.2. LEY 1715 DE MAYO DEL 2014- INTEGRACIÓN Y REGULACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

La ley 1715 tiene como objetivo primordial incentivar el desarrollo del país e integrar al mercado eléctrico energías no convencionales, primando las de carácter renovable. Esta iniciativa podrá beneficiar áreas apartadas donde el tendido eléctrico no tiene presencia y prestar apoyo energético en los centros urbanos.

Para el desarrollo de estas fuentes de energía es primordial proporcionarle un piso jurídico y reglamentario para su práctica, lo que fomenta la inversión, la investigación y el crecimiento de la nación. En consecuencia, las entidades estatales encargadas de velar por la realización de lo dicho anteriormente es el Ministerio de Minas y Energía, la Comisión de Regulación de Energía y gas (CREG), la Unidad de Planeación Minero Energética(UPME), el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Lo anterior proporciona un fundamento a la incorporación de las energías renovables en el hogar y más específicamente la energía solar; donde el gobierno nacional fomentará este tipo de tecnologías que contribuyen a la generación distribuida con fuentes no convencionales de energías renovables (FNCER). Esta implementación conlleva a la medición de la energía generada por los módulos fotovoltaicos domésticos, circunstancia que transforma la forma de transmisión actual al usuario final.

5.3. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS-RETIE-

El Ministerio de Minas y Energías expide en la resolución número 90708 del 30 de Agosto del 2013, la última actualización del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE-; el cual tiene como objeto *“establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida animal como vegetal y la preservación el medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico”*[25] y que establece especificaciones para las instalaciones eléctricas, a los productos utilizadas en ellas y a las personas que las intervienen.

Las especificaciones de diseño que se presentan en el actual trabajo de investigación están basadas en las indicaciones del reglamento, el cual se apoya en la Código Eléctrico

Colombiano especificado en la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 [26]; en donde en el *anexo D* se resumen las pertenecientes a las instalaciones residenciales.

5.4. REGLAMENTO TÉCNICO PARA REDES INTERNAS DE TELECOMUNICACIONES

-RITEL-

Este reglamento fue expedido por la Comisión de Regulación de Comunicaciones CRC, en la resolución N° 4262 de 2013 [27], y se determina como fecha de entrada el 1° de agosto de 2014⁴¹. El RITEL establece las medidas relacionadas con el diseño, construcción y puesta en servicio de las redes internas de telecomunicaciones en Colombia. En su contenido presenta un conjunto de definiciones, obligaciones, especificaciones técnicas y medidas de inspección, control y vigilancia que regula tanto la construcción de redes internas de telecomunicaciones como a los propietarios, fabricantes, proveedores y distribuidores de elementos utilizados en la construcción de dicho servicio. A pesar de que el alcance RITEL solo incorpora la infraestructura requerida por los servicios de telecomunicaciones⁴² mostrados en la *figura 47*, las indicaciones de este reglamento permiten adoptar las pautas de diseño para el trazado de las redes de control y comunicación que implementa la vivienda inteligente.

Figura 47. Servicios de telecomunicaciones



Fuente: Adaptado de “Infraestructura comunes de telecomunicaciones” ICT.

⁴¹ <http://www.crcm.gov.co/?idcategoria=64054>

⁴² En los alcances de los capítulos 2, 3 y 4 (especificaciones técnicas) del RITEL *“no incluye especificaciones técnicas relativas a los sistemas de comunicaciones privadas de los inmuebles, tales como comunicaciones internas de datos... Dichas redes deben ser independientes de la red interna de telecomunicaciones”*

5.4.1 Red interna de usuario

Para propósitos del diseño de las instalaciones de la red inteligente doméstica, se presenta la estructura de la red interna del usuario de los servicios de telecomunicaciones especificada por el RITEL, donde sus componentes se describen en la *figura 48* y sus especificaciones como las demás redes internas del edificio, se presentan en el *anexo D*.

Figura 48. Disposición de los recintos en la red interna de usuario



Fuente: Adaptado de "Infraestructura comunes de telecomunicaciones" ICT. España

Una de las definiciones más importantes en la infraestructura interna de telecomunicaciones es el Punto de Acceso al Usuario -PAU, el cual se encuentra en las cajas de terminación de red y es el punto donde los servicios de telecomunicaciones con sus respectivos cables acometen la vivienda para su respectiva distribución por las diferentes estancias en el interior del hogar.

6. PAUTAS, RECOMENDACIONES Y CRITERIOS DE DISEÑO

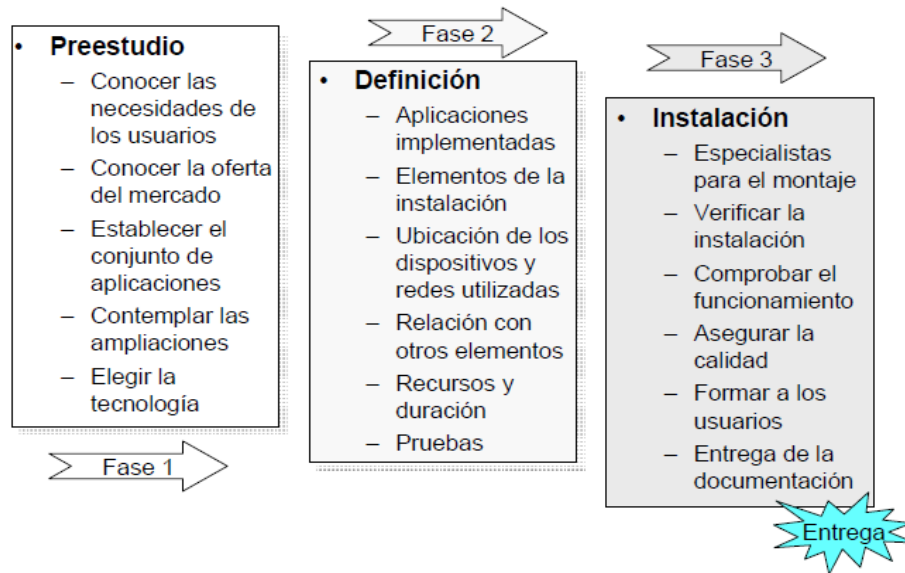
El proyecto de una vivienda inteligente cambia de cierta manera el diseño tradicional de los sistemas eléctricos que se realizan en los domicilios unifamiliares, ya que aparte de incorporar nuevos dispositivos funcionales y fuentes de energías alternativas, existen nuevas formas de control y monitorización que conllevan a la incorporación de sistemas de alimentación y comunicación independientes a los de fuerza y telecomunicaciones empleados en las instalaciones típicas; generando nuevos requisitos estructurales en el interior de la vivienda que soporten las aplicaciones y servicios previstos por los usuarios.

Los componentes necesarios para la implementación de una red inteligente en el interior del hogar, así como su funcionamiento y diferentes topologías, se han analizado a lo largo del presente libro. Presentando en este capítulo requerimientos y criterios de diseño genéricos que permitan la incorporación de estos sistemas en la estructura interna de la vivienda, los cuales estarán dentro del marco normativo y reglamentario vigente en Colombia.

6.1 PROYECTO DE LA VIVIENDA INTELIGENTE

Debido a la naturaleza innovadora de una vivienda inteligente, que incorpora en su funcionamiento un gran componente de las nuevas y cambiantes tecnologías de la información y comunicación (TIC), y que estas están orientadas a satisfacer las necesidades y requerimientos de los usuarios; los proyectos de viviendas inteligentes se deben constituir en diferentes etapas que establezcan una metodología clara para llevar a cabo en buenos términos el logro final del proyecto. Dichas etapas se presentan en la siguiente figura donde se establecen los elementos de cada una de estas.

Figura 49. Etapas de proyecto de vivienda inteligente unifamiliar



Fuente: [22]

La fase de *pre-estudio* se centra en el conocimiento lo más detalladamente posible de las necesidades y expectativas del usuario, y con base en esto y a la oferta del mercado, se contemplan el conjunto de aplicaciones posibles a instalar en la vivienda; es una etapa de investigación y análisis de los requerimientos actuales y futuros de los usuarios.

En la etapa de *definición* se determina el diseño estructural de la vivienda, donde se definen las aplicaciones, los elementos de instalación, ubicaciones, tuberías y demás componentes necesarios para la instalación definitiva del hogar inteligente; en esta fase se ubica el presente proyecto de investigación, el cual genera herramientas de diseño útiles para la implementación de una *Smarthome*. Finalmente en la *instalación*, se realiza el montaje y cableado de los dispositivos en los conductos previstos, se realiza ensayos de funcionamiento y se capacita al usuario en el manejo y los servicios de la red inteligente.

6.2 APLICACIONES IMPLEMENTADAS

Las aplicaciones y servicios implementados en una vivienda inteligente están en función de los requisitos de los usuarios, los cuales se han establecido después del *pre-estudios* del sistema. Cada compañía presenta infinidad de servicios para el hogar, con diferentes prestaciones y modos de instalación; sin embargo, se presentan algunas de las aplicaciones más genéricas instaladas en el interior de la vivienda, donde se clasifican en

servicios de seguridad, ahorro energético y confort, aparte de recomendar la ubicación de dichas aplicaciones.

Figura 50. Servicios genéricos en la vivienda

	Servicios/Estancias	Entrada y Pasillos	Cocina	Sala-Comedor	Baños	Habitaciones	Trastero	Terraza y Zonas Exteriores
SEGURIDAD	Alarma de Agua		●					
	Alarma de Gas		●					
	Sistema Anti-Intruso	●						
AHORRO ENERGÉTICO	Activación Alumbrado Automático						●	●
	Desact. Aire Acond. por ventana abierta			●		●		
	Aire en modo Economy por ausencia de personas	●				●		
	Temporización de Electrodomésticos		●		●			
	Gestión Auto. De persianas y toldos.			●		●		●
CONFORT	Regulación de Alumbrado			●		●		
	Control de Persianas			●		●		
	Mando y Control RF							●
FUNCIONES CENTRALIZADAS	Ambientes personalizados		●			●		●
	Simulación de presencia	●						
	Pantalla Táctil			●				

6.3 REQUISITOS PARTICULARES DE INSTALACIÓN

A continuación se muestra el resumen de los componentes necesarios para realizar el control y la monitorización de la vivienda inteligente y que se encuentran integrados en la topología mostrada en la *figura 21*; especificando criterios y recomendaciones de la instalación e infraestructura necesaria.

Tabla 17. Elementos de la vivienda inteligente

ELEMENTOS DE LA VIVIENDA INTELIGENTE		
Componentes	Características Funcionales	Criterios y recomendaciones generales de Instalación
Dispositivos de La red HAN		
Actuadores	Encargados de realizar el cambio de estado del sistema o dispositivo a controlar, puede recibir ordenes de un controlador central o poseer su propia inteligencia.	Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control y/o alimentación del dispositivo.
Sensores	Identifica la variación del parámetro a controlar y transmite la señal al controlador para que este opere; generalmente usado para el control de iluminación y seguridad. Se ubican a lo largo de la vivienda	Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control y/o alimentación del dispositivo al controlador.
Controladores	Puede existir un único controlador central o hub (control central), encargado de operar todo el sistema o múltiples controladores dispuestos a lo largo en la vivienda (control distribuido) y en cercanías a los servicios a controlar; algunas compañías el control se encuentra en el mismo dispositivos con los actuadores.	<p>Controlador central</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Instalarlo en un punto donde converjan todas las líneas de control, se recomienda en inmediaciones a los PAU de la infraestructura de telecomunicaciones y a su vez del tablero de distribución eléctrico. 2. Disponer de la estructura para el canal de comunicaciones existente con el Gateway. 3. Ubicarlo en un espacio suficiente espacioso para la fácil instalación de los conductores. 4. Ubicarlo en el mismo gabinete, con la fuente de alimentación, si es necesaria. <p>Control distribuido</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se recomienda ubicarlo en cada estancia en gabinetes con carriles DIN. 2. Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control y/o alimentación del dispositivo.
Tomas Inteligentes	Medición de energía Eléctrica, control ON/OFF, tensión de trabajo 120 V, interfaz de comunicación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control. 2. Se recomienda instalarlos para uso de electrodomésticos, nevera, lavadora, secadora ya que posibilita una gestión eficiente de estos artefactos.
Electrodomésticos Inteligentes	Son dispositivos finales y de mayor consumo energético de la vivienda, poseen interfaz amigable con el usuario, planes energéticos automáticos y permiten control local y remoto.	Disponer de medio físico que permita la comunicación alámbrica entre este y el controlador.
Interfaces de Usuario	Dispositivos que establece la comunicación entre el sistema y el usuario, permite de forma amigable controlar el sistema inteligente por medio de aplicaciones interactivas dispuestas en una pantalla.	Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de comunicación y alimentación DC si requiere.

Gateway	Dispositivo que opera de interfaz entre las redes internas y permite la comunicación de estas con la red de acceso servida por los proveedores de servicio. Poseen funciones de seguridad de comunicaciones y puede aplicar algunas funciones de control.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicarlo en cercanías a un punto de acceso a Internet y a la convergencia de las redes internas domesticas; por tanto, se recomienda instalarlo en aproximaciones a la caja de terminación de red donde se ubica el PAU del servicios de telecomunicaciones. 2. Ubicar una toma de CA en inmediaciones del Gateway para su alimentación.
Dispositivos AMI		
Medidor Inteligente	Soporte AMI, comunicación y medición bidireccional, interfaces Ethernet e inalámbricas, conexión y desconexión de la energía vía remota	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponer de una ducteria que permita la comunicación con el Gateway. 2. La instalación debe cumplir con los requisitos del RITIE
Redes HAN		
Redes de banda ancha	Requisitos amplios de velocidad y de banda ancha, debido a que soporta grandes volúmenes de información audiovisuales y/o datos; se puede apoyar de la infraestructura de telecomunicaciones para formar una red de datos o de las tecnologías inalámbricas para aplicaciones audiovisuales.	Los criterios de estas redes se especifican al Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones RITEL, mostrado en el anexo D
Red de Control	Red de comunicaciones inalámbrica o cableada, permite el control y monitorización de la vivienda inteligente; por tanto es el medio en donde se conecta los dispositivos encargados para este fin y los electrodomésticos inteligentes. Esta red es independiente a la red de banda ancha y a las redes de telecomunicaciones existentes en la vivienda.	Se debe disponer de una infraestructura independiente de las redes de potencia y de telecomunicaciones para el trazado de esta red; sin embargo, como los elementos de control están dispuestos en diferentes áreas de la vivienda, se puede aumentar la ducteria básica reglamentaria (eléctrica y de telecomunicaciones) para el trazado de la red de control.
Red de Acceso	Son las servidas por los proveedores de servicios de telecomunicaciones y permiten la conexión a internet para permitir aplicaciones remotas de la vivienda inteligente.	La infraestructura de la red de acceso se encuentra especificada en el RITEL
Sistema fotovoltaico		
Paneles Solares	Convierte la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica	Es importante instalar el panel con la inclinación precisa para el máximo aprovechamiento de la energía solar
Regulador de Carga	Se encarga de controlar la carga de las baterías del sistema, protegiendo a los acumuladores de sobrecargas y descargas profundas del sistema	Para su selección tener en cuenta diferentes parámetros como la clase de regulación a la cual opera el dispositivo (serie o paralelo), tipo de batería que se le puede conectar, luces de alarma y temperatura de trabajo.
Acumulador	Almacena la energía eléctrica proveniente de los módulos fotovoltaicos para luego liberarla cuando sea requerida por el sistema	Dependiendo al tipo de uso (altas temperaturas, descargas profundas, bajo mantenimiento etc..) que va soportar las baterías se escoge entre las distintas variedad de estas existente en el mercado para que tengan un mejor rendimiento

Inversor/Cargador	Su función es convertir la corriente en DC proveniente de las baterías y los paneles a corriente en AC la cual es inyectada a las cargas; de forma contraria puede cargar los acumuladores tomando energía del lado de AC. Además en este dispositivo convergen las conexiones de la red eléctrica pública, baterías, cargas del hogar y si existen otras fuentes de respaldo tanto en AC y DC	El tipo de batería debe ser compatible con el Inversor/Cargador
Controlador	Gestiona la interacción entre el sistema fotovoltaico, red eléctrica y los circuitos de carga residencial. Esta intercomunicado con el regulador de carga, inversor/cargador por medio de un Hub	Los cables utilizados para interconectarse con el controlador no deben estar en ductos con conductores para AC o en otros ambientes eléctricamente ruidosos; esto puede afectar la calidad de transmisión
Hub	interconecta el regulador de carga, Inversor/Cargador y otros dispositivos si es necesarios con el controlador	Los cables utilizados para interconectarse con el controlador no deben estar en ductos con conductores para AC o en otros ambientes eléctricamente ruidosos; esto puede afectar la calidad de transmisión
Estación de carga para vehículos eléctricos		
Estación de carga	Es la encargada de proveer la energía de funcionamiento al carro eléctrico	Los conductores de la acometida deberá tener la sección adecuada a la intensidad máxima requerida para la carga del vehículo cumpliendo todas la especificaciones del RETIE
Conectores y conductor eléctrico	Es el medio de transmisión de la energía eléctrica entre la estación de carga y el vehículo eléctrico	Deberá regirse bajo el marco legal de normas internacionales como IEC 61852 (modos de carga) y IEC 62196-2 (conectores)
Vehículo eléctrico	Opera como carga cuando demanda energía para su funcionamiento y como fuente en momento en que dispone la batería del vehículo energía para suplir un porcentaje de la demanda energética del hogar	-----

La instalación y diseño de los elementos que soportan la red inteligente, se deben incorporar en la estructura interna respetando las normas y reglamentos vigentes en Colombia; por lo que los métodos de diseño eléctrico, como las especificaciones mínimas de una instalación tradicional y todo aquel requisito descrito en el RETIE, RITEL y la norma NTC2050 se deben considerar en el planteamiento de una vivienda inteligente; con la indicación de que es necesario integrar una nueva infraestructura que soporte la alimentación, comunicación e instalación de los elementos que definen una red inteligente doméstica. Lo anterior se puede identificar en los sistemas analizados en el *capítulo 2* del presente libro y los requerimientos mostrados en la *tabla 17*, los cuales demandan

cableados independientes a los de fuerza y telecomunicaciones exigidos normalmente por la vivienda, creando condiciones especiales las cuales se analizan a continuación:

6.3.1 Sistema de baja potencia.

En la estructura de una red inteligente, se puede identificar que algunas compañías alimentan los dispositivos de control y monitorización con corriente continua, utilizando un inversor AC/DC que opera como alimentador del sistema; las características de estas fuentes de poder es energizar los diferentes elementos a una tensión entre 20 a 30 VDC y con bajas potencias; como se puede ver en la *tabla 18*.

Tabla 18. Alimentadores de baja potencia

Elementos	Compañía	Tensión DC	Máxima Potencia	Corriente Nominal
SC/S 30.640.3.1	ABB i-bus	30[VDC]	55 [W]	640 [mA]
81025-39	Simon VIS	24 [VDC]	72[W]	3[A]
81020-39	Simon VIS	24 [VDC]	15 [W]	600 [mA]
EN60065	bticino-My Home	27 [VDC]	32[W]	1,2 [A]
E49	bticino-My Home	27 [VDC]	16[W]	600[mA]

Fuente: Catálogos⁴³

Este tipo de sistemas de alimentación y su instalación correspondiente se pueden clasificar como *circuitos clase 2*; los cuales la norma NTC 2050 en la sección 725 los denomina como “*circuitos de potencia limitada que no forman parte integral de un dispositivo o artefacto eléctrico y que están energizados por una fuente clase 2*”, las cuales deben que cumplir con los requisitos de la *tabla 19*, y se considera seguro desde el punto de vista de la iniciación del fuego y ofrece protección aceptable contra choque eléctrica.

⁴³ ABB i-bus KNX, EIB/KNX Power Supply, 160mA, MDRC; Catálogo general Domótica Simon VIS, Catálogo Guía del instalación biticino-MY-Home

Tabla 19.Limite de las fuentes de alimentación de DC de Clase 2

Fuente de alimentación		Fuente de alimentación de potencia limitada intrínseca (no requiere protección contra sobrecorriente)				Fuente de alimentación de potencia limitada no intrínseca (requiere protección)	
		Clase 2				Clase 2	
Tensión de la fuente en V (V _{max})		De 0 a 20	De 20,01 a 30	De 30,01 a 60	De 60,01 a 150	De 0 a 20	De 20,01 a 60
Limite de potencia en VA (VA _{máx})		-	-		-	250 (véase Nota 3)	250
Limite de corriente en A (I _{max} *)		8,0	8,0	150/V _{max}	0,005	1.000/v _{max}	1.000/V _{max}
Protección máxima contra sobrecorriente (A)		-	-	-	-	5,0	100/V _{max}
Valores nominales por placa de la fuente de alimentación	Voltamperios (VA)	5,0	100/V _{max}	100/V _{max}	0,005 x V _{máx}	5,0 X V _{máx}	100
	I(A)	5,0	100/V _{max}	100/V _{max}	0,005	5,0	100/V _{max}

Fuente: Modificado de Tabla 11.b)- Capitulo 9 NTC 2050.

Se puede observar que las fuentes analizadas en la *tabla 19* se encuentran ubicadas en la última columna de la tabla anterior; por lo tanto, estas requieren protección contra sobrecorriente, la cual se especifica en la misma tabla.

En la *tabla 20* se especifican los criterios que se deben tener en cuenta par la instalación de estos sistemas, los cuales dependiendo de la tecnología puede tener el circuito de alimentación y el circuito de control en forma independiente; estos criterios están basados en la NTC 2050; presentando e igual forma recomendaciones pertinentes.

Tabla 20.Requisitos para sistemas de baja potencia

Requisito	Comentarios
Canalización	
Circuitos de alimentación DC y control-Circuito de fuerza	Excepciones
Los circuitos <i>clase 2</i> y los de control no deben ubicarse en ningún encerramiento con los circuitos de fuerza. ⁴⁴	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estén separados por una barrera 2. Si los circuitos de fuerza alimenten dispositivos con conexiones de circuitos <i>clase 2</i>, estos deben estar separados más de 6 mm. 3. En otra aplicación deben estar separados como mínimo 50 mm.
Circuito Alimentación DC-Circuito de control	Observaciones

⁴⁴ NTC 2050 Sección 725-54, a).1

Se permite que el mismo encerramiento haya cables de los circuitos clase 2 o circuitos de alimentación con cables de comunicación o control si estos son independientes ⁴⁵ .	1. Los circuitos de clase 2 deben estar certificados con resistencia al fuego o 2. Los dos tipos de circuitos (alimentación y control) deben tener cables enchaquetados.
Circuitos de Alimentación DC y control-Circuitos de telecomunicaciones	Observaciones.
Por especificaciones del RITEL, las canalizaciones que soportan los cables del servicio de telecomunicaciones son de uso exclusivo de la infraestructura de telecomunicaciones, por lo que los conductores de alimentación DC y los de control deben ir en tuberías independientes.	RITEL, Alcance de los capítulos 2,3 y 4
Tipo de Cables	
Cable de alimentación.	Observaciones
Para el cableado de los circuitos de alimentación DC e instalado en canalizaciones, se debe utilizar como mínimo cables tipos CL2X. ⁴⁶	1. Para circuitos exclusivamente de alimentación, se recomienda utilizar cables calibre 18 AWG. 2. Para cables donde los datos se transmitan en el mismo cable de alimentación, se debe tener en cuenta las especificaciones de los proveedores. Generalmente se utiliza cables par trenzados de 20 y 22 AWG
Cable de control	Observaciones
Deben estar certificados como resistentes a la propagación del fuego. Se debe utilizar cables de par trenzados	Si el control es centralizado se recomienda utilizar cables multíparas con el objetivo de facilitar el tendido por las tuberías, donde el número de cables por canalización se observa en la tabla 21
Cable híbrido	Observaciones
Se permite la utilización de cables híbridos compuestos por conductores de alimentación, de comunicaciones y señalización. ⁴⁷	Los cables híbridos son cables que integran en una misma chaqueta cables para la alimentación y cables de par trenzado para las comunicaciones.

⁴⁵ NTC 2050 Sección 725-54, b).4

⁴⁶ NTC 2050 Sección 725-61, e).Excepción 1

⁴⁷ NTC 2050 Sección 780-6, a)

Tabla 21. Ducteria para cables multíparas en sistemas de comunicación

Diámetro de la tubería cm (pulgada) ⇒	1,905 (3/4)	2,54 (1)	3,81 (1 ½)	5,08 (2)	6,35 (2 ½)	7,62 (3)
No. de pares ↓						
1	7	8				
2	4	7				
3	3	5	10			
4	2	4	9			
5	2	4	9			
6	1	3	8	10		
10	1	1	5	9		

Fuente: RITEL, modificado de Tabla 7

6.3.2 Instalación fuentes fotovoltaicas

La instalación de fuentes fotovoltaicas presenta dos componentes uno de AC y otro de DC; por lo que los requisitos de instalación se presentan por separado. Cabe mencionar que estos están establecidos en base al RETIE y a la NTC 2050.

6.3.2.1 Sistema DC fotovoltaico

A continuación se describen las especificaciones de instalación en función del dispositivo a instalar.

a) Regulador de carga:

- Los conductores que van desde el regulador de carga a los módulos fotovoltaicos y las baterías no deben compartir canalizaciones con conductores de otros sistemas.
- La capacidad de los conductores y las protección contra sobrecorriente entre el modulo fotovoltaico y el controlador de carga no debe ser menor al 125% de la corriente de corto circuito del módulo fotovoltaico.
- La capacidad de los conductores y la protección contra sobrecorriente entre controlador y las baterías no debe ser menor al 125% de la corriente nominal de salida del controlador de carga.
- La caída de tensión desde el controlador de carga al módulo fotovoltaico y las baterías no deben superar el 5%.
- Los conductores que va desde el controlador de carga al módulo fotovoltaico y baterías deben poseer un medio de desconexión.
- Los medios de desconexión deben estar rotulados y ubicarse en una parte visible.

b) Banco de batería:

- Cuando la capacidad de los acumuladores supere los 1000 Ah se deben instalar en cuarto airado aparte de los demás elementos del sistema fotovoltaico.
- La caída de tensión del conductor entre las baterías y el inversor no debe superar el 5%.
- No se permite que la conexión entre los acumuladores en un hogar unifamiliar sobrepase los 50 V

6.3.2.2 Sistema AC fotovoltaico

Para la entrada de la red de distribución en el inversor/cargador se hará por medio de tres cables, dos fases y el neutro, de igual manera se hará con la entrada del circuito del punto de carga VE.

a) Inversor/Cargado

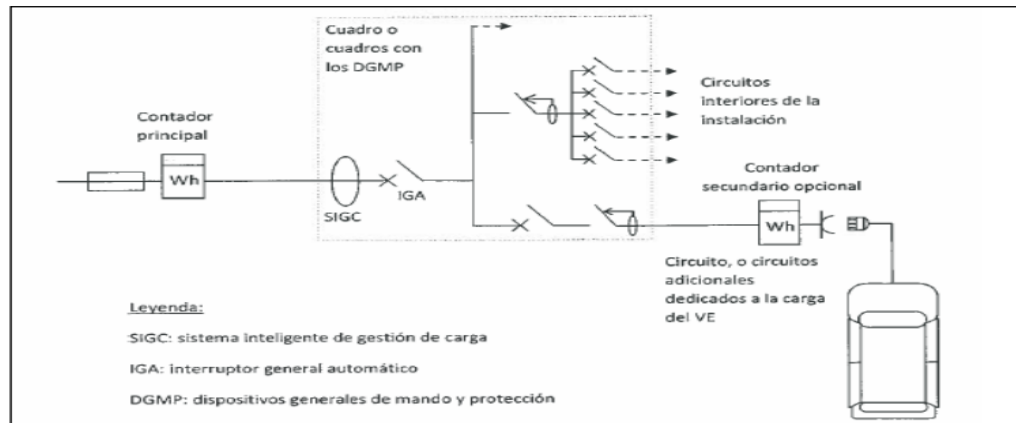
- La capacidad de los conductores y la protección contra sobrecorriente entre las baterías y el inversor/cargador no debe ser menor al 125% de la corriente máxima de carga.
- La caída de tensión del conductor entre la batería y el inversor/cargador no debe superar el 5%.
- La capacidad de los conductores y la protección contra sobrecorriente entre la red pública y el inversor/cargador no deben ser menor al 125% de la corriente máxima de carga.
- La caída de tensión entre el tablero y las cargas respaldadas (pasando por el inversor/cargador) no debe superar el 2%.

6.3.3 Instalación vehículos eléctricos

- a) Circuito de fuerza:** Para la estación de carga se dispondrá de un circuito eléctrico exclusivo para la recarga del carro eléctrico. Como el tipo de carga implementado para inmuebles doméstico normalmente es el lento y se selecciona el modo 3 de recarga, el cual maneja corriente de 12 A. Se recomienda implementar un conductor #12 con temperatura de servicio de 60°C con protección de 15 A, para

una potencia de hasta 1900 W y un tensión de 120 V. Lo anterior se observa en la siguiente figura.

Figura 51. Esquema de instalación de un punto de recarga para el vehículo eléctrico en garaje de una vivienda unifamiliar



Fuente: Guía del vehículo eléctrico para Castilla y León, aspectos básicos para el desarrollo e implantación del vehículo eléctrico.⁴⁸

b) Conectores.

El modo de carga 3 implementado en un hogar inteligente puede adoptar diferentes tipos de conector dependiendo de la potencia y fases de tensión a la cual va operar, se puede implementar los conectores del modo 1 o del 2. Mostrados en la siguiente figura.

Figura 52. Conectores permitidos para los modos 1,2,3,4 de carga

Tipo conector	Nº pins	Normativas	Características especiales
CA 1	5 (L1, L2/N, PE, CP, CS)	IEC 62196-2	Regulación SAE J1772
CA 2	7 (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	IEC 62196-2	Un solo tipo para carga monofásica o trifásica
CA 3	4, 5 o 7 según modelo (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	IEC 62196-2	Tipos diferentes según nivel de potencia
CC 4	9 (2 Potencia, 7 de señal)	IEC 62196-1 UL 2551	Carga rápida en CC Conforme JEVS G105 Tipo CHAdeMO

Fuente: Equipos y sistemas de gestión Inteligentes para la Recarga de Vehículos Eléctricos, CIRCUTOR.⁴⁹

⁴⁸ <http://www.energia.jcyl.es/web/jcyl/binarios/202/597/Guia-Vehiculos-2013,1.pdf>

⁴⁹ http://circutor.com/docs/RVE_SP_Cat.pdf.

6.4 REQUISITOS GENERALES DE INSTALACIÓN.

6.4.1 Capacidad de ducteria

El número máximo de cables en las canalizaciones utilizadas en la estructura de la red interna, ya sea para circuito de fuerza, de telecomunicaciones, de alimentación DC o en los circuitos de transferencia de datos se debe establecer según la siguiente tabla:

Tabla 22. Porcentaje de la sección transversal en tubos conduit y tuberías, para el llenado de los conductores

Número de Conductores	1	2	Más de 2
Todos los tipos de conductores	53%	31%	40%

Fuente: NTC2050, Capítulo 9. A)

Nota: Para calcular el porcentaje de ocupación del conduit, un cable multiconductor de 2 o más conductores se considera como un solo conductor.

6.4.2 Factor de corrección por multiplicidad

Se debe aplicar la reducción de corriente por factor de multiplicidad cuando se tenga en una tubería más de tres conductores portadores de corriente, ya sea en el circuito de fuerza o en el de alimentación DC de los dispositivos de control.

Tabla 23. Factores de ajuste por multiplicidad

Número de conductores portadores de corriente	Porcentaje del valor de las Tablas, ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

Fuente: NTC 2050 Nota 8) de las tablas de capacidad de corriente de 0 a 2000V(310-16 hasta 310-19)

6.5 CABLEADO

Como se puede apreciar en el *capítulo 3* los sistemas que conforman una red HAN cableada se estructuran básicamente mediante una topología en bus y en una topología en estrella; la elección depende de la tecnología implementada, de los requisitos de la

instalación y de las funciones previstas (instalaciones de aplicaciones). En la *figura 53* se muestra un ejemplo de estos dos tipos de escenarios.

Figura 53. Cableado en bus y en estrella en una vivienda unifamiliar



Fuente: Bticino, Guía para el proyecto y la instalación, MY HOME

De la figura anterior se puede realizar las siguientes observaciones:

- El trayecto de la canalización en bus, es similar a la distribución de los circuitos de fuerza tradicionales, por lo que se puede realizar la instalación de los ductos del circuito de control en las mismas regatas, permitiendo disminuir los tiempos de instalación y de intervención en las obras de albañilería.
- Como la topología utilizada en los servicios de telecomunicaciones es en estrella; esta infraestructura sirve de guía para el trazado de la red de control y alimentación a los dispositivos inteligentes cuando se utiliza este tipo de estructura.
- La repartición del cableado desde el tablero de distribución (alimentador) a las cajas de derivación, se realiza en estructura de estrella, sin importar la topología utilizada, por lo que el diámetro de canalización de estos tramos debe ser más

grande que el de los ramales; esta condición es necesaria cuando se implemente la topología de control en estrella.

6.6 RECOMENDACIONES EN LA INFRAESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA INTELIGENTE.

6.6.1 Cuarto técnico

Debido a que la incorporación de un sistema inteligente en una vivienda unifamiliar conlleva a la instalación de nuevos dispositivos hardware necesarios para el control y la monitorización de la vivienda; los cuales fueron mostrados y especificados en la *tabla 17* con sus requerimientos particulares; y que estos se relacionan con la infraestructura eléctrica y de telecomunicación, ya sea con el cuadro eléctrico, con el punto de acceso al usuario PAU o en los puntos de convergencia de los circuitos; se recomienda que se disponga un *cuarto técnico* en el interior del inmueble, en el cual se disponga todos los elementos tanto eléctricos, de telecomunicaciones y control necesarios para el funcionamiento de la red, y donde igual modo converjan todas las redes internas tanto eléctricas como de comunicaciones, facilitando de esta manera el trazado de los conductores, el mantenimiento y ayudando a la estética del interior de la vivienda.

Este cuarto técnico incorporaría los siguientes elementos:

- Cuadro eléctrico con los dispositivos de protección.
- Cuadro “inteligente” con carril DIN donde se incorpore actuadores, fuentes de alimentación, controladores y todos aquellos que se considere necesario para el control y monitorización de la vivienda. Se recomienda que esté empotrado.
- Gateway.
- Caja de terminación de red, que se encuentra los puntos de acceso al usuario de todos los servicios de telecomunicaciones
- Elementos pertenecientes al sistema fotovoltaico, como inversores, controladores, protecciones, contadores, etc.

6.6.1.1 Requisitos del cuarto técnico.

Algunos de los requisitos del cuarto técnico se tomaron en base a los especificados por el RITEL con lo referente a los salones de equipos de telecomunicaciones

a) Ventilación:

- Se recomienda garantizar la adecuada ventilación para mantener las condiciones ambientales referentes a la temperatura, humedad y evacuación de gases, por lo cual se debe disponer ventilación natural directa, ventilación natural forzada por medio de un aspirador estático, o ventilación mecánica que permita una renovación total del aire del cuarto al menos dos veces por hora. Esta recomendación es obligatoria si existe baterías acumuladoras en el cuarto.

b) Instalación eléctrica.

- Los circuitos de iluminación y los que alimentan a las tomas específicas y de uso general, deben ser parte de la carga segmentada que presenta respaldo por las energías alternativas.
- Se recomienda que aparte de la instalación de las tomas específicas que alimentan dispositivos fijos como gateways, concentradores, routers, etc; se dispongan como mínimo dos bases de enchufe con toma de tierra y de capacidad mínima de 16 [A] para uso general.

6.6.1.2 Medidas del cuarto técnico

Los criterios para la especificación del tamaño del cuarto técnico está ligado a la implementación de baterías en el sistema fotovoltaico, ya que estas requieren un área de instalación considerable y depende de la capacidad del sistema. Por lo tanto, se presenta dos escenarios, los cuales se analizan a continuación.

- a) Cuarto técnico sin baterías:** El tamaño del cuarto técnico sin baterías está especificado por las medidas del cuadro de distribución eléctrico, del cuadro inteligente, la caja de terminación de red del servicios de telecomunicaciones y del inversor del sistema fotovoltaico, las medidas de los elementos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 24. Medida de los recintos en el cuarto técnico

	Alto [mm]	Ancho [mm]	Profundo [mm]	Observaciones
Caja de distribución eléctrica	420	300	140	Módulos 2*12, 24 Breakers ⁵⁰
Gabinete inteligente	600	400	250	Con riel DIN ⁵¹
Caja de terminación de red	300	500	60	Dimensiones mínimas RITEL 3 servicios
Inversor	520	470	185	SMA- 4200[W]

Las medidas de los gabinetes dependen de las aplicaciones y el tamaño de la vivienda, por lo que los datos presentados en la *tabla24* son valores estándar proporcionados por los catálogos y usados para el sector residencial, el inversor es el seleccionado para el sistema dimensionado en el *anexo E*

Analizando las medidas anteriores y las medias proporcionadas por el RITEL para los salones de telecomunicaciones se recomienda que el tamaño del cuarto técnico debe presentar como mínimo las siguientes medidas:

Tabla 25. Tamaño del cuarto técnico sin baterías

	Alto [mm]	Ancho[mm]	Profundo[mm]
Cuarto Técnico sin baterías	2300	1000	500

Fuente: RITEL

b) Cuarto técnico con baterías:

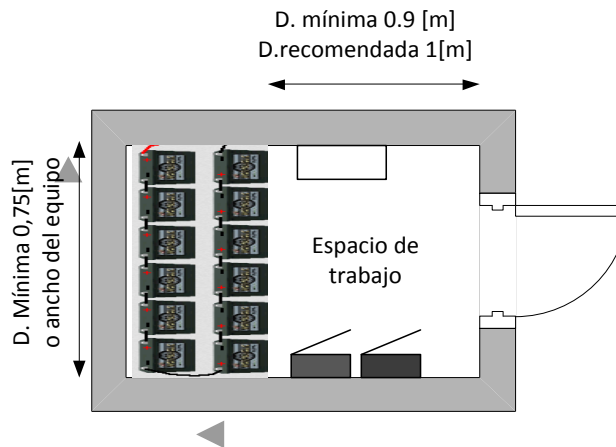
El tamaño del cuarto técnico cuando se incorpore baterías, se establece mediante los espacios de trabajo alrededor de los equipos eléctricos especificados en la sección 110-16 de la NTC 2050 los cuales especifica que *debe mantener un espacio de acceso y trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de dichos equipos*. De igual forma el área ocupada por estas depende de la capacidad del

⁵⁰ SIMENS, Catálogo de equipo eléctrico para la construcción.

⁵¹ Recomendado para vivienda, Catalogo Armario, gabinetes y cajas industriales, Legrand

sistema y de las dimensiones de las baterías utilizadas por el proveedor. En la figura siguiente se especifican los requerimientos mínimos del cuarto técnico.

Figura 54. Especificación de cuarto técnico con baterías



A continuación se especificará el cuarto técnico para el sistema fotovoltaico desarrollado en el *anexo E*

Según los resultados obtenidos para el sistema de 4000[W] es necesarios 16 baterías de 371x391x178 [mm] (alto-ancho-profundo) que ocupan un área de 712x1576[mm], sin embargo, es posible apilar las baterías en dos niveles, resultando un área de 712x788[mm].

Siguiendo las recomendaciones de la *figura 54* el cuarto técnico para este sistema tendría una dimensión de 1[m] x 1,8[m].

6.6.2 Gabinete de distribución por estancia

Debido a la disposición de los elementos actuadores cuando se implementa una topología en bus distribuida y a las observaciones realizadas al sistema Simon VIS, se recomienda la ubicación de un gabinete empotrado en cada estancia de la vivienda, el cual presentaría las siguientes ventajas:

- Facilita el trazado de los conductores.
- Permite mejor organización en la ubicación de los dispositivos (actuadores) en el interior de la vivienda, situando los elementos de control lo más cerca posible a los

dispositivos mandados (luces, persianas, aires acondicionados, electroválvulas, etc)

- Permite que en la topología distribuida, el cableado de fuerza se tienda de la forma tradicional (bus), ya que el control se realiza desde la misma estancia, facilitando la localización de errores cuando el sistema falle.

7. CONCLUSIONES

La implementación integral de una red inteligente en una vivienda unifamiliar, requiere la inclusión de la infraestructura interna del hogar de los Sistemas de gestión energética- HEMS, de la Infraestructura de Medición Avanzada –AMI-, de la integración de fuentes no convencionales de energía FNCE, liderada por los sistemas fotovoltaicos; y la inclusión del sistema de carga del Vehículo Eléctrico (VE); estos sistemas contienen todos los dispositivos que llevan a cabo los servicios de gestión de la energía, del confort y la seguridad aplicados al hogar y que son establecidos por los requerimientos personales de los usuarios finales.

Los sistemas HEMS y AMI establecen los requisitos funcionales que permiten el control, la monitorización y la medición de la vivienda inteligente, los cuales fueron establecidos en la *tabla 1* y que permiten una gestión activa de la demanda y por ende del usuario final; accediendo a servicios especiales como medición desagregada y en tiempo real, tarifas diferenciales, control remoto de las aplicaciones del hogar, servicios de seguridad, manejo eficiente de las energías alternativas incorporadas en el hogar, entre otras.

La segmentación de las cargas de mayor consumo y aquellas indispensables para el usuario y el sistema, analizadas en el capítulo cuatro; es una estrategia enfocada hacia la gestión energética, el ahorro y el suministro continuo, debido a la interacción de estas con las fuentes de energía alternativas, como los paneles solares y el vehículo eléctrico; estableciendo un escenario eficiente en la utilización de recursos no convencionales e impulsando de igual forma la generación distribuida, pilar de una *SmartGrid*.

Para implementar en el hogar un manejo más eficiente de la energía y proporcionarle autonomía de funcionamiento, es primordial dotar a la vivienda una capacidad de almacenamiento de acuerdo a su demanda máxima, la cual depende del estrato socioeconómico del inmueble; constituyendo el espacio físico la limitante, debido que a mayor capacidad de almacenamiento mayor es el número de acumuladores a implementar, por lo que en edificios residenciales multifamiliares donde el área de la

vivienda es reducida, la implementación de baterías no es viable debido a los requisitos de operación, instalación y mantenimiento que la norma establece.

La implementación del punto de recarga del vehículo eléctrico bajo los parámetros de diseños desarrollados en este trabajo, referenciados al modo y tipo de carga, arquitectura, comunicación y control, permite configurar el sistema para realizar la recarga en horarios donde la demanda es baja y el valor de la energía es económica, contribuyendo al aplanamiento de la curva de demanda y al ahorro económico del usuario. Por el contrario si las baterías del vehículo poseen energía podrán suplir parte del consumo del hogar en horas pico.

Se concluye que la incorporación de un cuarto técnico en la infraestructura del hogar donde se incorpore todos los componentes de potencia, de comunicaciones y de control, como los elementos encargados para su instalación y distribución; permite además de una organización estructural que facilita el montaje y el trazado de dichos elementos, una disposición estética de la vivienda. De igual forma el tamaño del mismo depende de la inclusión de baterías acumuladoras del sistema fotovoltaico, escenarios analizados en el capítulo seis.

Diseñar una infraestructura genérica que soporte la instalación de redes internas inteligentes residenciales, requiere un aumento significativo de los elementos instalados en una vivienda tradicional, como ductos, cajas y puntos de derivación; lo anterior es necesario para proporcionarle al usuario un hogar que soporte la mayoría de los requisitos establecidos por este y permita la instalación de elementos futuros sin afectar la construcción del inmueble.

8. RECOMENDACIONES

Si existen limitaciones de espacio para la instalación de acumuladores de los sistemas fotovoltaicos en el interior de la vivienda, se recomienda instalar un sistema *gried-tie*, en el cual la energía transformada es directamente consumida por las cargas de la casa. Bajo este escenario, la realización de acciones de mayor consumo energético como lavado, planchado y recarga del vehículo eléctrico se sugiere realizarlas en horas del día, donde la incidencia solar es mayor; aprovechando de esta manera el máximo del sistema instalado y contribuyendo al ahorro energético.

A pesar de que la instalación de los sistemas analizados en la vivienda y que definen una *Smart Home*, realizan una importante gestión en pro del ahorro y la eficiencia energética, se recomienda que el diseño y la construcción de la infraestructura de los nuevos inmuebles posean una tendencia arquitectónica enfocada a una casa bioclimática, donde se aproveche al máximo las condiciones naturales para disminuir en todo lo posible las necesidades energéticas.

Trabajos futuros

A lo largo de la realización del trabajo de grado se identificaron temas que serían importantes su investigación y análisis, los cuales se mencionan a continuación:

- Un estudio beneficio-costos de la implementación de un sistema inteligente en el interior de la vivienda y qué tecnología sería la más indicada, indicando el tipo de aplicaciones que mejor se acomodan dependiendo el estrato en el que se realice la instalación.
- Investigación acerca del tiempo de aceptación en que los usuarios de una vivienda inteligente tomarían para su adaptación.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RODRÍGUEZ, Carlos, MUÑOZ, José, JUÁREZ, Javier, CONTRERAS, David, ALEXANDRES, Sadot, Gestión de Redes Inteligentes Domesticas mediante ZigBee Smart Energy.
- [2] GÓMEZ, Walter, ARCHILA, Gustavo, (2012), CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA TOPOLOGÍA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL, Universidad Industrial de Santander
- [3] CHENG, Jin, KUNZ, Thomas, (2009), A SURVEY ON SMART HOME NETWORKING, Department of Systems and Computer Engineering-Carleton University, Ottawa,Ont., Canada.
- [4] RICQUEBOURG, V. , MENGA, D. , DURAND, D., MARHIC, B. , DELAHOUCHE, L., LOGE, C.; (2006), The Smart Home Concept : our immediate future, 1ST IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics.
- [5] SÁEZ, Fernando, DOMÍNGUEZ, Hugo , (2006), Domótica: Un enfoque sociotécnico,.
- [6] DURÁN, Ana ,(2009), Instalación domótica de una vivienda Unifamiliar, Universidad Pontificia Comillas, ICAI.
- [7] ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG1, Architecture for HomeGate, the residential gateway (AHRG).
- [8] WACKS, Ken, HomeGate: The International Standard Residential Gateway.
- [9] UtilityAMI, Home Area Network System Requirements Specification, Version 1.04, August 19, 2008.
- [10] Electric Power Research Institute (EPRI), (2007), Advanced Metering Infrastructure (AMI), *Data Management*.
- [11] DEPURU, S. S. S. R., WANG, L., DEVABHAKTUNI, V,(2011), Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 6, pp. 2736–2742.
- [12] ACERO, Liliana, FONSECA, Carlos, (2013), Análisis de las alternativas tecnológicas de medidor y transferencia inteligente y su compatibilidad para la integración en una red inteligente residencial, Universidad Industrial de Santander, 2013

- [13] GUERRERO, José, (2010), Diseño de una instalación domótica con tecnología LonWorks, Universidad Politécnica de Cartagena,
- [14] PEDERZANI, Luis, Protocolo X10, Universidad Católica Nuestra Señora de Asunción., Departamento de Ingeniería Electrónica e Informática.
- [15] KONNEX ASSOCIATION, Introduction to KNX and Konnex
- [16] AUNA FUNDACION, Tecnologías y actividades de estandarización para la interconexión de Home Networks, Anexo A-Descripción de tecnologías para telecontrol.
- [17] MCGRAW-HILL, Montaje y puesta en servicio de instalaciones con bus KNX/EIB
- [18] TOMÉ, Jose, Diseño de módulos ZigBee de bajo coste, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- [19] HAN, Dae-Man, LIM, Jae-Hyun, (2010), Design and Implementation of Smart Home Energy Management Systems base don ZigBee.
- [20] ESTEPA , Andrés, (2013), Estado del arte de tecnologías en redes internas residenciales, Universidad Industrial de Santander.
- [21] U.S. Departarment of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, (2007), SOLAR ENERGY GRID INTEGRATION SYSTEMS “SERGIS”, Sandia national laboratoris.
- [22] CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, La Domótica como solución de Futuro, Dirección General de Industria, Energía y Minas.
- [23] LÖNN Johan, JONAS Olsson, ZigBee for wireless networking, 2005.
- [24] El Congreso de Colombia, “LEY 697 DE 2001_Ley URE,” *Ministerio de Minas y Energía*, vol. 2001, no. octubre 3, pp. 3–6, 2001.
- [25] Ministerio de Minas y Energía, “Resolución N° 90708”, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE”, 30 de agosto del 2013.
- [26] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones-INCONTEC, “NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano” Primera Actualización.
- [27] Comisión de Regulación de Comunicaciones CRC, “Resolución N° 4262” Reglamento técnico para redes Internas de Telecomunicaciones-RITEL, 2014.

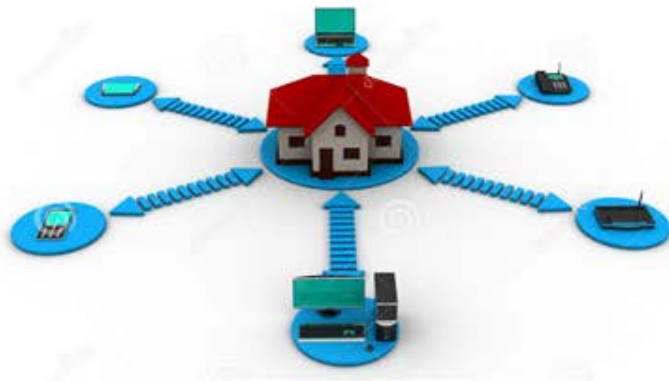
BIBLIOGRAFÍA

- ACERO, Liliana, FONSECA, Carlos, (2013), Análisis de las alternativas tecnológicas de medidor y transferencia inteligente y su compatibilidad para la integración en una red inteligente residencial, Universidad Industrial de Santander, 2013
- AUNA FUNDACION, Tecnologías y actividades de estandarización para la interconexión de Home Networks, Anexo A-Descripción de tecnologías para telecontrol.
- CHENG, Jin, KUNZ, Thomas, (2009), A SURVEY ON SMART HOME NETWORKING, Department of Systems and Computer Engineering-Carleton University, Ottawa, Ont., Canada.
- Comisión de Regulación de Comunicaciones CRC, “Resolución N° 4262” Reglamento técnico para redes Internas de Telecomunicaciones-RITEL, 2014.
- CONSEJERÍA DE ECONOMÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA, La Domótica como solución de Futuro, Dirección General de Industria, Energía y Minas.
- DEPURU, S. S. S. R., WANG, L., DEVABHAKTUNI, V,(2011), Smart meters for power grid: Challenges, issues, advantages and status, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 6, pp. 2736–2742.
- DURÁN, Ana ,(2009), Instalación domótica de una vivienda Unifamiliar, Universidad Pontificia Comillas, ICAI.
- El Congreso de Colombia, “LEY 697 DE 2001_Ley URE,” *Ministerio de Minas y Energía*, vol. 2001, no. octubre 3, pp. 3–6, 2001.
- Electric Power Research Institute (EPRI), (2007), Advanced Metering Infrastructure (AMI), *Data Management*.
- ESTEPA , Andrés, (2013), Estado del arte de tecnologías en redes internas residenciales, Universidad Industrial de Santander.
- GÓMEZ, Walter, ARCHILA, Gustavo, (2012), CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA TOPOLOGÍA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL, Universidad Industrial de Santander
- GUERRERO, José, (2010), Diseño de una instalación domótica con tecnología LonWorks, Universidad Politécnica de Cartagena,

- HAN, Dae-Man, LIM, Jae-Hyun, (2010), Design and Implementation of Smart Home Energy Management Systems base don ZigBee.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones-INCONTEC, “NTC 2050 Código Eléctrico Colombiano” Primera Actualización.
- ISO/IEC JTC 1/SC 25/WG1, Architecture for HomeGate, the residential gateway (AHRG).
- KONNEX ASSOCIATION, Introduction to KNX and Konnex
- LÖNN Johan, JONAS Olsson, ZigBee for wireless networking, 2005.
- MCGRAW-HILL, Montaje y puesta en servicio de instalaciones con bus KNX/EIB
- Ministerio de Minas y Energía, “Resolución N° 90708”, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas-RETIE”, 30 de agosto del 2013.
- PEDERZANI, Luis, Protocolo X10, Universidad Católica Nuestra Señora de Asunción., Departamento de Ingeniería Electrónica e Informática.
- RICQUEBOURG, V. , MENGA, D. , DURAND, D., MARHIC, B. , DELAHOUCHE, L., LOGE, C.; (2006), The Smart Home Concept : our immediate future, 1ST IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics.
- RODRÍGUEZ, Carlos, MUÑOZ, José, JUÁREZ, Javier, CONTRERAS, David, ALEXANDRES, Sadot, Gestión de Redes Inteligentes Domesticas mediante ZigBee Smart Energy.
- SÁEZ, Fernando, DOMÍNGUEZ, Hugo , (2006),Domótica: Un enfoque sociotécnico,.
- TOMÉ, Jose, Diseño de módulos ZigBee de bajo coste, Universidad Politécnica de Cataluña, España.
- U.S. Departarment of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, (2007), SOLAR ENERGY GRID INTEGRATION SYSTEMS “SERGIS”, Sandia national laboratoris.
- UtilityAMI, Home Area Network System Requirements Specification, Version 1.04, August 19, 2008.
- WACKS, Ken, HomeGate: The International Standard Residential Gateway.

ANEXOS

Manual de Redes Inteligentes Residenciales



DEFINICIONES, COMPONENTES, TOPOLOGÍAS Y DISEÑO GENERAL DE REDES INTERNAS INTELIGENTES EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

LUIS CARLOS RAMÍREZ RODRÍGUEZ
OSCAR ANDRÉS RAMÍREZ RODRÍGUEZ

CONTENIDO

Vivienda inteligente.....	1
HEMS – sistema de gestión energética.....	1
AMI – infraestructura de medición avanzada.....	3
Topología de vivienda inteligente.....	3
Sistema fotovoltaico (FV).....	13
Requerimientos normativos para el montaje de un FV.....	18
Estación de carga para el carro eléctrico.....	23
Requerimientos normativos para la instalación de una estación de carga para VE.....	25
Criterios y recomendaciones adicionales de diseño para la implementación de una vivienda unifamiliar inteligente.....	27

Vivienda Inteligente

Desde un punto de vista técnico, una vivienda inteligente es un sistema que integra diferentes dispositivos hardware conectados a una red, los cuales interactúan entre sí por medios físicos y/o inalámbricos, utilizando diferentes tecnologías de comunicación; con el fin de realizar servicios o aplicaciones programadas por los usuarios y que están basadas en sus necesidades y requerimientos personales.

La definición anterior recoge todos los elementos necesarios para la implementación de una red inteligente en el interior de la vivienda; sin embargo, la instalación de esta depende de la identificación y caracterización de tres componentes fuertemente ligados y que determinan el modo de funcionamiento de la red; los cuales se presentan a continuación:



Figura 1

Las aplicaciones nombradas corresponden a servicios como automatización de luces, de persianas, monitoreo de electrométricos, medición de energía bidireccional, integración de fuentes alternativas, etc.; los cuales forman parte de la estructura de una *SmartHome* y que se analiza a continuación.

Estructura de la red inteligente doméstica.

Estructuralmente un hogar inteligente está soportado y definido en cuatro sistemas interrelacionados, los cuales contienen las directrices y los requerimientos funcionales y físicos para llevar el control, la automatización, la monitorización y la medición del

hogar. Los elementos de esta estructura se observa en la siguiente figura:



Figura 2

Los sistemas HEMS (Sistema de gestión energética residencial) contienen los elementos y la infraestructura encargada al control y la monitorización de la vivienda; los cuales interactúan con el sistema AMI (Infraestructura de edición avanzada) por medio del medidor inteligente, posibilitando a los usuarios la implementación de servicios especiales como tarifas diferenciales, medición de energía en tiempo real, comunicaciones bidireccionales con el proveedores de red, etc. Adicionalmente con la integración de fuentes alternativas como FNCE (Fuentes no convencionales de energía) en especial la fotovoltaica y la PEV (Vehículo Eléctrico), se pueden presentar diferentes estrategias de gestión energética con el fin de promover el ahorro y la eficiencia de energía a los usuarios finales. De igual manera, esta interacción permite al hogar, ser parte de la generación distribuida, posibilitando a este la inyección de energía a la red de distribución por medio del medidor inteligente, el cual guarda y envía los registros de la potencia de entrada/salida para su respectiva facturación.

A continuación se especifica brevemente los dispositivos hardware genéricos que conforman estos sistemas:

HEMS-Sistema de gestión energética.

El sistema HEMS básicamente está formado por dos niveles; el primer nivel lo integran los dispositivos

hardware que hacen posibles los servicios de la vivienda inteligente; y el segundo nivel, enfocado a las interconexiones llevadas en el hogar, conformado por las red de control interno y el Gateway, como se parecía en la siguiente figura.

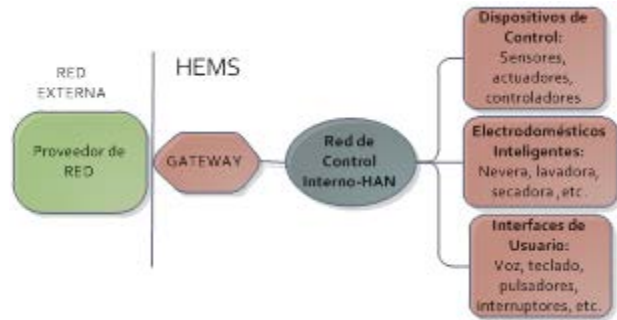


Figura 3

Sensores: Detectan variaciones de parámetros físicos como luminosidad, temperatura, humo y las convierte en señales analógicas o digitales, que se envían al control para que este las procese y tome acciones programadas.

Actuadores: Dispositivos capaces de recibir una orden procedente de un sistema de control y realizar una acción que modifique el estado de un determinado equipo o instalación. Pueden ser actuadores ON/OFF como contactares o relés de maniobra; o actuadores proporcionales como dimmer que varían la intensidad de luz de un foco.

Controladores: Encargados de procesar las señales proveniente de los sensores y enviarlas a los actuadores para que estos operen; en las instalaciones puede existir un solo controlador que funciona como cerebro o varios en sistemas distribuidos, en este caso, estos se encuentra en el mismo dispositivo con los actuadores.

Toma Inteligente: Es semejante a una toma convencional, pero poseen módulos adicionales que permiten el control y la monitorización de los dispositivos conectados a este, se usan principalmente para el control de electrodomésticos inteligentes.

Electrodomésticos Inteligentes: Los electrodomésticos inteligentes se diferencian de los tradicionales en su capacidad de intercomunicación; lo que facilita el intercambio de información entre ellos y permite su programación y monitorización vía remota.

Interfaces: Son dispositivos que establecen la comunicación entre el sistema y el usuario, pueden ser teclados, pantalla táctil, pulsadores, interruptores, etc.

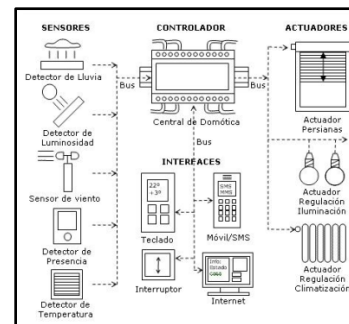


Figura 4

Como se puede apreciar en la *figura 3*, estos dispositivos se conectan a la red de control ya sea físicamente (cableada) o por medio de radiofrecuencias, en donde se transmite la información y los comandos que hacen posible el funcionamiento del sistema.

Gateway o Pasarela residencial: Es un dispositivo de frontera que funciona de interfaz de los sistemas internos mostrados en la *figura 3*; además permite la comunicación de la red HAN con las redes exteriores, posibilitando a los usuarios controlar y monitorear parámetros de la vivienda en forma remota, por lo que además posee funciones de seguridad firewall, que filtra los mensajes que fluye de la casa al exterior o viceversa.

AMI-Infraestructura de medición avanzada.

Es un sistema que recoge información del consumo y otros parámetros de los consumidores y provee transmisión de los mismos mediante una red de comunicación a un punto de recolección de datos administrado por los proveedores de red.

Este sistema se incorpora en la vivienda con la inclusión del medidor inteligente e interactúa con el sistema HEMS a través del Gateway; con el objetivo de realizar funciones de gestión energética, las cuales se listan a continuación:

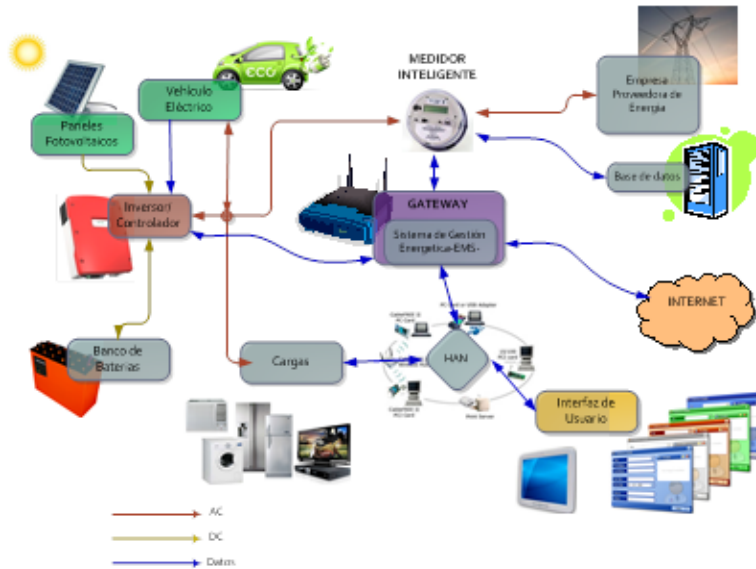


Figura 5

- Ejecución de comandos remotos y locales
- Integración de tarifas diferenciales por los proveedores de red, permitiendo al usuario gestionar el consumo en la vivienda de acuerdo a los precios de energía del mercado.
- Corte y reconexión remota del servicio de energía eléctrica para cualquier cliente.
- Medición y facturación bidireccional de la energía, permitiendo incorporar energía a la red en los momentos de exceso de generación local.

Los sistemas FNCE y PEV son los sistemas de fuentes alternativas, que aunque no son indispensables para el funcionamiento de la red inteligente, son pilares de la definición de una *SmartHome* y su enfoque hacia la gestión Energética. Estos sistemas se analizan en los capítulos dedicados posteriormente

Topologías de la Vivienda Inteligente.

La topología genérica de la vivienda inteligente se muestra en la *figura 5*, en esta se indican la forma de interconexión de los principales elementos que la conforma, mostrando los flujos de potencia y de comunicación que se llevan a cabo en ella. Es

importante resaltar la bidireccionalidad de la transmisión, ya que forma a la vivienda y por ende al usuario, un elemento activo de la cadena energética, capaz de gestionar la energía en forma eficiente, sostenible y segura.

En este apartado se analiza las diferentes topología de la red HAN, los medios a utilizar y los criterios para llevar a cabo su instalación.

Medios de transmisión.

El medio de transmisión se encarga de soportar las comunicaciones entre los dispositivos que conforman la red de control. Estos se describen a continuación.




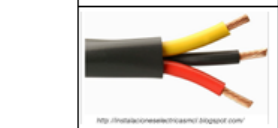

Cableados (Cableado Especifico)		
Par Trenzado-TP	Fibra Óptica-FO	Cable Coaxial-CX
 <small>http://davidmora.wordpress.com/</small>	 <small>http://www.fiberport.com/</small>	 <small>http://support.broadcom.com/</small>
PLC Power Line Communication	Inalámbricos	
Cable de Potencia-PL	Radiofrecuencia-RF	
 <small>http://instalacionelectricidad.blogspot.com/</small>	 <small>http://www.egm.com.mx/</small>	

Figura 6

Cables de pares trenzados (TP): Es un cable donde se agrupan pares de conductores eléctricos, aislados entre sí y trenzados uno alrededor del otro, con el fin de evitar las interferencias electromagnéticas; estos cables se clasifican en:

- **Cables UTP:** Cables de pares trenzados sin apantallar, recubiertos por un aislante común. Es sensible a la interferencia entre pares.
- **Cables STP:** Cables de pares trenzados apantallados; están envueltos por un mismo aislante común como los UTP, pero poseen una pantalla metálica que envuelve al grupo de cables.

Cable Coaxial (CX): Está formado por dos conductores cilíndricos concéntricos, entre los cuales se coloca un material dieléctrico (polietileno, PVC). Se usa en la transmisión de datos a alta velocidad y grandes distancias.

Cable de fibra óptica (FO): Está compuesta por una fibra flexible, muy fina y capaz de conducir energía óptica. AL transmitir luz por su interior, no suele resultar afectada por ningún tipo de interferencia electromagnética o electrostática. Tiene alta capacidad y velocidad de transferencia.

Línea de Potencia (PL): La comunicación fluye por el mismo cable que se transmite la energía eléctrica de baja frecuencia (50 Hz-60Hz); el funcionamiento consiste en que los datos se envían a frecuencias más altas (120 Hz) y se realizan por pulsos en los cruces por cero de la corriente alterna. La velocidad de transferencia es baja y puede presentar altos grados de interferencia.

Radiofrecuencia (RF): Esta técnica de transmisión permite el envío de información y señales de control entre dos puntos distantes mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas en el aire. Es una de las tecnologías con más auge en los últimos años; y en las redes domésticas se encuentran sistemas como Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave

Para establecer el medio a utilizar, en la tabla siguiente se comparan con cinco requerimientos importantes de funcionamiento.

	Facilidad instalación	Privacidad	Ancho de banda	Inmunidad a interferencias	Portabilidad
PL	****	*	*	*	----
TP	**	****	***	***	----
FO	*	****	****	****	----
RF	***	***	***	*	****
CX	*	****	****	****	----

Tabla 1

De la *tabla 1* se puede concluir lo siguiente:

- Si la prioridad es la facilidad de instalación, en caso de viviendas existentes, se puede recurrir a la propia línea de potencia (PL)
- Para viviendas en construcción, se puede implementar la comunicación ya sea por medio de pares trenzados o por radiofrecuencia, debido a sus prestaciones en instalación y ancho de banda.

Cabe mencionar que las tecnologías de comunicación utilizadas establecen los medios en que pueden operar, sin embargo, algunas como KNX soportan varios medios.

Topología y arquitectura de la red HAN

Se puede definir topología como a la disposición geométrica de las estaciones de una red y a los cables que la conectan, definiendo el trayecto seguido por las señales de control y de comunicación; por otra parte la arquitectura se refiere a la ubicación de la “inteligencia” en la red.

Básicamente existen dos arquitecturas para construir un soporte real de la instalación de un sistema de control: arquitectura centralizada y arquitectura distribuida; las cuales utilizan las topologías en estrella y bus respectivamente.

Las topologías implementadas dependen de las tecnologías de comunicación utilizadas en la red HAN, ya que estas en sus requisitos de operación indican la forma de conectar sus nodos. Por tal motivo, en la siguiente tabla se muestran algunas de las tecnologías más utilizadas en las redes inteligentes y las compañías que la implementan.

Medio Utilizado	Corriente Portadora (PLC)	Cableados		Inalambricas
Tecnología	X-10, X2D	1. KNX/EIB 2. LonWorks	1. Simon Vis 2. Zelio Hogar	ZeegBee
Arquitectura	Distribuida	Distribuida	Centralizada	Centralizada
Carácter	Estandar	Estandar	Privado	Estandar
Compañías	Leviton Manufacturing, General Electric, IBM, C&K, etc.	1. ABB, Gewiss S, SCHNEIDER Electric, Simens, etc. 2. Echelon, ESUSA, Philips, etc.	1. Simon, España. 2. Schneider Electric.	EnergyHub, General Electric, Control4, HAI, Schneider Electric, Tendril, etc.

Tabla 2

Para dar un soporte genérico y no repetitivo, se analiza a continuación tres sistemas comerciales que utilizan topologías y modos de operación diferentes, en donde se especificará los componentes de instalación y las recomendaciones pertinentes para la implementación de este tipo de topologías.

Topología en BUS Distribuida

Una arquitectura es distribuida cuando no existe necesariamente un microprocesador central, sino que a lo largo de la instalación y conectados en bus, se encuentran los sensores y actuadores e interfaces pertenecientes del sistema, como se muestra en la figura 7; entre las ventajas de este tipo de arquitectura se pueden listar:

- Simplicidad en el trazado, ya que no existe acumulación de cableado a lo referente a un grupo de elementos.
- Pueden añadirse nuevas estaciones sin necesidad de reconfigurar la red.

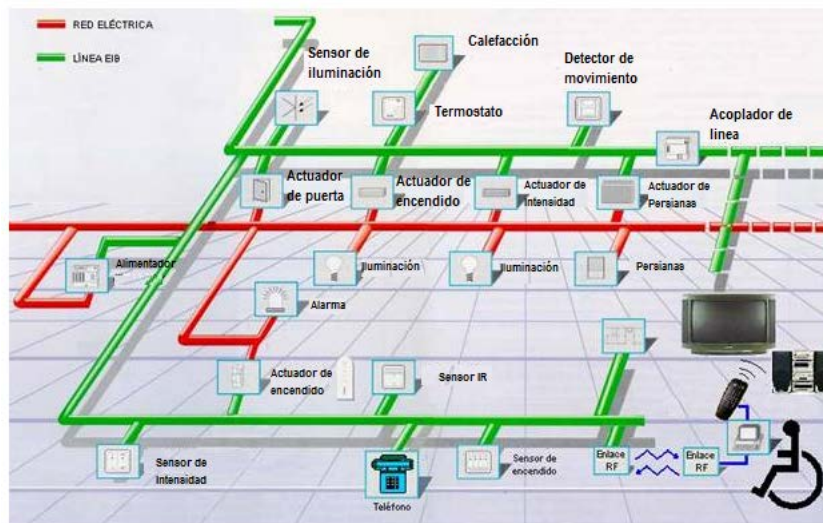


Figura 7

- Admite una cantidad numerosa de dispositivos, incluso de naturaleza heterogénea.

Desventajas.

- Como todos los nodos han de ser inteligentes, puede ser una tecnología más costosa que las centralizadas.
- Requiere programación más avanzada.

Tecnología Estándar-KNX/EIB

KNX es un estándar mundial para el control de viviendas y edificios, el cual fue creado por la asociación *Konnex Association* y está basada en la tecnología EIB y ampliada con los mecanismos de configuración y los medios físicos de BatiBus y EHS.

Aplicaciones Básicas.

Entre las aplicaciones más comunes que permite el uso de KNX/EIB se encuentran las siguientes:

- Control de iluminación, personas y toldos.
- Control de temperatura. Control de aire acondicionado.
- Control de Cargas.
- Monitorización, visualización y registros.

Topología.

La topología de este sistema se muestra en la figura 7; el bus implementado en la tecnología además conectar todos los dispositivos KNX (sensores, actuadores, pulsadores, etc) para el envío de información, también proporciona la alimentación de estos elementos

mediante una tensión de 24 VDC, generada por una fuente de poder AC/DC, mostrada en la siguiente figura.

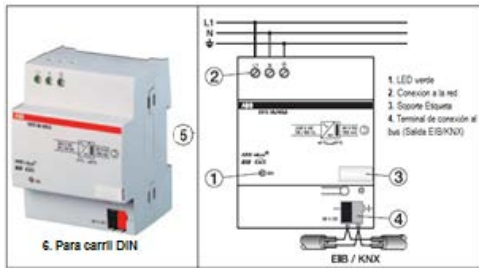


Figura 8

Diseño de la instalación en Bus

Tipo de Cable

El tipo de cable más utilizado para la transmisión de información en los sistemas inteligentes es el par trenzado, para el sistema KNX se emplea el cable TCYM, el cual se especifica a continuación

Compañía	BELDEN
Referencia	YE00820
# pares	2
Colores	rojo/negro blanco/amarillo
Calibre	20AWG
D. Exterior	6.1 mm

Tabla 3

Los cables rojo(+) y negro (-), se deben utilizar para la línea de bus, y los dos hilos restantes se pueden utilizar para aplicaciones restantes.

- Los dos hilos del cable se deben pelar unos 10mm y conectarse a los bloques terminales para conexión/bifurcación, además se deben estar correctamente marcados y etiquetados, como se muestra la *figura 9*

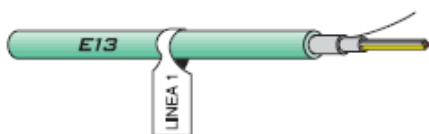


Figura 9

Cajas: No se debe usar caja redonda cuando se utilicen tuercas o pasacables en un costado de la caja.

Cajas de paso:

- Se deben ubicar cajas de paso cada 15 [m]⁵² de longitud de las canalizaciones y no se admite más de dos codos de 90° de la canalización entre dos cajas.
- Si la canalización que arriba a la caja es menor de 1 ¼", se puede usar como caja de paso, una caja utilizada para tomas del tamaño apropiado. No se debe usar para cambios de dirección.⁵³

Cajas de derivación

- La instalación del cable de bus y la red de potencia se llevara a cabo en cajas de derivación independiente o con una partición que asegure el aislamiento.
- Para las derivaciones se debe usar un bloque conector de bus como se parecía en la *figura 10* y se permite un máximo de cuatro bifurcaciones por bloque.
- Se recomienda utilizar cajas de 100x100x40 (alto, ancho y profundo), para realizar los empalmes.

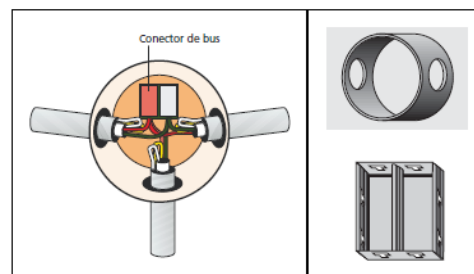


Figura 10

Cajas de mixtas

Se puede utilizar cajas donde se realice las derivaciones y se dispongan los módulos del sistema como se muestra en la *figura 11*.

Estas cajas deben poseer carril DIN para el montaje del módulo.

⁵² RITEL. pag65

⁵³ NTC 4071. pag 33



Figura 11

Cableado

El cableado de la línea de bus, es similar a los circuitos de fuerza tradicionales, por lo que estos se pueden instalar a la par, con el objetivo de disminuir el tiempo de instalación y de intervención en las obras de albañilería.

Un bosquejo de lo anterior se muestra en la siguiente figura.

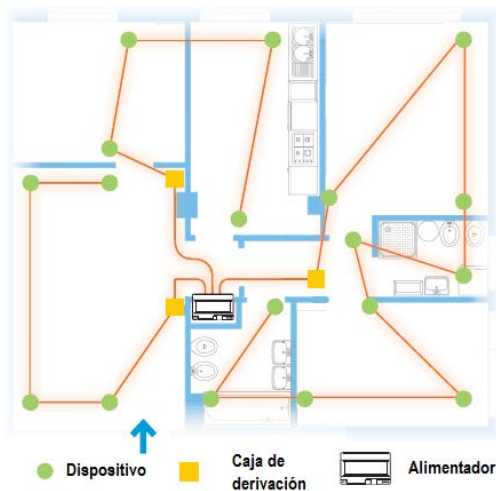


Figura 12

Canalización

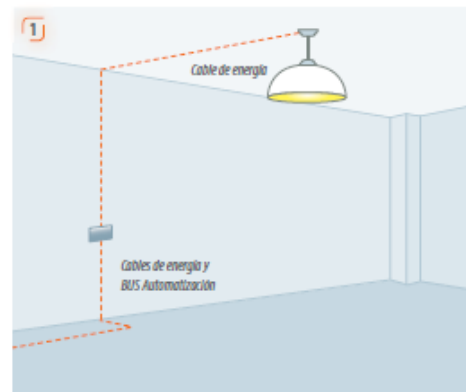
- La canalización que soporta el cable de Bus debe ser independiente a las de fuerza y telecomunicaciones trazadas en la vivienda y se recomienda que sea como mínimo de ¾ de pulgadas.⁵⁴
- Los cables de bus no deben ocupar más del 40% de la canalización.
- La distribución entre el cuadro eléctrico y las cajas de derivación debe realizarse en estrella

(figura12) Se aconseja utilizar conductos de 1 pulgada de diámetro.

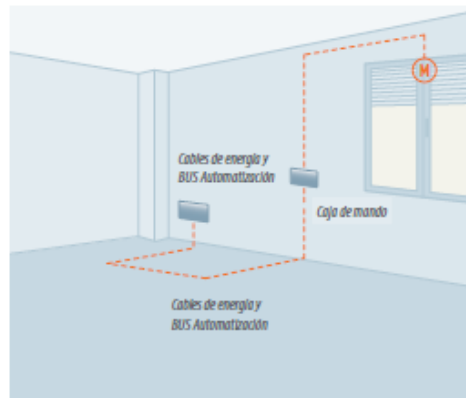
Trazado de Conductores

A continuación se dispone algunos ejemplos del trazado de los conductores de las aplicaciones más utilizadas en el hogar inteligente.⁵⁵

Automatización de luces



Sistema de Automatización de persianas



Sistema de gestión de energía

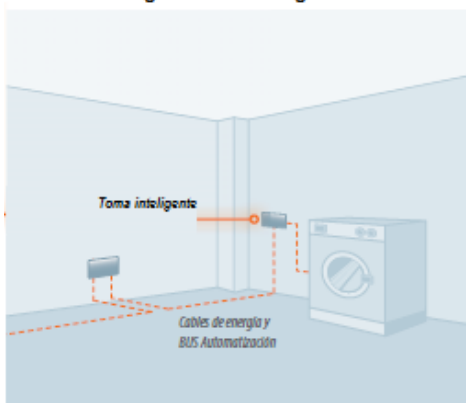


Figura 13

⁵⁴ Requerimiento adoptado del RITEL

⁵⁵ Bticino, Guía para el proyecto y la instalación-MY HOME

Topología en Estrella centralizada

Un sistema es centralizado cuando existe un nodo central que funciona como “pulmón” de la instalación, el cual dispone de las funciones de control y mando, y que se encargan de comunicarse con elementos de adquisición de datos para recibir el estado de la instalación a través de sensores, o para enviar órdenes a los equipos que la componen a través de actuadores. Entre las ventajas se pueden listar

- Es posible conectar terminales no inteligentes, ya que el nodo central tiene capacidad de proceso.
- Costo reducido o moderado
- Fácil uso y formación

Desventajas

- Cableado significativo
- Difícil de ampliar
- Dependencia al nodo central

Es un sistema recomendado para instalaciones pequeñas

ZELIO-HOGAR

Es un sistema elaborado por Schneider Electric, en el que su funcionamiento está basado en un PLC,(Controlador Lógico Programable) el cual procesa toda la información recogida por los sensores y de acuerdo a su programación actúa para llevar un servicio a cabo, como se parecía en la *figura 14*

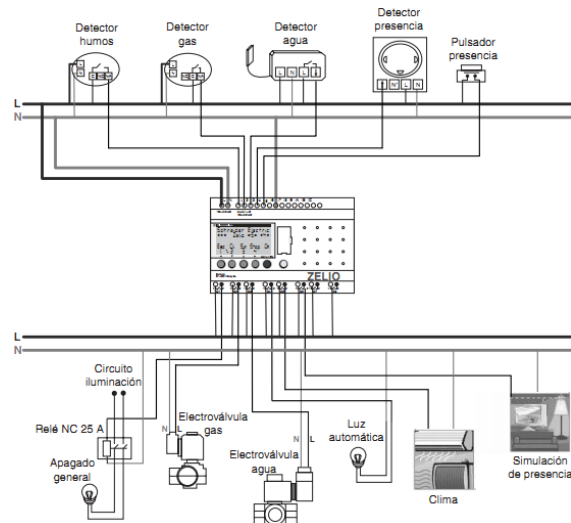


Figura 14

Se puede observar que las señales de control se envían desde el PLC a cada dispositivo

SIMON VIS

Es un producto danés adaptado al mercado español por la empresa Simon; igual que el anterior, utiliza un PLC el cual es el módulo de control que procesa la información, sin embargo, esta tecnología emplea una serie de módulos de salida y de entrada, con el objetivo de darle flexibilidad al sistema y aumentar el número de aplicaciones que soporta. La topología de este sistema se muestra en la siguiente figura.

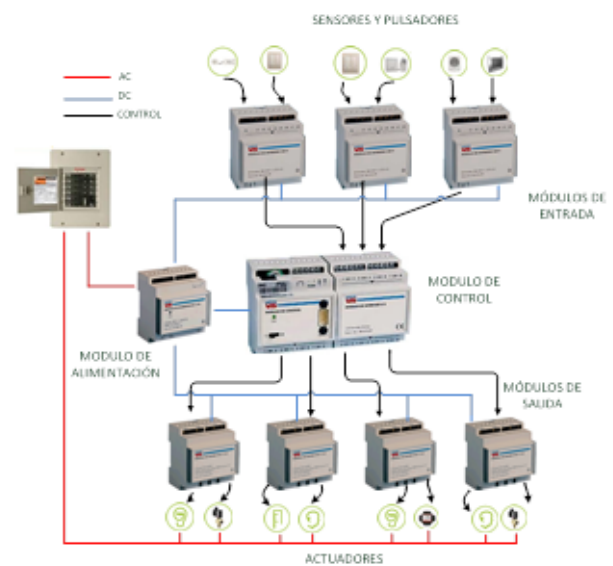


Figura 15

Este sistema alimenta los módulos con una tensión de 24 DC por medio de un dispositivo convertidor AC/DC (módulo de alimentación) con potencia de 72 W-3[A] o 15W-06[A], a diferencia de ZELIO que alimenta los sensores con energía alterna (*figura 14*)

Por lo tanto, para su instalación se requiere dos circuitos independientes, uno con conductores que transporte corriente DC y otro que soporta la comunicación y control de los dispositivos.

Diseño de la instalación en estrella

Tipo de Cable

- Cables de alimentación DC: Debido a que son circuitos de potencia limitada, se recomienda utilizar cables calibre 18 AWG ($0,8\text{mm}^2$), utilizando los colores rojo (+) y negro (-). Se debe utilizar como mínimo cables tipo CL2X
- Cables de Control: Si el sistema no especifica el cable a utilizar, se recomienda utilizar pares trenzados de 20 o 22 AWG STP

Cajas: Se sigue las mismas especificaciones que la topología en bus.

Cableado:

Debido a que el cableado de los servicios de telecomunicaciones se debe realizar en estrella para llevar estos a cada estancia de la vivienda, la red de control y alimentación DC se pueden trazar a la par de la infraestructura de telecomunicaciones. Como se muestra en la siguiente figura.



Figura 16

Se debe tener en cuenta las distancias máximas entre el control y los demás elementos, las cuales las especifica cada tecnología

Canalización

- Las canalizaciones que soportan los cables de alimentación DC y los de control, deben ser independientes a los ductos de fuerza y telecomunicaciones de la vivienda.
- Se permite que en la misma canalización se tiendan los cables de alimentación DC y los de control, siempre y cuando cada uno estén constituidos por un apantallamiento.
- Se permite la utilización de cables híbridos compuestos por conductores de alimentación, de comunicaciones y señalización.
- La distribución entre el cuadro eléctrico (alimentador) y las cajas de derivación debe realizarse en estrella (figura 16). Debido a que la topología requiere un cableado más significativo que en bus, se recomienda utilizar en estos trayectos ductos de $1\frac{1}{2}$ ".
- El llenado de la canalización no debe superar el 40% de la sección transversal del ducto.
- Si en la canalización solo se tienden cables de pares trenzados para el control, se puede utilizar la tabla 4 para determinar el número máximo de cables por ducto.

Díámetro de la tubería cm (pulgada) ⇒ No. de pares ↓	1,905 (3/4)	2,54 (1)	3,81 (1 ½)	5,08 (2)	6,35 (2 ½)	7,62 (3)
1	7	8				
2	4	7				
3	3	5	10			
4	2	4	9			
5	2	4	9			
6	1	3	8	10		
10	1	1	5	9		

Tabla 4, RITEL (tabla7)

Topologías Inalámbricas

ZIGBEE

ZigBee es una tecnología inalámbrica, especificada por ZigBee Alliance desarrollada para cubrir las necesidades de bajo costo, seguridad, fiabilidad, flexibilidad y bajo consumo eléctrico en áreas de control residencial, sanitarias e industriales. Está basado en el estándar PAN IEEE 802.15.4 lo que garantiza la interoperabilidad de múltiples productos de diferentes fabricantes.

Topología

Las redes ZigBee admite tres tipos de topologías; estrella (Star), malla (Mesh) y árbol (Cluster Tree), posibilitando la inclusión de estas redes en un mismo sistema, como se muestra en la siguiente figura.

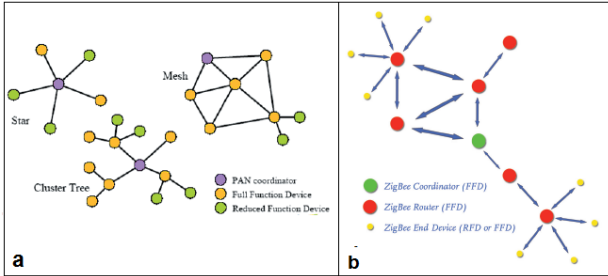


Figura 17

Clases de dispositivo: Según el grado de funcionalidad el estándar define.

- **Dispositivos FFD;** Son dispositivos que implementan un modelo de comunicaciones completo, que le permite comunicarse con cualquier otro dispositivo de la Red.
- **Dispositivos RFD:** Dispositivos con prestaciones limitadas para la comunicación, que solo le permite comunicarse con un FFD.

Se puede observar en la *figura 17* que los nodos de las topologías pueden estar compuestos de tres clases de dispositivos:

- **Coordinador:** Es un dispositivo FFD que se encarga de crear la red de nodos y de gestionar su comunicación. En cada red existe un único coordinador.
- **Router:** Es un dispositivo FFD que se encarga de encaminar la información entre nodos que están muy separados de la red.
- **Dispositivo final:** Es un dispositivo RFD que puede transmitir o recibir información pero que no puede realizar labores de enrutamiento. Necesariamente debe estar comunicado con un Coordinador o con un Router.

La selección del tipo de topología a implementar depende de los requerimientos de la instalación, por ejemplo, para el conexionado de periféricos cercanos se recomienda la topología en estrella. Cuando se solicita conexiones con área de cobertura extensa, como perímetros de seguridad, es necesario implementar una red en árbol, debido a la propiedad de enrutamiento. La topología en malla permite a la red auto recuperarse de problemas en la comunicación, debido a la estructura punto-multipunto que genera múltiples caminos desde un mismo nodo, usadas en sistemas con requerimiento de alta confiabilidad.

Una de las aplicaciones del estándar ZigBee es la *Smart Energy*, el cual fue diseñado para dar soporte a redes inteligentes con la implementación de diferentes dispositivos que se muestran a continuación.

Energy Service Interface (ESI)	Display Device
Este dispositivo funciona como gateway entre ZigBee y la red de datos de la compañía suministradora, por lo que necesita una interfaz física que permita esta comunicación como GPRS, IP, PLC, etc. Mediante este dispositivo se realiza la gestión remota del hogar ya sea por la compañía o por el usuario.	Este dispositivo consiste en una pantalla en el interior de la vivienda, mediante la cual el usuario puede ver información de la red, como consumos de energía instantáneos o históricos, cambios de precios por parte del proveedor de red, etc. Esto permite al usuario hacer un consumo más racional de la energía.
Metering Device	Load Control Device
Este perfil de ZigBee permite conectar a la red, contadores de electricidad, agua y gas; posibilitando leer las medidas en cualquier momento, además de permitir al dispositivo enviar información de su estado.	Dispositivos que controla cualquier tipo de carga, puede recibir eventos de gestión de demanda para desconectarse en caso d sobrecarga de la red
Communicating Thermostat	Smart Appliance Device
Dispositivo capaz de controlar la climatización del hogar, recibiendo ordenes de gestión de demanda para modificar las consignas de temperatura o incluso apagarse en caso de sobrecarga de la red, además de trabajar de acuerdo al precio de la energía	Dispositivos que integran los electrodoméstico para dotarlos de "inteligencia", permitiendo a estos tomar acciones automáticas de acuerdo a la información de precios, sobrecarga de la red, hora del día, etc.

Tabla 5

Requisitos Genéricos de Instalación

En la *tabla 6* se describe recomendaciones y criterios de instalación de los dispositivos encargados del control, monitorización y medición de la vivienda, los cuales se especificaron anteriormente.

ELEMENTOS DE CONTROL Y MONITORIZACIÓN DE LA VIVIENDA INTELIGENTE		
Componentes	Características Funcionales	Criterios y recomendaciones generales de Instalación
Dispositivos de La red HAN		
Actuadores	Encargados de realizar el cambio de estado del sistema o dispositivo a controlar, puede recibir ordenes de un controlador central o poseer su propia inteligencia.	Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control y/o alimentación del dispositivo.
Sensores	Identifica la variación del parámetro a controlar y transmite la señal al controlador para que este opere; generalmente usado para el control de iluminación y seguridad. Se ubican a lo largo de la vivienda	Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control y/o alimentación del dispositivo al controlador.
Controladores	Puede existir un único controlador central o hub (control central), encargado de operar todo el sistema o múltiples controladores dispuestos a lo largo en la vivienda (control distribuido) y en cercanías a los servicios a controlar; algunas compañías el control se encuentra en el mismo dispositivos con los actuadores.	<p>Controlador Central</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Instalarlo en un punto donde converja todas las líneas de control, se recomienda en inmediaciones a los PAU de la infraestructura de telecomunicaciones y a su vez del tablero de distribución eléctrico. 2. Disponer de la estructura para el canal de comunicaciones existente con el Gateway. 3. Ubicarlo en un espacio suficiente espacioso para la fácil instalación de los conductores. 4. Ubicarlo en el mismo gabinete, con la fuente de alimentación, si es necesaria. <p>Control Distribuido</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se recomienda ubicarlo en cada estancia en gabinetes con carriles DIN. 2. Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control y/o alimentación del dispositivo.
Tomas Inteligentes	Medición de energía Eléctrica, control ON/OFF, tensión de trabajo 120V, interfaz de comunicación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de control. 2. Se recomienda instalarlos para uso de electrodomésticos, nevera, lavadora, secadora ya que posibilita una gestión eficiente de estos artefactos.
Electrodomésticos Inteligentes	Son dispositivos finales y de mayor consumo energético de la vivienda, poseen interfaz amigable con el usuario, planes energéticos automáticos y permiten control local y remoto.	Disponer de medio físico que permita la comunicación alámbrica entre este y el controlador.
Interfaces de Usuario	Dispositivos que establece la comunicación entre el sistema y el usuario, permite de forma amigable controlar el sistema inteligente por medio de aplicaciones interactivas dispuestas en una pantalla.	Disponer de soporte físico (canalización) que permita el trazado de los circuitos de comunicación y alimentación DC si requiere.
Gateway	Dispositivo que opera de interfaz entre las redes internas y permite la comunicación de estas con la red de acceso servida por los proveedores de servicio. Poseen funciones de seguridad de comunicaciones y puede aplicar algunas funciones de control.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicarlo en cercanías a un punto de acceso a Internet y a la convergencia de las redes internas domesticas; por tanto, se recomienda instalarlo en aproximaciones a la caja de terminación de red donde se ubica el PAU del servicios de telecomunicaciones. 2. Ubicar una toma de CA en inmediaciones del Gateway para su alimentación.
Dispositivos AMI		
Medidor Inteligente	Soporte AMI, comunicación y medición bidireccional, interfaces Ethernet e inalámbricas, conexión y desconexión de la energía vía remota	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disponer de una dicterio que permita la comunicación con el Gateway. 2. La instalación debe cumplir con los requisitos del RITIE
Redes HAN		
Red de Control	Red de comunicaciones inalámbrica o cableada, permite el control y monitorización de la vivienda inteligente; por tanto es el medio en donde se conecto los dispositivos encargados para este fin y los electrodomésticos inteligentes. Esta red es independiente a la red de banda ancha y a las redes de telecomunicaciones existentes en la vivienda.	Se debe disponer de una infraestructura independiente de las redes de potencia y de telecomunicaciones para el trazado de esta red; sin embargo, como los elementos de control están dispuestos en diferentes áreas de la vivienda, se puede aumentar la dicterio básica reglamentaria (eléctrica y de telecomunicaciones) para el trazado de la red de control.
Redes de banda ancha	Requisitos amplios de velocidad y de banda ancha, debido a que soporta grandes volúmenes de información audiovisuales y/o datos; se puede apoyar de la infraestructura de telecomunicaciones para formar una red de datos o de las tecnologías inalámbricas para aplicaciones audiovisuales.	Los criterios de estas redes se especifican al Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones RITEL, mostrado en el anexo_
Red de Acceso	Son las servidas por los proveedores de servicios de telecomunicaciones y permiten la conexión a internet para permitir aplicaciones remotas de la vivienda inteligente.	La infraestructura de la red de acceso se encuentra especificada en el RITEL

Tabla 6

Sistema Fotovoltaico.

La energía solar es la energía proveniente del sol, La cual llega a la tierra ininterrumpidamente en paquetes de energía que denominan fotones. Gran parte de la energía solar es adsorbida por la atmósfera, la tierra y el océano; el restante se refleja de vuelta al espacio. Por lo que es muy importante en los procesos realizados en nuestro planeta; como la fotosíntesis, la evaporación, las precipitaciones, el control de la temperatura, etc.

Debido a la sobreexplotación de los recursos no renovables causantes de daños al medio ambiente; se ha migrado a energías limpias, escenario donde toma protagonismo la energía solar, con la característica de ser una fuente inagotable.

A lo anterior se le suma la sobrepoblación mundial, una problemática no menor a la ya mencionada; lo que origina un aumento en la demanda energética de los centros de generación y el tendido eléctrico; situación que amenaza con colapsar si no se toman medidas oportunas.

Las fuentes de energías renovables surgen como una opción acorde con las problemáticas afrontadas a nivel mundial. Los sistemas fotovoltaicos, los cuales aprovechan la energía solar para generar corriente eléctrica, es una alternativa energética amigable con el medio ambiente, que si la integramos a la vivienda inteligente sería una solución a la gran demanda mundial de energía eléctrica, debido a que el hogar cambiaría de ser simplemente consumidor de potencia, a un centro de autogeneración y generación distribuida; supliendo parte o el total de su consumo e intercambiando el flujo energético con la red eléctrica, en momentos de exceso de energía local.

Clasificación de instalaciones residenciales fotovoltaica.

Instalaciones autónomas (off-grid): esta instalación normalmente se encuentra en sectores rurales donde la red pública no tiene presencia. En consecuencia implementa acumuladores para poder almacenar la energía suministrada por los paneles solares y utilizarlas en momentos donde la radiación solar no tiene incidencia como momentos nocturnos y la aparición de nubosidades.

Instalaciones conectadas a la red (grid-tie): los sistemas “grid-tie” se caracterizan por su conexión con la red

eléctrica y carecer en su instalación de baterías, por lo que en momentos en que la energía generada por los paneles supera la carga, esta se inyecta a la red. Por el contrario cuando la carga eléctrica en el hogar es mayor que la energía generada por los paneles la red eléctrica suplir el déficit energético. Para la implementación de este sistema es necesario un medidor bidireccional que guarde registro de la energía entrante y saliente del hogar.

Instalaciones híbridas (grid-tie off-grid): las instalaciones híbridas es una combinación de las dos configuraciones nombradas anteriormente, esta instalación presenta acumuladores y medidores bidireccionales. Cuando se presenta excedente de energía se almacena en las baterías, en dado caso que el acumulador este al 100% de su capacidad, la energía se inyecta a la red. Por lo dicho anteriormente la instalaciones híbridas presenta una gestión energética acorde a las necesidades del siglo 21 en materia energética, por lo que nuestro estudio se centra en este tipo de instalación en el tema de energías alternativas.

Funcionamiento del sistema solar fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos son los dispositivos más importantes de un sistema fotovoltaico debido a que convierten la radiación solar en energía eléctrica. La corriente generada por los paneles solares es corriente continua con un voltaje que depende de la unidad escogida (el panel) y la conexión entre estos (12 V, 24 V, 31 V.)

La energía generada por los paneles se almacena en baterías para luego utilizarse en momentos como días nublados, en la noche o en ocasiones en que el proveedor de energía convencional no suministre energía debido a mantenimiento o falla.

El regulador de carga controla el nivel de carga de los acumuladores y le proporciona la energía para recargar el acumulador, protege de sobrecarga y descarga profundas a la batería; además no permite el flujo de corrientes dañinas de las baterías a los módulos fotovoltaicos.

Los reguladores de carga interconectan los paneles solares, las baterías y el Inversor. En operación aislada de la red eléctrica (sistema en isla o off-tie) es el cerebro del sistema fotovoltaico.

El **inversor** convierte el voltaje en corriente continua que genera los paneles y los pasa a corriente alterna, al mismo voltaje y frecuencia que trabaja el proveedor de energía de red eléctrica (120 V fase, 208 V línea y 60 Hz en Colombia). En escenarios donde el sistema esta acoplado con la red eléctrica (grid-tie) puede tomar otras funciones como ayudar a cargar las baterías al regulador de carga (inversor/cargador). Cuando tiene capacidad de gestionar el sistema fotovoltaico se le denomina inversor/controlador.

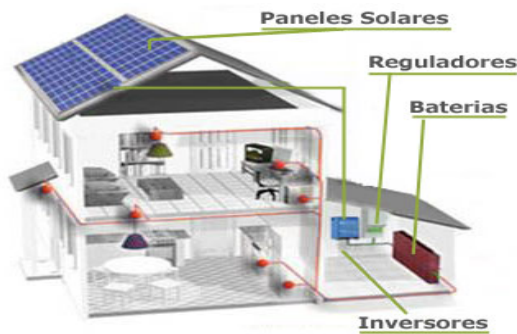


Figura 18

Modulo fotovoltaico

- Agrupación de celdas fotovoltaicas o células solares que convierten la radiación solar en energía eléctrica
- Genera voltaje a corriente continua muy baja
- Todas las características dadas por los proveedores de paneles están dadas bajo valores estandarizados (radiación $1000 \frac{W}{m^2}$, $T=25^{\circ}C$)

Las celdas solares

- Potencia máxima (P_m) = Potencia máxima que entrega un módulo fotovoltaico
- Corriente de corto circuito (I_{sc}) = corriente máxima presentada cuando se cortocircuita los dos terminales la celda solar
- Corriente de iluminación (I_L) = corriente generada cuando hay radiación solar en las células solares

Tensión de circuito abierto (V_{oc})= tensión máxima en los terminales las celdas cuando no hay carga.

Cuando una célula solar se le conecta carga, tanto la intensidad de corriente como la tensión se modifican. Estas células solares entregan una potencia máxima

cuando el voltaje y la corriente son máximos en condiciones de carga (V_m, I_m).

$$P_m = V_m * I_m$$

Conociendo este concepto sobre las células solares podemos hablar del **factor de forma** el cual es una relación entre la máxima potencia y el producto de la corriente de corto circuito con la tensión de circuito abierto ya mencionadas, cabe decir que este factor siempre va ser menor de uno, debido a que la corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto siempre van a ser mayores al resto de valores presentados por la célula solar bajo carga

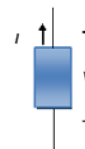
$$FF = \frac{V_m * I_m}{V_{oc} * I_{sc}}$$

Este factor sirve para medir el rendimiento de las células solares comerciales, por lo general se encuentre entre valores de 0.7 a 0.8.

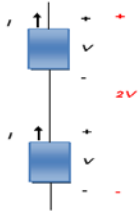
Conexión y potencia de una célula solar

La potencia que logra entregar una célula solar estándar, que tienen un tamaño aproximado de 10 mm x 10 mm es muy pequeña, debido a esto se tiene que interconectar entre ellas para lograr entregar mayor potencia activa, .en consecuencia a esto aparece el concepto de *panel solar* o *módulo fotovoltaico*

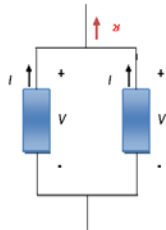
Célula solar individual:



Conexión en serie: Genera el aumento del voltaje al doble conservando la misma intensidad de corriente



Conexión en paralelo: La corriente se duplica con esta configuración y la tensión mantiene igual



Características del Panel solar

Como se vio anteriormente el panel solar es una agrupación de células conectadas en paralelo y en serie, con el objetivo de lograr determinados valores de tensión y corriente.

El modulo fotovoltaico genera tensión continua, y su construcción se hace para valores concretos (12 v, 24 v, 24v, 31V,...). Algunas características se pueden ver en la siguiente grafica xxx

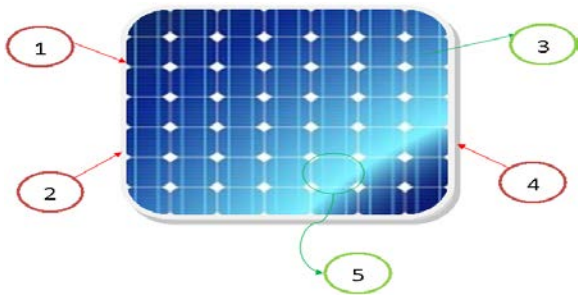


Figura 19

1. Los *módulos solares* siempre deben mirar hacia el sol con la inclinación correcta dependiendo del lugar geográfico donde se encuentre la instalación, por lo que deben estar colocados en posiciones altas como en el techo o un posta en soportes rígidos
2. La *caja de conexión* se encuentra en la parte trasera del módulo fotovoltaico



fuente: <http://cifprioebro.centros.educa.jcyl.es>

Figura 20

3. El *conexionado* entre las células que componen el panel debe ser sencillo, las cuales están en paralelo y en serie.

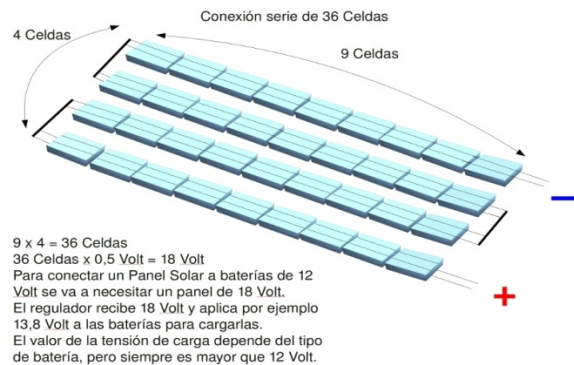


Figura 21

4. Cuando el modulo fotovoltaico es colado en un techo plano se colocan sobre un marco de soporte. El marco de soporte estará empotrado por medio de pernos grandes y concretos, haciendo a la estructura lo suficientemente pesada para soportar las inclemencias ambientales. la ventaja de estas estructuras radica que se ubica al panel con la inclinación precisa para adsorber la mayor energía posible, el inconveniente es que aumenta el coste del montaje.

5. Célula fotovoltaica

Detalles constructivos:

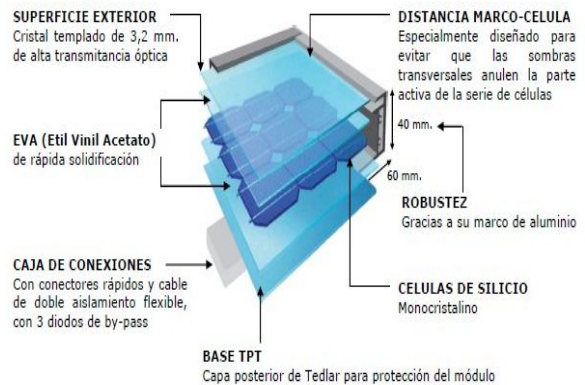


Figura 22

Clase de Paneles Fotovoltaicos

Existe variedad de paneles solares, estos se clasifican de acuerdo a su materia y su forma de construcción, los tres más conocidos y utilizados en el mercado se analizan en la *tabla 7*

Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento comercial	Características	Fabricación
amorfo	16%	menos 10%	Es de color homogéneo, las conexión entre celdas no se distinguen	Fabricado con silicio puro pero integrando otras tecnologías como depositándolo en laminas de sustratos (vidrio o plástico)
Policristalino	19-20%	12-14%	Se perciben distintos tonos azules	Mismo proceso que el monocristalino pero al refundir el silicio puro se le desmulle el rendimiento
Monocristalino	24%	15-18%	Presentan en colores azules homogéneos	Es fabricado con lingotes de silicio puro dopado con boro

Tabla 7

Además de las ya nombradas existen otras tecnologías presentes en el mercado

- **Diseleniuro de cobre e indio:** tecnología de capa fina, este panel se construye con una aleación de cobre, indio, galio y selenio, su rendimiento en laboratorio es del 19.4 % y en comercial del 9%.
- **Telurio de cadmio:** el cadmio es una aleación entre el zinc, plomo y cobre y combinado con el telurio se crea este panel de capa superfina, presenta un rendimiento en laboratorio del 16.9% y un 8% en comercial.

EL REGULADOR DE CARGA.

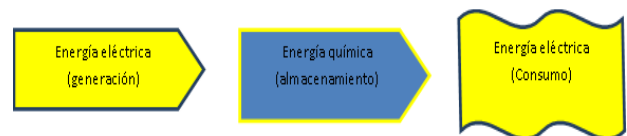
Normalmente el nivel de tensión del panel solar es mayor que el de las baterías por lo que si no estuviera el regulador la batería se vería sometidas a sobrecargas contantes, también protege a la misma (baterías) de descargas profundas lo que disminuiría el ciclo de vida del acumulador.

Los reguladores de carga en un sistema hibrido inteligente también tienen la propiedad de rastrear el punto máximo de potencia y habilita al sistema fotovoltaico a trabajar en la máxima eficiencia posible. Otra característica de este dispositivo bajo este escenario inteligente, es poder desconectar cargas cuando el nivel de energía en la batería es bajo.

Baterías o Acumuladores

Las baterías es el elemento del sistema fotovoltaico que permite almacenar energía cuando hay excedente de energía solar generada. En momentos en que las condiciones meteorológicas impiden la generación por parte de los paneles como llegada de la noche, nubosidades, precipitaciones, los acumuladores se encargan de suministrar la energía a la carga.

Los acumuladores son dispositivos capaces de convertir energía química en energía eléctrica, el ciclo de transformación de un sistema fotovoltaico funciona de la siguiente manera



Otras de las funciones de la batería es proporcionar potencia instantánea elevada y fijar la tensión de trabajo del sistema.

Para escoger una batería hay que tener en cuenta los siguientes parámetros eléctricos

- Capacidad: cantidad de energía eléctrica lograda en una descarga total de la batería partiendo de una carga del 100%, se da en Ah. $C=t \cdot I$
- Autodescarga: descarga paulatina del acumulador sin tener carga conectada
- Profundidad de descarga: relacionada con la vida útil de la batería. Si iniciamos un ciclo de descarga desde el 100% de carga, el acumulador tendrá mayor vida útil si lo sometemos a ciclos de descarga del 20%, en vez de sufrir ciclos de descarga profundos del 80% de descarga.

Otros parámetros para escoger baterías son:

- Bajo mantenimiento

- Buen rendimiento bajo corrientes pequeñas
- Amplia reserva de electrolito
- Depósitos para materiales desprendidos

Tipo de baterías

En el mercado se encuentran distintos tipo de batería, se discrimina dependiendo la tecnología de fabricación como muestra la gráfica.

Tipo de batería	Tension por vaso (v)	Tiempo de recarga	Autodescarga por mes	Nº de ciclos	Capacidad (por tamaño)	Precio
Plomo-acido	2	8-16 horas	<5%	medio	30-50 Wh/kg	bajo
Ni-Cd (niquel-cadmio)	1,2	1 hora	20%	elevado	50-80 Kh/kg	medio
Ni-Mh (niquel-metal hydride)	1,2	2-4 horas	20%	medio	60-120 KH/kg	medio
Li ion (ion Litio)	3,6	2-4 horas	6%	medio-bajo	110-160 Wh/kg	alto

Tabla 8

En un sistema fotovoltaico las baterías más utilizadas son las de plomo-acido debido a sus características, en la siguiente tabla muestra las diferentes baterías de plomo-acido existentes en el mercado con sus ventajas y desventajas.

Tipo	Ventajas	Inconvenientes
Tubular estacionaria	ciclado profundo, larga vida util, reserva de sedimentos.	Precio elevado
Arranque (SU,automovil)	precio, disponibilidad	fallas ante ciclado profundo y bajas corrientes, vida util corta,escasa reserva de electrolitos
Solar	abundante reserva de electrolito, funciona bien en ciclados medios	vida util media, no se recomienda para ciclados largor y prolongados
Gel	bajo mantenimiento	se deteriora rapidamente en condiciones de trabajo extremas

Tabla 9

Conexión en serie del acumulador

Al conectar en serie un grupo de batería se logra aumentar el nivel de voltaje del sistema manteniendo

la misma capacidad de carga, es importante decir que las baterías que se van a conectar deben ser idénticas.

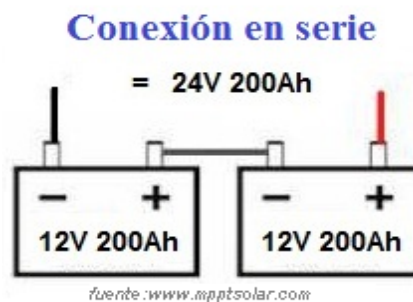


Figura 23

Conexión en paralelo del acumulador

Se conecta en paralelo una batería con la finalidad de aumentar la capacidad de carga del sistema manejando la misma tensión, de igual forma las baterías deben ser iguales.

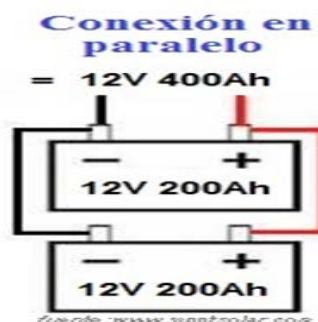


Figura 24

El inversor

La función del inversor es convertir la corriente CC generada por los módulos fotovoltaicos al mismo valor de voltaje y frecuencia de corriente AC con la que opera la red eléctrica convencional, Como ya se mencionó anteriormente.

En sistemas híbridos bajo el enfoque inteligente el inversor toma otros roles que se explicaran a continuación:

Inversor/Cargador: este dispositivo además de cumplir con las funciones de un inversor común, ayuda a cargar las baterías al regulador de cargar, pero tomando la energía del circuito AC por lo que hay un flujo bidireccional entre los acumuladores y el inversor/cargador.

El inversor/cargador es el punto donde converge todas las fuentes que suplen la energía en la vivienda residencial inteligente y el encargado de hacer la transferencia entre estas, para alimentar las cargas del inmueble. Dichas fuentes son la red eléctrica, el sistema fotovoltaico, carro eléctrico y otras fuentes de respaldo si las posee el hogar (eólica, planta eléctrica y otras). Para lograr ejecutar estas acciones y otras más el inversor/cargador esta interconectado lógicamente con un controlador el cual gestiona energéticamente todo el sistema.

El *Inversor/controlador*: es el cerebro de los sistemas fotovoltaicos que lo implementan. Reúne todas las propiedades del inversor y el controlador en un solo dispositivo. Ejerce un tratamiento inteligente al sistema, como controlar las cargas desconectándolas o activándolas dependiendo de la situación, envía la energía hacia la red pública o almacenado en momentos de excedente energético, utilizar la red eléctrica convencional cuando el coste de la energía es bajo y por el contrario, consume energía generada por el sistema distribuido en horarios de tarifa alta por parte de las electrificadoras⁵⁶.

Requerimientos normativos para el montaje de un sistema fotovoltaico

En residencias unifamiliares que implementen sistemas fotovoltaicos es prohibido superar los 220 V. Los requerimientos que a describen a continuación se ilustran en la *figura 25*.

Requerimientos normativos para la instalación Regulador de Carga

1. Los conductores que van desde el regulador de carga a los módulos fotovoltaicos Y las baterías no deben compartir canalizaciones con conductores de otros sistemas.
2. La capacidad de los conductores y la protección contra sobrecorriente entre el modulo fotovoltaico y el controlador de carga no debe ser menor al 125% de la corriente de corto circuito del módulo fotovoltaico.

3. La capacidad de los conductores y la protección contra sobrecorriente entre controlador y las baterías no debe ser menor al 125% de la corriente nominal de salida del controlador de carga.
4. La caída de tensión desde el controlador de carga al módulo fotovoltaico y las baterías no deben superar el 5%.
5. Los conductores que va desde el controlador de carga al módulo fotovoltaico y baterías deben poseer un medio de desconexión.
6. Los medios de desconexión deben estar rotulados y una parte visible.

Requerimientos normativos para la instalación del banco de baterías.

1. cuando la capacidad de los acumuladores supere los 1000 Ah se deben instalar en cuarto airado aparte de los demás elementos del sistema fotovoltaico.
2. la caída de tensión del conductor entre las baterías y el inversor no debe superar el 5%.

Requerimientos normativos para la instalación del inversor.

1. La capacidad de los conductores y la protección contra sobrecorriente entre las baterías y el inversor/cargador no debe ser menor al 125% de la corriente máxima de carga.
2. La caída de tensión del conductor entre la batería y el inversor/cargador no debe superar el 5%
3. la capacidad de los conductores y la protección contra Sobrecorriente entre la red pública y el inversor/cargador no deben ser menor al 125% de la corriente máxima de carga
4. la caída de tensión entre el tablero y las cargas respaldadas (pasando por el inversor/cargador) no debe superar el 2%.

Requerimientos normativos para la instalación de los módulos fotovoltaicos

1. cada panel debe poderse retirar del módulo fotovoltaico sin suspender el funcionamiento de todo el sistema.

⁵⁶ Interconectando un controlador con los otros dispositivos del sistema fotovoltaico se puede realizar la misma gestión energética que realiza un sistema que implemente un inversor controlador

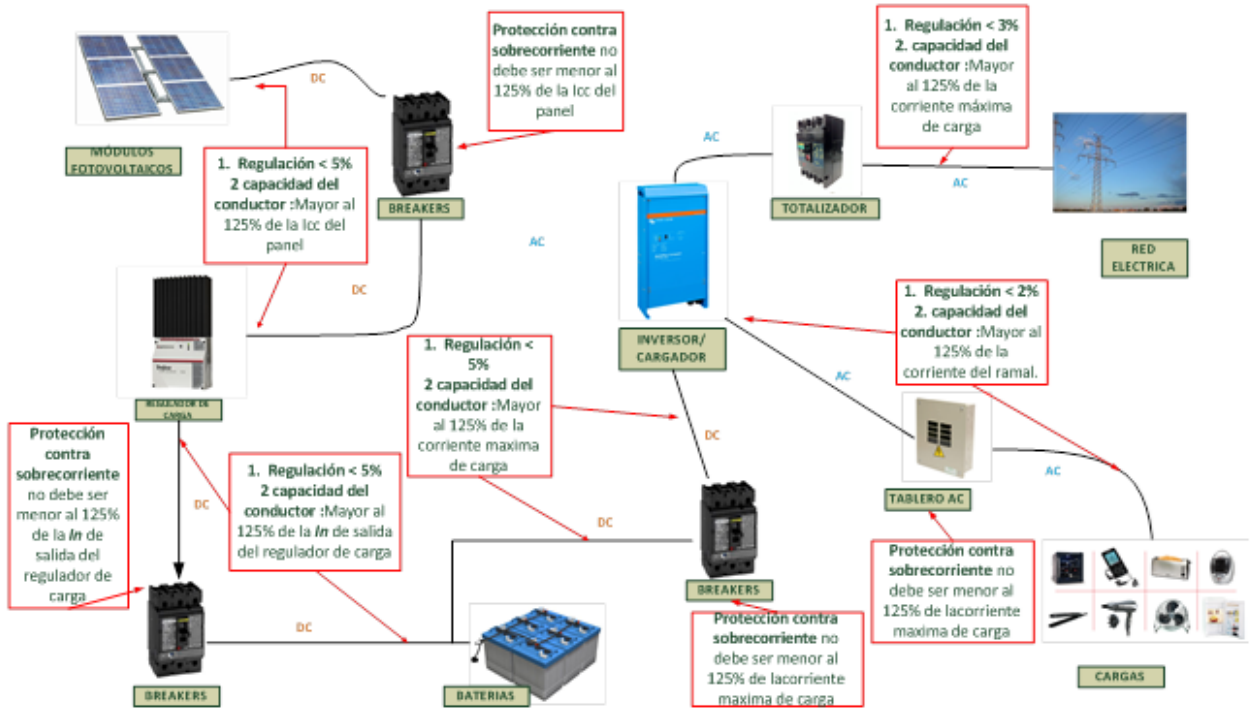


Figura 25

Montaje del controlador de carga

Recomendaciones para la instalación de un sistema fotovoltaico

En la tabla xxx se ve los niveles de tensión de un sistema fotovoltaico para una vivienda unifamiliar con las potencias recomendadas a la que pueden operar mejor dichos voltajes.

TENSIÓN (V)	POTENCIA (kW)
12	< 1,5
24 o 48	1,5 a 5
120	5 <

Tabla 10

De acuerdo a los consumos de los estratos 4, 5, 6 donde la demanda máxima es 3.89, 4.92, 5.26 kVA se recomienda para una vivienda inteligente un sistema fotovoltaico de 4000 W por lo que el voltaje del sistema será 48 V.

- para un buen rendimiento del regulador se recomienda que la instalación no sea a la intemperie y en un lugar seco y libre de humedad
- Antes de conectar los circuitos tanto de entrada (paneles solares) como de salida (baterías) verifique que los interruptores estén abiertos (desconectados) para poder conectarlos al regulador de carga.
- La conexión de los paneles y de la batería con el regulador de carga tiene que estar con la polaridad correcta, de lo contrario se dañara el dispositivo.

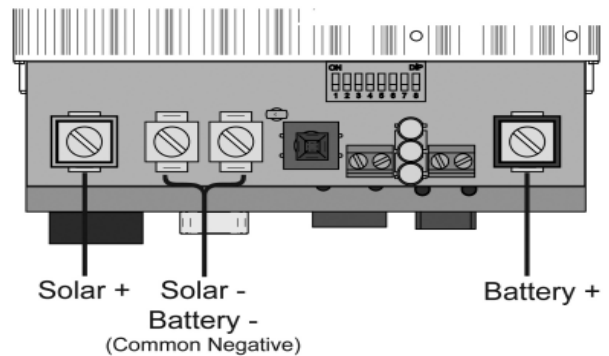


Figura 26 Bornes de conexión de un regulador de carga.

Calibre de conductor

Debido a que la distancia entre los módulos fotovoltaicos y el regulador de carga es incierta por lo que la infraestructura heterogénea de las viviendas, se pueden presentar distancias tanto cortas como largas. Debido a esto se muestra en la *tabla 11* la distancia en pies, de conductores de cobre de tipo doble para varios calibres con una caída de tensión máxima de 1.5% para arreglos fotovoltaicos de 48V y 64 V.

Amps	#8	#6	#4	#2	#1/0	#2/0	#4/0
8	22	35	57	90	145	180	290
10	18	28	45	72	115	145	230
15	12	19	30	48	76	96	150
20	9	14	22	36	57	72	116
30	6	9	15	24	38	48	77
40	4	7	11	18	29	36	56
50	3	5	9	14	23	29	46
60	3	4	7	12	19	24	38

Tabla 11

Para la conexión del regulador de carga con las baterías se puede utilizar la misma *tabla 11*. Cabe aclarar que las baterías se suelen ubicar cerca del regulador por lo que la distancia entre estos aparatos ronda los dos o tres metros normalmente.

Funciones de un regulador de carga en un sistema inteligente

- Detectara el punto máximo de potencia del panel para distintas condiciones climáticas.
- Cargan eficientemente y más rápido las baterías.
- Regula la carga de los acumuladores según la temperatura monitoreada de estos (acumuladores). *Figura 27*
- Según la caída de voltaje del conductor regula la tensión de las baterías dependiendo la etapa de carga en que se encuentren (baterías).
- Detectara las fallas en el sistema y dará alarma.

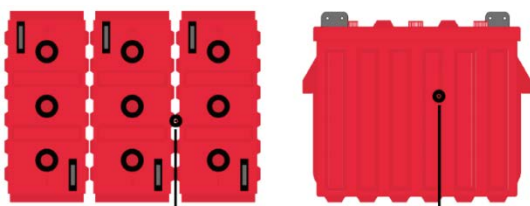


Figura 27 Sensor al lado de la batería, en medio del banco y por debajo del nivel del líquido

Montaje de los acumuladores

Para una gestión energética eficiente es recomendado tener una capacidad de almacenamiento que le permita tener cierta autonomía con respecto al proveedor de energía convencional. La *tabla 12* muestra los detalles del banco de baterías recomendado para 4000 W.

SISTEMA FOTOVOLTAICO EN VIVIENDA INTELIGENTE	
CARGA DE RESPALDO	4000 W
VOLTAJE DEL SISTEMA	48 V
Días de autonomía	1
Horas de uso	5
Capacidad banco de baterías	600 Ah
Capacidad por batería	150 Ah
Nivel de descarga máxima	80%
Baterías en paralelo	4
Baterías en serie	4
Total baterías	16

Tabla 12

En la *figura 28* se observa la configuración del sistema de acumulación recomendado, se implementan 4 baterías de 150 AH en paralelo para un sistema de 600Ah, 4 baterías de 12 V en serie para un sistema de 48V.

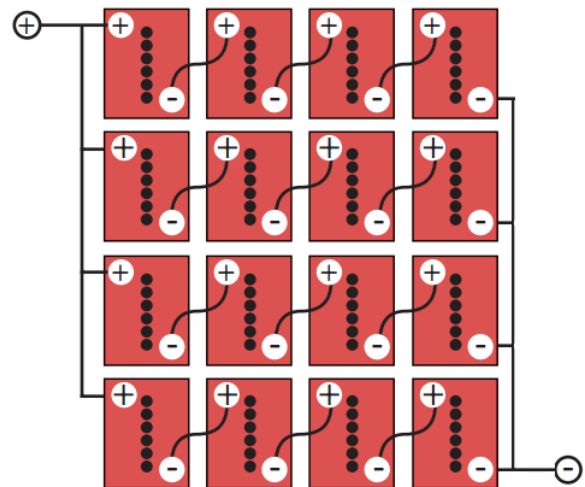


Figura 28

- Las baterías deben estar en ambientes limpios y frescos. Con temperaturas de 10 a 35 °c
- La instalación de los acumuladores estará en un cuarto técnico con todos los elementos del sistema FV por lo que se recomienda que las baterías sean de tipo sellado para evitar que los gases emitidos dañen los aparatos eléctricos
- Para el apilamiento de las baterías se debe tener en cuenta la capacidad de estas (baterías). Mirar *tabla 13*
- Entre baterías se ubica cartulina como capa adicional.

APILAMIENTO DE BATERÍAS	
Hasta 75 Ah	5 Niveles
Mas de 90 Ah	Hasta 3 niveles
Mas de 150 Ah	Máximo 2 niveles

Tabla 13

Montaje del Inversor/Cargador.

En un sistema inteligente el inversor/cargador es el elemento central del sistema, debido a que en él se unen todas las fuentes que le van a proveer energía a la residencia.

La *tabla14* muestra los calibres utilizados y las potencias a la que trabaja cada circuito que converge en el inversor/cargador.

CONEXIONES INVERSOR/CARGADOR			
CIRCUITO	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	CONDUC
Acumuladores	4000	48	# 1
Estacion de carga VE	1900	120	# 12
Red electrica	6700	120	# 4
Cargas	5000	120	# 6

Tabla 14

Montaje de un Inversor/cargador

- Para un buen rendimiento del inversor/cargador se recomienda que la instalación no sea a la intemperie y en un lugar seco y libre de humedad
- Verificar que la polaridad en la conexión sea la correcta entre el inversor/cargador y las baterías de los sistema FV y eólico u otro sistema de energía renovable (si los posee). *Figura 29*
- Se recomienda que el conductor entre el banco de baterías y el inversor/cargador no supere 3 metros para reducir la caída de tensión
- Se recomienda que se envuelva en cinta los conductores de cc de polaridad positiva y negativa para reducir la auto inductancia.
- La conexión en las entradas AC debe hacerse correctamente



Figura 29 Entrada de sistemas renovables (fotovoltaica y otra fuente en DC si el sistema la posee).

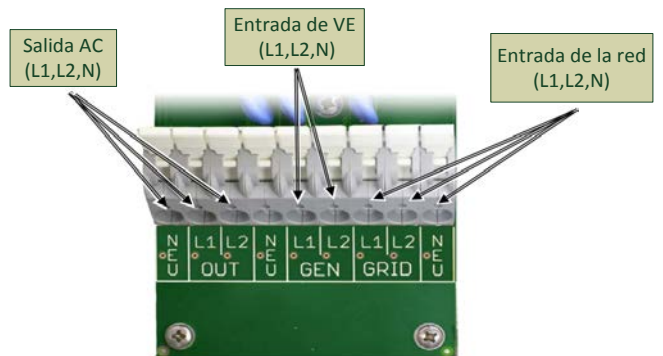


Figura 30 Entradas y salidas del sistema AC del Inversor/Cargador

Conexión AC del inversor/cargador.

Funciones del inversor/cargador en un hogar inteligente

- Cuando el inversor/cargador tenga que ser retirado el suministro energético correrá a cargo únicamente de la red eléctrica por lo que un mecanismo de derivación permitirá energizar las cargas. *Figura 31*

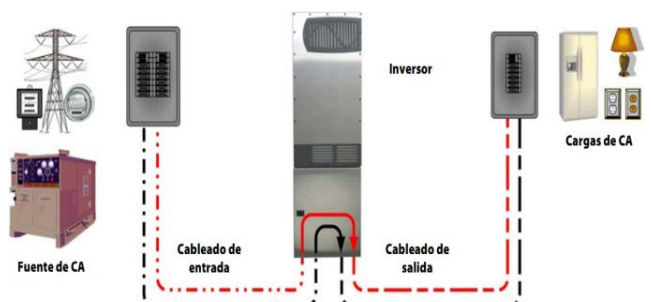


Figura 31 Cambio de derivación

- Cuando el acumulado del sistema está a carga máxima el inversor/cargador entrega la energía de los módulos fotovoltaicos a la carga, en caso que la generación sea mayor que la demanda este excedente se inyecta a la red.
- Cuando el suministro de AC presenta interrupción el inversor/cargador trabaja como una UPS mientras pasa a energizar con el sistema DC, evitando el corte del suministro.
- En horas donde la tarifa de la red eléctrica es alta el inversor/cargador tomara energía del sistema de fuentes renovables o el VE para suplir la demanda, haciendo la transición al sistema AC cuando la tarifa energética sea más económica.
- El inversor/cargador podrá cargar el banco de baterías.

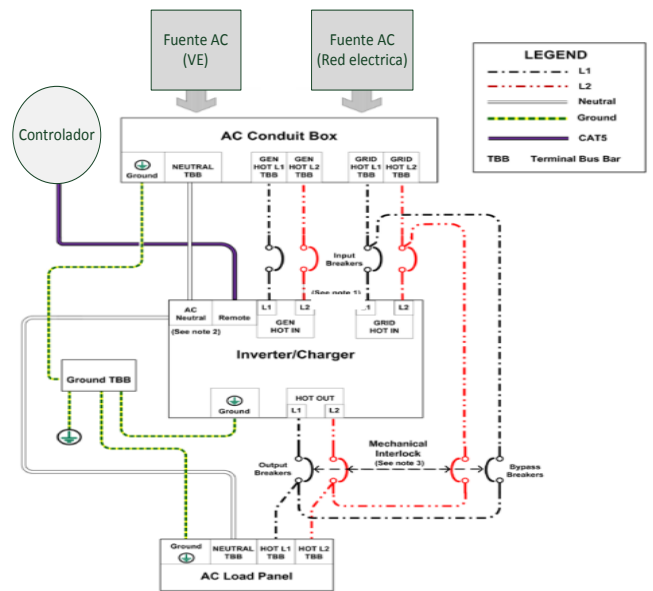
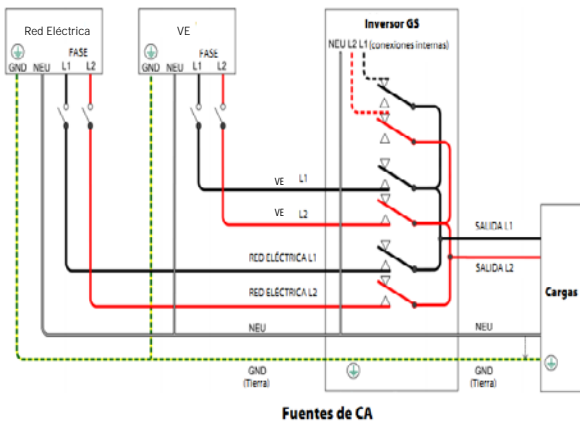


Figura 33

Conexión AC del inversor/cargador.

En la gráfica XXX se muestra la integración de las dos fuentes en AC al sistema. Cabe aclarar que solo una fuente puede aportar energía a la vez.



Fuentes de CA
Figura 32

La figura 32 muestra el cableado general de un inversor/cargador, especificando las dos fases de las fuentes AC, la derivación, el control y la conexión del neutro y tierra.

Controlador

Para lograr una gerencia sobre el sistema con el fin de implementar una gestión energética óptima, la implementación de un controlador es necesaria para la interacción y un comportamiento coordinado entre los elementos que componen el hogar inteligente.

Función del controlador de un sistema fotovoltaico en un hogar inteligente.

- Se comunica con el inversor/cargador y regulador de carga
- coordina el funcionamiento del sistema, maximiza el rendimiento evitando la entrada en conflicto de los dispositivos
- programa cuando el inversor se conecta a la a las diferentes alternativas de energía existentes en función de la hora (tarifa energética según la hora del día).
- Para el control y los datos es necesario un Hub concentrador para la integración de todos los elementos del sistema.
- Controla cargas auxiliares como relés o ventiladores refrigerantes de los dispositivos que conforman el sistema.

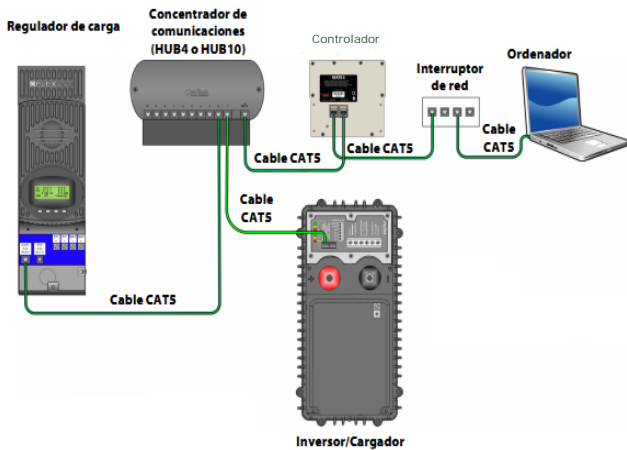


Figura 34 Conexión para el control y comunicación del sistema

La comunicación del controlador al ordenador (PC) se puede hacer por medios inalámbricos para lo cual se necesita la incorporación de un enrutador de red con capacidad inalámbrica entre los dos dispositivos.

Estación de carga para el carro eléctrico.

Los vehículos eléctricos representan una alternativa para la movilidad y los problemas ambientales que padece el planeta. El calentamiento global debido a los gases invernaderos emitido en parte por los vehículos movidos por combustibles fósiles, es un tema que ha venido preocupando al hombre desde hace tiempo.

Para la introducción en masa del vehículo eléctrico, la red eléctrica tendrá que experimentar cambios en su infraestructura y potencia instalada, debido al aumento de la demanda que tendrá que suplir por la inclusión de este tipo de vehículos.

Las “smat-grids” y por ende los “Smart-home” juegan un papel importante en la adaptación del tendido eléctrico tradicional, debido a su comportamiento como centro de generación distribuido y su manejo energético eficiente.

Vehículo eléctrico

El vehículo eléctrico es un medio de transporte donde su tracción es movida por motores eléctricos; por lo que a continuación se hablara de los automóviles eléctricos existentes.

Híbrido enchufables: es un automóvil que fusiona con dos o más sistemas, los cuales su fuente de energía es distinta. El automóvil híbrido más común es el que incorpora motores eléctrico y de combustión. *Figura 35*

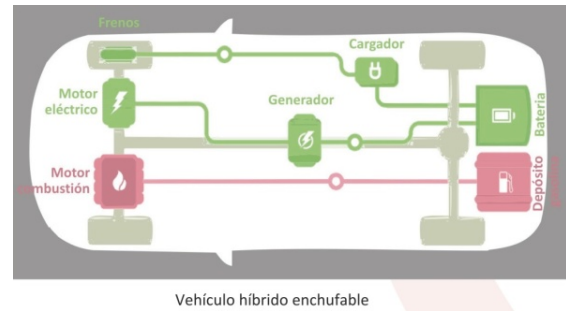


Figura 35

Eléctrico de batería: su propulsión es a base de uno o más motores eléctricos, los cuales se recargan de la red eléctrica. Posee batería y un cargador el cual convierte la energía AC de la red eléctrica y le entrega a la batería DC

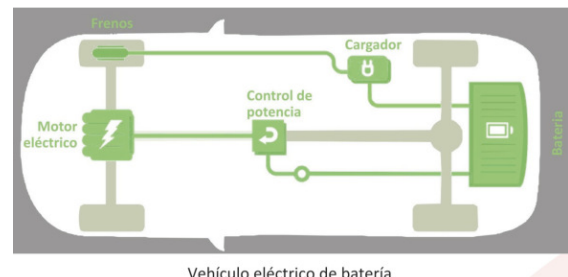


Figura 36

Eléctrico de autonomía extendida: Funciona igual que un vehículo eléctrico puro, a diferencia que tiene incorporado un generador de gasolina que le provee energía al vehículo.

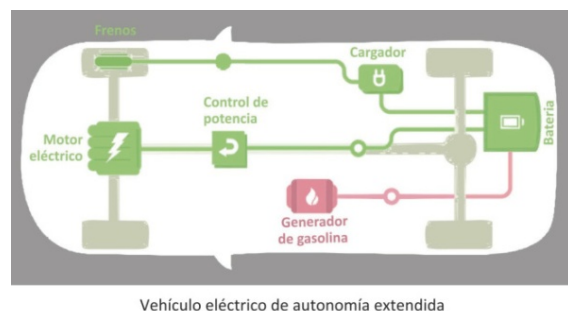


Figura 37

Tipos de carga

En la *tabla 15* se explica los tipos de cargas a los que se pueden someter un vehículo eléctrico.

TIPO DE CARGA	CENTRO DE CARGA	POTENCIA (Kw)	TENSIÓN	AMPERIOS	CORRIENTE	TIEMPO DE RECARGA
Carga lenta	Domicilio	Hasta 1.9	120 V fase	12:00 a.m.	AC	6h-8h
Carga semi-rápida	Domicilio, Parqueadero público o privado	Hasta 19.2	208 a 240 V	32 A	AC	2h-4h
carga rápida	Electrolineras	Hasta 80	Hasta 600 V	hasta 400 A	DC	15 min- 30 min

Tabla 15

Como se observa su consumo de potencia y el nivel de tensión, la recarga a implementar en un hogar inteligente es la lenta.

Modos de carga

Existen cuatro modos de carga permitidos por normas internacionales (IEC -61851-1) citadas por el RETIE.

MODO 1: No existe comunicación entre el vehículo y la fuente de corriente, la toma debe presentar protección el cual debe ser un interruptor automático de corriente residual. Este tipo de carga se realiza normalmente en scooters y carros pequeños

MODO 2: Se utiliza un conductor equipado con ICCB (caja de control con cable de interconexión) el cual tiene la función de proteger y controlar la corriente residual. Recomendado para carga doméstica y utilización esporádica o de emergencia por lo que también puede ser una estación de carga portátil.

MODO 3: Este modo de carga ofrece control y comunicación entre la estación de carga y el vehículo eléctrico, es necesario utilizar un cable adicional entre él toma y el vehículo. Este modo garantiza una mayor seguridad y un mejor funcionamiento.

MODO 4: A diferencia de los tres anteriores el sistema de carga se encuentra situado dentro de la estación y no en el carro por lo que el carro es cargado con DC. Este modo de carga es utilizado en para carga rápida.

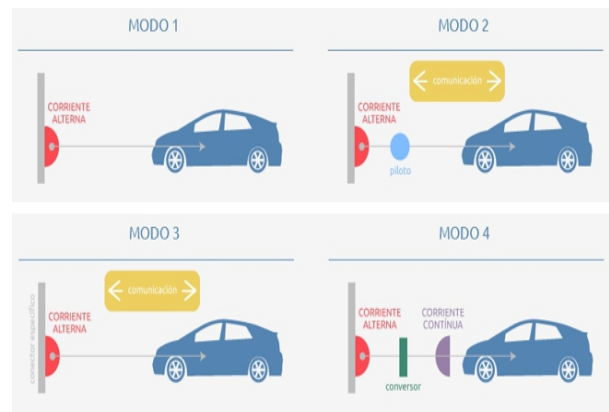


Figura 38 modos de carga

Por su comunicación entre la estación de carga y el automóvil el modo de carga a implementar en una vivienda bajo el escenario inteligente es el modo 3.

MODO DE CARGA	VELOCIDAD DE CARGA	SEÑAL DE CONTROL	PROTECCIONES
1	Lenta	No	Diferencial y magnetotérmica
2	Lenta	Si	Diferencial y magnetotérmica
3	Lenta o semi-rápida	Si	Incluidas en la infraestructura para VE
4	Rápida	Si	Incluidas en la infraestructura para VE

Tabla 16 Relación entre modo de carga y velocidad de carga

Tipo conector	Nº pins	Normativas	Características especiales
CA	1 5 (L1, L2/N, PE, CP, CS)	IEC 62196-2	Regulación SAE J1772
	2 7 (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	IEC 62196-2	Un solo tipo para carga monofásica o trifásica
	3 4, 5 o 7 según modelo (L1, L2, L3, N, PE, CP, PP)	IEC 62196-2	Tipos diferentes según nivel de potencia
CC	4 9 (2 Potencia, 7 de señal)	IEC 62196-1 UL 2551	Carga rápida en CC Conforme JEVS G105 Tipo CHAdeMO

Figura 39 Conectores permitidos según normas internaciones para cada modo de carga

Requerimientos normativos para la instalación de una estación de carga para VE

- La caída de tensión entre el conductor entre la estación de carga y las cargas (pasando por el inversor/cargador) no debe ser mayor del 5%
- La capacidad de los conductores y las protección contra sobrecorriente entre el la estación de carga VE y el inversor/cargador no debe ser menor al 125% de la corriente de carga
- Como el modo de carga a implementar en la vivienda inteligente es el tres, se limita la corriente del circuito de recarga a 10 A.
- Si la estación de carga no está certificada para el uso y el lugar, el acople del equipo de suministro entre 0.6m y 1.2 m del suelo del parqueadero.
- Tipo de cable permitidos son EV, EVJ, EVE, EVJE, EVT o cable flexible tipo EVJT

Estas especificaciones se muestran en la siguiente figura

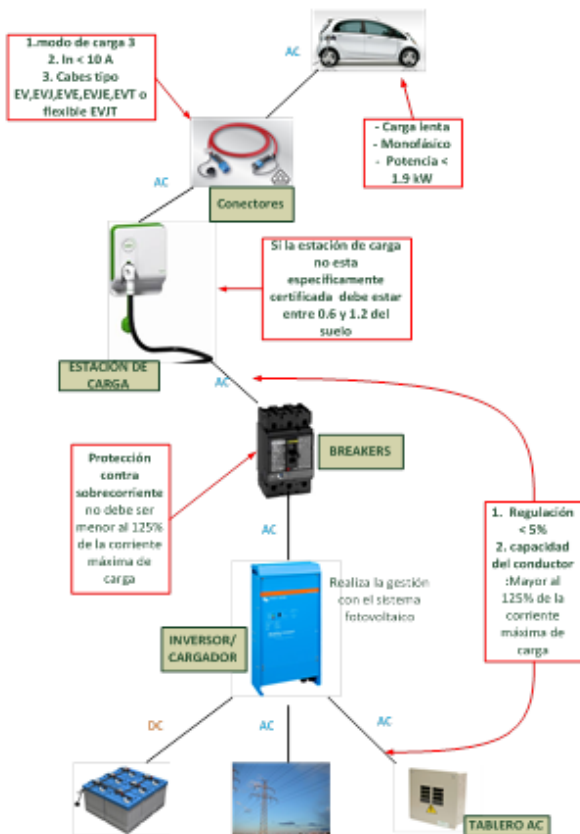


Figura40

Parámetros de diseño para la instalación de la estación de carga VE

- En la *tabla 17* se muestran los parámetros técnicos del diseño para una vivienda inteligente del conductor entre la estación de carga y el inversor/cargador.

ESTACION DE CARGA VE	
Potencia	1900 W
Corriente	12A
Tensión	120 V
Conductor	# 12
Protección	15 A
Tipo de carga	Lenta
Modo de carga	3

Tabla 17

- Por las características de la carga, la potencia manejada por el circuito se recomienda un ramal único para la recarga del vehículo eléctrico. *Figura 41*

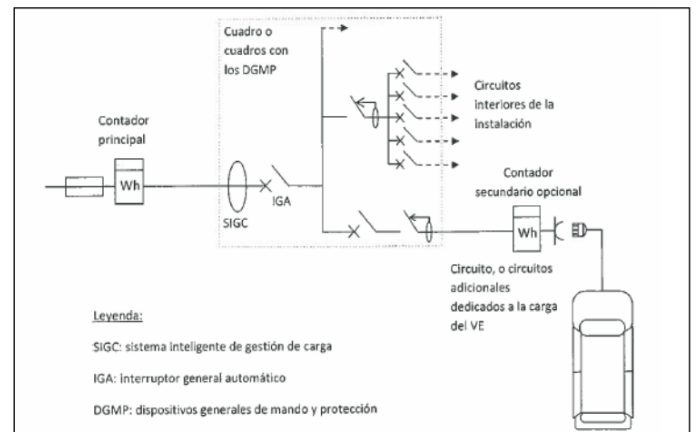


Figura 41

- La estación de carga se ubicará a 1.5 metros del suelo en el estacionamiento del hogar inteligente.
- Debido a la versatilidad del modo 3 el cual puede implementar diferentes conectores dependiendo a la potencia, se implementará el conector Yazaki en la estación de carga y tipo Mennekes para el carro (*figura 42*). El típico conector del modo 3 (conector 3C) se

utiliza para recarga superiores a 3 kW⁵⁷ (figura 42).

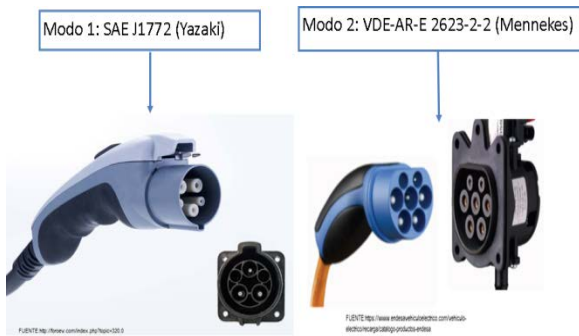


Figura 42 conectores diseño propuesto



Figura 43 conector tipo 3C

Control y comunicación del punto de carga VE

La comunicación entre la estación de carga y el vehículo hace que el modo 3 de carga sea el más idóneo para implementar en la vivienda indigente. El punto de carga tiene las siguientes acciones gracias a la unidad de control y comunicación que tiene implementada:

- la comprobación permanente de continuidad de la puesta a tierra: En el momento en que esta continuidad se viera afectada, la alimentación de la toma se interrumpe.
- Control de energía de cargas: La energía tomada por el vehículo no puede ser mayor que la energía disponible en la estación de carga
- Control de movimiento: Verifica que el vehículo no sea movido mientras está en el proceso de carga.

El control y comunicación del punto de carga al interior de la vivienda se hará por medio de un HUB concentrador el cual lo comunica con el controlador del

sistema fotovoltaico, y es el que gestiona cuando se recarga el VE o cuando el VE proporciona carga al sistema.



Figura 44 sistemas de control y comunicación de fuentes de respaldo.

Dimensionamiento del circuito de fuerza de la estación

En la figura 44 se establece el diagrama de flujo en el cual incorpora las acciones en el proceso de dimensionamiento del punto de recarga.

⁵⁷http://www.scame.com/es/prodotto/ser/libera_connettor_i.asp

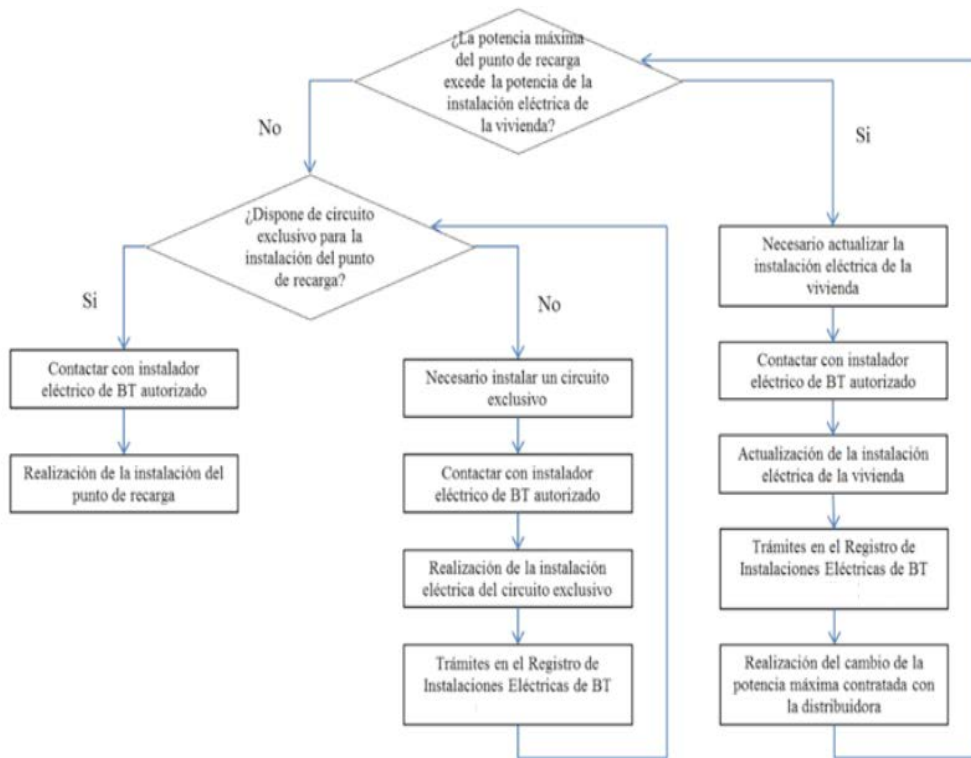


Figura 45

Criterios y recomendaciones adicionales de diseño para la implementación de una vivienda unifamiliar inteligente.

Criterios de segmentación de cargas

La gestión eficiente de la energía en una vivienda inteligente está condicionada al análisis hecho a las cargas que componen el hogar, por lo que segregar los consumos por dispositivos e identificar los horarios donde la demanda es mayor, facilita gestionar el comportamiento del sistema en pro de un ahorro energético y económico para el usuario. Por tanto, el análisis de la composición del consumo y del perfil de cargas, proporcionan herramientas indispensables en la gestión energética.

Composición del consumo en la vivienda

En la *figura 46* se muestra las cargas con mayor demanda en la vivienda, donde se identifica las cargas de iluminación y aire acondicionado los de mayor consumo.

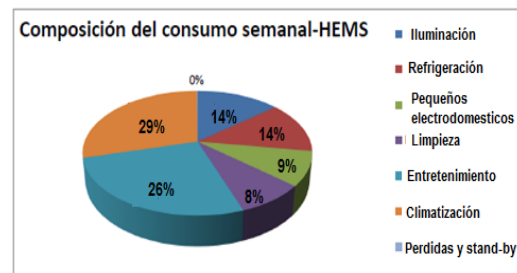


Figura 46

Perfil de carga

El perfil de carga establece los patrones de consumo de los usuarios por cada hora, lo que proporciona información acerca de los momentos de mayor demanda (horas picos) y los de baja demanda (horas valle) en el día; información vital para realizar estrategias energéticas con el fin de disminuir el consumo en horas altas de demanda, donde el precio de la energía es mayor. Lo anterior se evidencia en la *figura 47*, donde se presenta una comparación entre el perfil de cargas tradicional y un sistema implementado el sistema HEMS en un estrato 5-6.

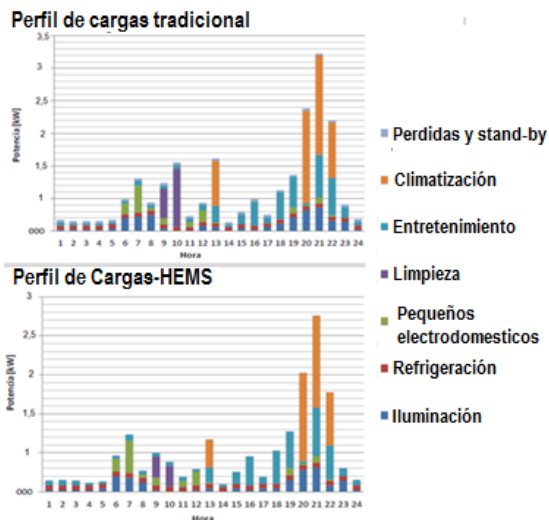


Figura 47

Segmentación de Cargas

La segmentación de la cargas permite discriminar cada circuito existente en el hogar y priorizar entre ellos según su consumo y utilidad al usuario, variando su fuentes energéticas (red o fuente alternativa) en función del horario o situaciones atípicas; como la detención o fallo del suministro energético por parte del operador de red.

Para lograr una eficiente gestión energética es indispensable identificar los circuitos o las cargas especiales que se deben segmentar para lograr un manejo ideal y poder darles respaldo energético por las fuentes alternativas en momentos donde el operador de red presenta tarifas altas o interrupciones del suministro de electricidad.

Cargas Especiales: Las cargas especiales están referenciadas a las cargas que presentan mayor consumo energético y a las que son indispensables para el usuario y el funcionamiento del sistema.

- Carga de Control Inteligente: Circuito referente a la alimentación de los dispositivos encargados del control y la monitorización de la vivienda
- Carga de Iluminación: Presentan consumo importante en horas pico, además de ser necesaria para el usuario.
- Carga de computación: Es el circuito referente a la conexión de ordenadores, los cuales son importantes para el estudio y trabajo en casa.

- Carga de refrigeración: Permite disminuir el perfil de carga y el respaldo de energía
- Carga de climatización: Cuando exista la carga, es indispensable la gestión con fuentes alternativas en horas pico para disminuir el perfil de carga.

En la *tabla 17* se muestra la segmentación de los circuitos ramales en una vivienda tipo de estratos 3 y 4; los circuitos sombreados son los recomendados para darles soporte energético por parte de las fuentes alternativas en momentos donde el operador de red presenta tarifas altas o interrupción del suministro de electricidad.

# del circuito	Denominación	Área del hogar
Circuito 1	Iluminación	Zona de ropas, Cocina, Sala comedor, Estar de TV y terraza
Circuito 2	Iluminación	Alcoba Principal, Alcobas Auxiliares y Baños
Circuito 3	Entretenimiento	Estar TV, Alcoba Principal y Auxiliares
Circuito 4	Plancha y lavado	Zona de ropas
Circuito 5	Electrodomésticos de cocina	Cocina
Circuito 6	Refrigeración	Cocina
Circuito 7	Climatización	Alcoba Principal
Circuito 8	Pequeños artefactos	Sala-comedor, Terraza y Baños
Circuito 9	Alimentación red de control	Cuadro de Control
Circuito 10	Carro eléctrico	Garaje

Tabla 17

Gestión energética con el vehículo eléctrico como carga.

La gestión energética con el vehículo eléctrico establece dos escenarios. El primero bajo una gestión energética eficiente el cual aprovecha el sobre dimensionamiento de la red en hora valle, y el segundo es un escenario ineficiente que sobrecarga la red al recargar el vehículo en horas de mayor consumo energético. Lo anterior genera la necesidad de realizar las recargas del vehículo en horas valle, ya que además de evitar la saturación de la red eléctrica, el valor de la energía es menor a estas horas. Lo anterior se observa en la figura 48.



Figura 48

Recomendaciones en la infraestructura de una vivienda inteligente

Cuarto Técnico

Debido a la incorporación de nuevos dispositivos en el interior de la vivienda, los cuales se han analizados a lo largo del presente manual; se recomienda que se disponga un cuarto técnico dentro de la infraestructura del inmueble en el cual se incorpore los siguientes elementos

- Cuadro eléctrico con los dispositivos de protección.
- Cuadro “inteligente” con carril DIN donde se incorpore actuadores, fuentes de alimentación, controladores y todos aquellos que se considere necesario para el control y monitorización de la vivienda. Se recomienda que esté empotrado.
- Gateway.
- Caja de terminación de red, que se encuentra los puntos de acceso al usuario de todos los servicios de telecomunicaciones
- Elementos pertenecientes al sistema fotovoltaico, como inversores, controladores, protecciones, contadores, etc.

El cuarto debe poseer un sistema de ventilación si en el interior de este se disponga las baterías del sistema fotovoltaico, además se debe instalar como mínimo dos bases de tomas de corriente adicionales a las tomas dedicadas.

Medidas

Las medidas del cuarto técnico depende de la incorporación de baterías al sistema fotovoltaico, ya que estas requieren un espacio importante para su instalación.

Cuarto Técnico sin baterías: Las dimensiones mínimas del cuarto técnico cuando no se incorporan baterías se establece a continuación.

	Alto [mm]	Ancho[mm]	Profundo[mm]
Cuarto Técnico sin baterías	2300	1000	500

Cuarto Técnico con baterías: Cuando se implemente baterías en el cuarto técnico se debe establecer un espacio de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento fácil y seguro de las baterías; las medidas mínimas se establecen en la figura 49

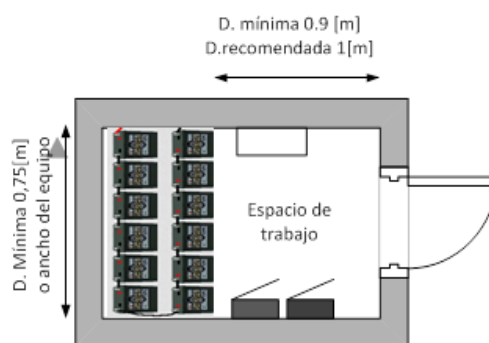


Figura 49

Gabinete de distribución por estancia

Se recomienda la instalación de un cuadro de distribución por estancia debido a que presenta las siguientes ventajas.

- Facilita el trazado de los conductores.
- Permite mejor organización en la ubicación de los dispositivos (actuadores) en el interior de la vivienda, situando los elementos de control lo más cerca posible a los dispositivos mandados (luces, persianas, aires acondicionados, electroválvulas, etc)
- Permite que en la topología distribuida, el cableado de fuerza se tienda de la forma tradicional (bus), ya que el control se realiza desde la misma estancia, facilitando la localización de errores cuando el sistema falla.
- Se puede realizar las diferentes derivaciones de los servicios de telecomunicaciones, control y alimentación DC requerida por el sistema, siempre y cuando se encuentren en diferentes compartimientos.

FUENTES DE GRAFICAS

Figura 1	Autores
Figura 2	Autores
Figura 3	Autores
Figura 4	http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica
Figura 5	Autores
Figura 6	Autores
Figura 7	http://domticaparadisacapitados.blogspot.com/
Figura 8	ABB i-bus KNX, 2014
Figura 9	Bticino, Guía para el proyecto y la instalación, MY HOME
Figura 10	Modificado de Bticino, Guía para el proyecto y la instalación, MY HOME
Figura 11	GEWISS Sistema Domótico KNX 2012
Figura 12	Modificado de Bticino, Guía para el proyecto y la instalación, MY HOME
Figura 13	Modificado de Bticino, Guía para el proyecto y la instalación, MY HOME
Figura 14	MANUAL DEL INSTALADOR ZELIO HOGAR Schneider Electric
Figura 15	Autores
Figura 16	Modificado de Bticino, Guía para el proyecto y la instalación, MY HOME
Figura 17	LÖNN Johan, JONAS Olsson, ZigBee for wireless networking, 2005.
Figura 18	host133.hostmonster.com/suspended.page/disabled.cgi/sensstech.com
Figura 19	autor
Figura 20	cifprioebro.centros.educa.jcyl.es
Figura 21	www.lawebdelasenergiasrenovables.com/contruir-panel-solar-fotovoltaico-parte-1/
Figura 22	http://mundobiodegradable-ciencia.blogspot.com/
Figura 23	www.mpptsolar.com
Figura 24	www.mpptsolar.com
Figura 25	Autores
Figura 26	TRISTARS MPPT, Cargador de batería solar, MORNINGSTAR
Figura 27	Fuente: Rolls BATTERY ENGINEERIG, MANUAL DE USO, BATERIAS
Figura 28	Rolls BATTERY ENGINEERIG, MANUAL DE USO, BATERIAS

Figura 29	Out Black power Inverosr/cargador de la serie radian, manual de instalacion
Figura 30	Out Black power Inverosr/cargador de la serie radian, manual de instalacion
Figura 31	Out Black power Inverosr/cargador de la serie radian, manual de instalacion
Figura 32	Out Black power Inverosr/cargador de la serie radian, manual de instalacion
Figura 33	Out Black power Inverosr/cargador de la serie radian, manual de instalacion
Figura 34	Out Black power MATE3 sistema de visualización y control
Figura 35	http://globalelectricity.wordpress.com/
Figura 36	http://globalelectricity.wordpress.com/
Figura 37	http://globalelectricity.wordpress.com/
Figura 38	http://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/tipos-de-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga
Figura 39	CIRCUITOR, Equipos y sistemas de Gestión Inteligente para la Recarga de Vehículos Eléctricos. http://circuitor.com/docs/RVE_SP_Cat.pdf .
Figura 40	Autores
Figura 41	Guía del vehículo eléctrico para castilla y león, aspectos básicos para el desarrollo e implantación del vehículo eléctrico; http://www.energia.jcyl.es/web/jcyl/binarios/202/597/Guia-Vehiculos-2013,1.pdf
Figura 42	modificado de http://ww2.autoscout24.es/blog/coches-electricos/que-debes-saber-acerca-de-los-coches-electricos/4319/409072/ y https://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/recarga/catalogo-productos-endesa
Figura 43	http://www.scame.com/es/prodotto/ser/libera_connettori.asp
Figura 44	Autores
Figura 45	Guía del vehículo eléctrico para castilla y león, aspectos básicos para el desarrollo e implantación del vehículo eléctrico. http://www.energia.jcyl.es/web/jcyl/binarios/202/597/Guia-Vehiculos-2013,1.pdf
Figura 46	GÓMEZ, Walter, ARCHILA, Gustavo, (2012), CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA TOPOLOGÍA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL, Universidad Industrial de Santander
Figura 47	GÓMEZ, Walter, ARCHILA, Gustavo, (2012), CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA TOPOLOGÍA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL, Universidad Industrial de Santander
Figura 48	modificado de José María Salmerón Ozores, Diseño de la instalación eléctrica de una electrolinera, universidad Carlos III de Madrid 2012
Figura 49	Autores

Anexo B. Requisitos funcionales de la HAN

Además de los dispositivos hardware inteligentes y la correspondiente instalación, operación, mantenimiento, así como la logística que deben ser abordados por los fabricantes o vendedores de productos, los principales requerimientos del sistema HAN se pueden dividir en tres aspectos generales: Aplicaciones, Comunicaciones y seguridad; analizados a continuación⁵⁸:

Aplicaciones HAN: Cualquier aplicación que se activa a través de la HAN tendrá una o más de las siguientes características: control, medición y monitoreo, procesamiento e interfaz hombre-máquina (HMI).

Aplicaciones de Control: Las aplicaciones de control responden a señales de control. La aplicación de control más simple es el *control directo*, o control ON/OFF (encendido/apagado); otro tipo de aplicaciones pueden ser *cíclicas*, lo que significa que la carga apaga y enciende a intervalos de tiempo configurables. Aplicaciones de control más sofisticados pueden limitar la carga de un aparato basado en umbrales configurables.

Aplicaciones de Medición y Monitoreo: Suelen proporcionar información de datos y estados internos. Estas aplicaciones incluyen las siguientes funciones:

- Monitoreo y medición de entrada y salida de energía local; aplicación usada en generación alternativa.
- Medición de uso-final (submedición): Mide y monitorea el consumo o producción energía de dispositivos específicos.
- Medición y Monitoreo de estado del medio ambiente.
- Monitoreo si un dispositivo está encendido o apagado.

Aplicaciones de procesamiento: Procesan y actúan sobre datos externos e internos basados en las aplicaciones de medición y monitoreo. Las siguientes aplicaciones requieren procesamiento:

- Coste de energía – Calcula el costo de la energía actual y global.
- Consumo de energía – Calcula el consumo de la energía actual y global .
- Producción de energía - Calcula la producción de energía actual y global.

Interface Maquina-Humano (HMI): La mayoría de las aplicaciones tendrán un HMI con el fin de proporcionar la entrada y/o salida del usuario local. Estas aplicaciones se basan en el tipo de datos:

- Entrada de usuario - ofrece a los consumidores un medio para introducir datos en una aplicación (por ejemplo, pantalla táctil, teclado)
- Salida de usuario - Proporciona una aplicación con un medio de datos de salida para el consumidor (por ejemplo, en el hogar de pantalla, mensajes de texto).

Comunicaciones: Los requisitos de comunicación se clasifican en “Puesta en marcha” y “Control” para proporcionar transmisiones de datos confiables dentro de la HAN.

Puesta en Marcha: Define cómo se agrega un nodo de dispositivo para la HAN, se identifica y se retira de ella; las secuencias de acciones empieza con la identificación del dispositivo, posteriormente valida dicho dispositivo (por ejemplo, la clave de red) y finalmente establece los parámetros del dispositivo (por ejemplo, ID de red, recorriendo inicial)

Control: Hace referencia al control de un nodo para una plataforma de tecnología específica y esto involucra:

⁵⁸ UtilityAMI 2008 Home Area Network System Requirements Specification, Version 1.04, August 19, 2008.

- Organización - Las rutas de comunicación (por ejemplo, la vía)
- Optimización - Selección de Ruta .
- Mitigación - Capacidad de adaptación en respuesta a las restricciones de interferencia o de rango medio de la detección y el análisis de las condiciones ambientales.

Seguridad: El objetivo principal de la exigencia de seguridad es garantizar un canal de intercambio seguro de datos entre los dispositivos de Han y las utilidades a través de ESI (Interfaz de servicios de energía). Por tanto, los requisitos de seguridad se pueden clasificar en:

Control de acceso y confidencialidad: Todos los datos tienen un cierto nivel de control de acceso, pero hay varios requisitos asociados con los datos en reposo y los datos en tránsito en función del tipo de datos.

- Controles Públicas (bajo robustez) - Los métodos de protección para la información a disposición del público (por ejemplo, el precio de la energía).
- Controles de Seguridad (robustez media) - Los métodos de protección de los datos confidenciales o sensibles (por ejemplo, el uso de los Consumidores).
- Controles de Utilidad (alta robustez) - métodos de protección para los datos de servicios públicos responsables (por ejemplo, control de carga, otros datos de medición).

Registro y Autenticación: Es crucial, ya que verifica y valida la participación HAN. Una vez que un nodo se ha registrado, se confía en la red. Por lo tanto, el registro y autenticación implica lo siguiente:

- Inicialización - Establece la aplicación / dispositivo como un nodo validado (es decir, unión lógica a la red de servicios públicos).
- Validación - Valida los datos de la aplicación (es decir, la solicitud o la respuesta)
- Correlación - Correlaciona una cuenta (por ejemplo, los consumidores) con un dispositivo, aplicación o programa HAN (por ejemplo, programas de respuesta a la demanda, rebaja el tiempos picos, etc).
- Autorización - Rige los derechos concedidos a las aplicaciones.
- Revocación - Elimina un nodo establecido, la correlación o la autorización.

Integridad preserva el entorno operativo HAN través de:

- Métodos de resistencia: Evitan cambios en la aplicación o los datos de la aplicación (por ejemplo, sabotaje y comprometan la resistencia).
- Recuperación: Restaura una aplicación o datos de la aplicación a un estado anterior o se desee (por ejemplo, volver a cargar una aplicación, volver a enviar comunicaciones corruptos).

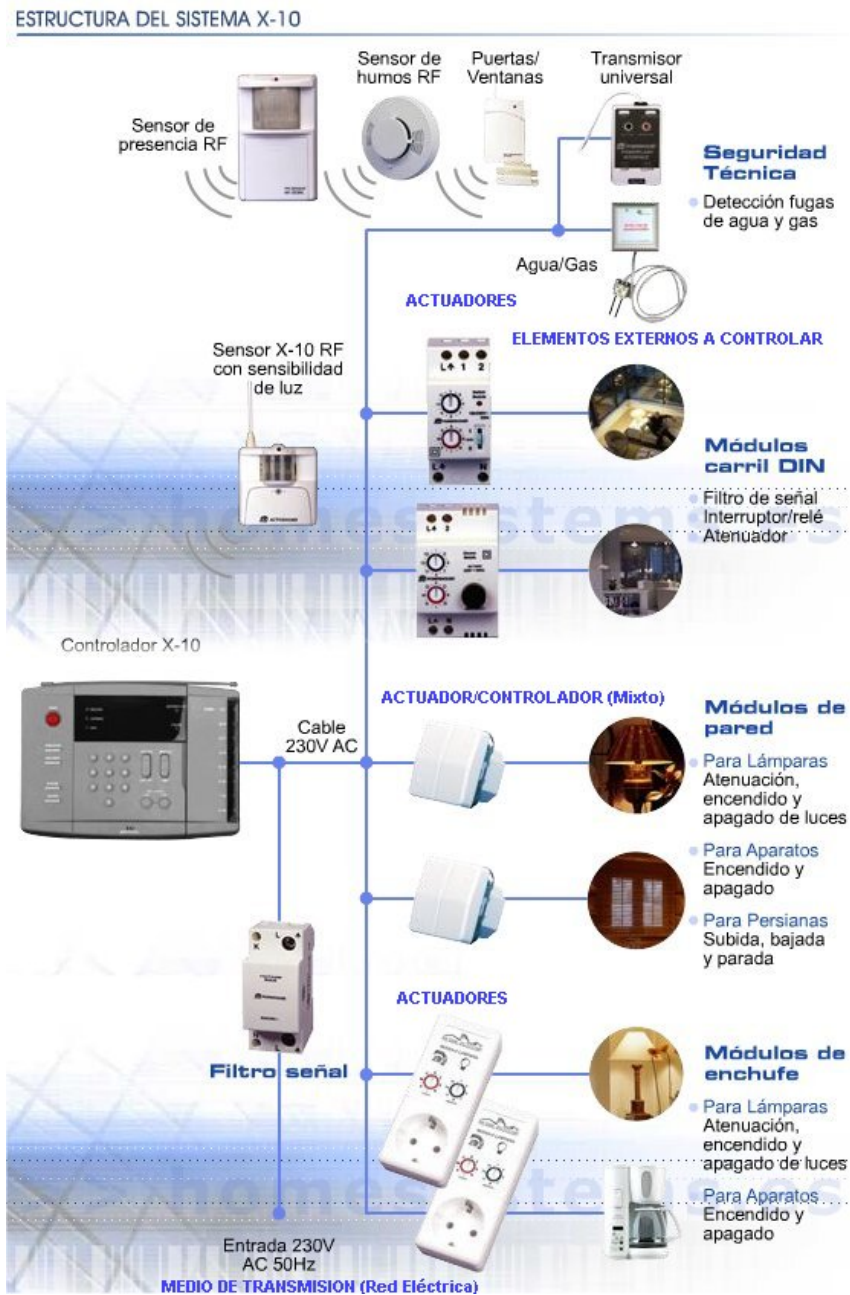
Responsabilidad: Al iniciar la sesión de operaciones cruciales en términos de seguridad que cubre HAN y la red de servicios públicos, "Rendición de Cuentas" guía a los dispositivos de HAN para monitorear y detectar todas las actividades de seguridad asociada (por ejemplo, control de acceso, autenticación, violaciones de integridad, los eventos asociados a la gestión / configuración / ajuste, etc)

Requerimientos funcionales HAN

SISTEMA HAN									
APLICACIONES				COMUNICACIÓN.		SEGURIDAD			
CONTROL	MEDICIÓN Y MONITORIZACIÓN	PROCESAMIENTO	INTERFAZ HOMBRE - MAQUINA	PUESTA EN MARCHA	CONTROL	CONTROL DE ACCESO Y CONFIDENCIALIDAD	REGISTRO Y AUTENTICACIÓN	INTEGRIDAD	RESPONSABILIDAD
Control directo	Generación Distribuida	Costo de energía	Entrada de Usuario	Anunciar	Organizar	Publico	Inicialización.	Resistencia.	Revisión.
Control Cíclico	Submedición	Consumo de Energía		Responder	Optimizar		Privado		
Control limitado	Estado de Medio ambiente	Producción de energía	Salida de Usuario	Identificar	Priorizar	Utilidad	Correlación.	Recuperación.	No-rechazo
	Estado de dispositivos	Optimización de energía		Autenticar	Mitigar		Autorización.		
		Reducción demanda de energía					Revocación.		
		Impacto medio ambiente							
		Pago							

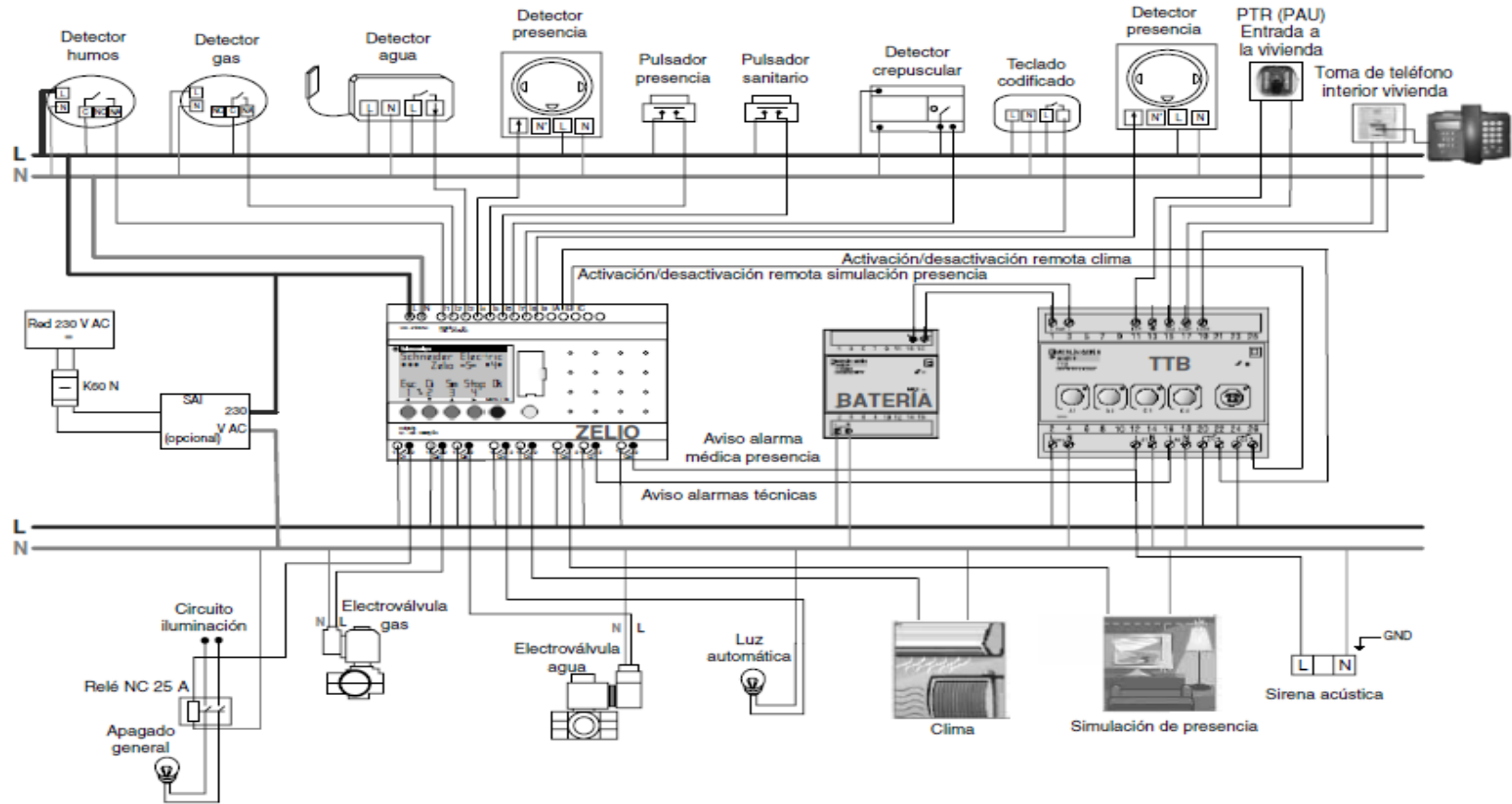
Anexo C. Topologías

C.1 Topología X-10



<http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>

ANEXO C.3 –Topología en estrella- Cableado completo ZELIO HOGA



Fuente: Schneider Electric- Manual del Instalador

Anexo D. Normativa vigente en Colombia

D.1- REGLAMENTO TECNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS- RETIE

Claramente todo edificio o remodelación hecha después de la entrada en vigencia de estas normas debe cumplir con sus requerimientos, por lo que se hará un nombramiento a la exigencias y especificaciones a cumplir para la integración de energía fotovoltaicas, carros eléctricos y otros temas concernientes a la implementación de redes inteligentes residenciales, no se entrara en detalle la normativa que converja nuestro tema con lo referente a instalación eléctrica residencial comunes, entendiendo que no es motivo de nuestro estudio y ya ha sido ampliamente tratado tanto en otros estudios como en materias de pregrado. En el campo de las telecomunicaciones se explicara las medidas técnicas mínimas para el diseño ,construcción y puesta en servicio de redes internas en telecomunicaciones basados en estándares en ingeniera internacional para la implementación de redes inteligentes residenciales bajo el marco legal de la naciente normativa colombiana “RITEL”

- **Requisitos para instalaciones de uso final**

Se entiende como uso final las instalaciones alimentadas por la red de distribución encargada de proveer energía al cliente, esta comprendida desde la red de servicio general hasta el punto de conexión para el consumo final.

La conexión a tierra es muy importante para la seguridad de las personas residentes en la vivienda como para la preservación de los equipos conectada a la red de uso final. El RETIE explica claramente los regímenes de conexión a tierra permitimos, además normaliza todo lo referente sobre acometidas como los tipo de conductores a utilizar, daño de fachada de la vivienda por incrustaciones directas de los conductores, canalizaciones certificadas para intemperie e impactos, tipo de conductores antifraude etc.

Para la protección de las personas, elementos conectados a la red y la misma instalación eléctrica aguas abajo del tablero principal de protección, se debe implementar como lo especifica el RETIE las protecciones de sobrecorriente, sobretensión y efectuar el mantenimiento adecuado a la infraestructura eléctrica residencial por parte del usuario.

- **Sistemas solares fotovoltaicos**

Todo lo concerniente a la instalación y funcionamiento de paneles solares es referido a la **sección 690 de la NTC 2050**

La norma permite la instalación de sistemas fotovoltaicos a parte de la red pública tradicional u otra fuente de abastecimiento energético en una vivienda unifamiliar.

Para el sistema fotovoltaico no es permitido instalar en la misma canalización o bandeja portacables entre otras, los circuitos de generación y los de salida del sistema, las conexiones entre módulos fotovoltaicos deben permitir el desmonte de paneles sin afectar el suministro de energía.

El nivel permitido para un sistema fotovoltaico en hogares unifamiliares no puede superar los 120 V entre conductores, como de las protecciones contra corriente las cuales deben estar certificados para trabajar con corriente continua. Todos los conductores transmisores de corriente de una fuente fotovoltaica deben tener medios para poderlos sacarlos de servicio

- **Protección contra sobre corriente**

Las protecciones contra sobrecorriente son elementos importantísimos para la seguridad del usuario y elementos eléctricos dentro del hogar, Por lo que el RETIE normaliza y diferencia su utilización dependiendo del tipo de protección, dispositivo eléctrico que existe en el ramal y las características del circuito que va a proteger.

La ubicación de las protecciones contra corrientes de los inmuebles unifamiliares deben siempre estar situados en lugares donde el usuario pueda tener fácil acceso, de igual manera debe ser fácil para el viviente manipular dichas protecciones.

Siendo los fusibles una protección contra sobrecorriente, el RETIE es claro en la discriminación y aplicación de este dispositivo, de forma similar se especifica las características de uso tanto tensión y voltaje de los interruptores automáticos.

- **Cargadores de batería para Vehículos eléctricos**

El RETIE sugiere cuatro topologías para implementar en la vivienda por el sistema de carga del vehículo eléctrico. Los dispositivos a utilizar para la carga de baterías del vehículo tienen que cumplir con requisitos internacionales modificados para el cumplimiento nacional, estos requisitos son

- Funcionamiento para valores normalizados de tensión en Colombia
- Protecciones que impidan daños al personal humano y el sistema de carga del vehículo
- Marcado y etiquetado en una placa con toda la información relevante

Para la instalación de los cargadores de batería se deben tener consideraciones para el buen funcionamiento de estos, como la revisión por lo menos una vez al año del dispositivo, separación eléctrica y para algunas topologías nombradas en el Retie cuidados para evitar recargas no deseadas del vehículo eléctrico.

Además de los cargadores otros dispositivos que conforman el sistema también requieren medidas para el correcto funcionamiento y vida útil.

- Cada conexión individual debe tener su protección individual
- Cada conector de vehículo debe estar lo más cerca al estacionamiento del mismo
- Conector de vehículo debe suministrar energía a un solo vehículo a la vez
- La parte más del toma corriente debe estar ubicada a una altura entre 0,5 m y 1,5 m del suelo

Tema	Norma	Ubicación	Descripción	Aplicación en el hogar inteligente
Alambres y cables para uso eléctrico	Retie	Numeral 20.2	1. Especificaciones para la resistencia máxima de los cables eléctricos donde se utiliza corriente continua	Paneles solares, sistema de cargado carro eléctrico
			2. Área mínima exigida a los conductores por donde circula corriente continua, tablas 20,1 a tabla 20,9	Paneles solares, sistema de cargado carro eléctrico
Paneles solares	NTC 2050	Sección 690	El retie remite en este tema a la NTC 2050	Sistema fotovoltaico
		Sección 210-6	Niveles de tensión	Sistemas fotovoltaicos
		sección 240	protecciones contra sobrecorriente	Sistemas fotovoltaico
Estación de carga para vehículos eléctricos	Retie	Numeral 20.7	1. Detallan diferentes topología para implementar por el sistema de carga baterías	Sistema de carga para vehículo eléctrico
			2. Exigencias para otros dispositivos que conforma el sistema de carga de batería vehicular	Sistema de carga para vehículo eléctrico
	NTC 2050	sección 625	Equipos para el sistema de carga de vehículos eléctricos	Sistema de carga para vehículo eléctrico
Dimensionamiento mínimo de una red interna de telecomunicaciones inalámbrica	RITEL	numeral 2.3.4	exigencia mínima de tomas por estancia	Red control, Red datos, Red multimedia
Cables para la red interna del usuario(para puntos de red inalámbrica)	RITEL	Numeral 2.3.10	Exigencias en los cables utilizados para los puntos utilizados por dispositivos de la red inalámbrica	Red control, Red datos, Red multimedia
Especificaciones técnicas para el acceso a servicios de telecomunicaciones mediante redes alámbricas	RITEL	numeral 3.3.4	Dimensionamiento mínimo de la red interna de usuario (par trenzado)	Red control, Red datos, Red multimedia
		numeral 3.3.7	Cables para la red interna de usuario (par trenzado)	Red control, Red datos, Red multimedia
		Numeral 3.4.4	Dimensionamiento mínimo de la red interna de usuario (cable coaxial)	Red control, Red datos, Red multimedia
		Numeral 3.4.6	Cables para la red interna de usuario (par trenzado)	Red control, Red datos, Red multimedia
		Numeral 3.5.4	Dimensionamiento mínimo de la red interna de usuario (fibra óptica)	Red control, Red datos, Red multimedia
		Numeral 3.5.7.3 a numeral 3.5..9	Cables para la red interna de usuario (fibra óptica)	Red control, Red datos, Red multimedia
Seguridad eléctrica	RITEL	Numeral 3.7	especificaciones para los cables de control , datos y multimedia concernientes a la interconexión equinoccial, apantallamiento y descargas atmosféricas	Red control, Red datos, Red multimedia
Especificaciones técnicas mínimas de las edificaciones en materia de telecomunicaciones	RITEL	Capitulo 4	Especificaciones sobre la estructura física para soportar la red interna de telecomunicaciones	Red control, Red datos, Red multimedia

D.2 REGLAMENTO TÉCNICO PARA REDES INTERNAS DE TELECOMUNICACIONES RITEL

Objetivo

El Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones RITEL, establece las medidas relacionadas con el diseño, construcción y puesta en servicio de las redes internas de telecomunicaciones en la República de Colombia

Este reglamento fue expedido por la Comisión de Regulación de Comunicaciones CRC, en la resolución N° 4262 de 2013.

El RITEL en su contenido presenta un conjunto de definiciones, obligaciones, especificaciones técnicas y medidas de inspección, control y vigilancia que regula tanto la construcción de redes internas exclusivamente⁵⁹ de telecomunicaciones como a los propietarios, fabricantes, proveedores y distribuidores de elementos utilizados en la construcción de dicho servicio.

Servicios Distribuidos por la red de telecomunicaciones en las viviendas

No cabe duda que una de las funciones principales de este es crear la infraestructura necesaria en las viviendas, en primera medida para brindarle al usuario una mayor calidad posible en los servicios de telecomunicación que se prestan en la actualidad y en segundo lugar para unificar las instalaciones en los edificios de vivienda que soporta dichas comunicaciones. A continuación se presentan los servicios distribuidos por la red de telecomunicaciones.



Servicios de Telecomunicaciones

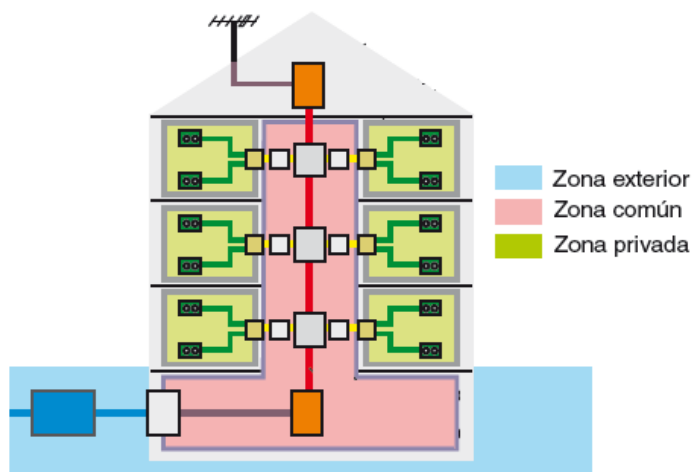
Fuente: Adaptado de "Infraestructura comunes de telecomunicaciones" ICT.

⁵⁹ En los alcances de los capítulos 2, 3 y 4 (especificaciones técnicas) del RITEL "no incluye especificaciones técnicas relativas a los sistemas de comunicaciones privadas de los inmuebles, tales como comunicaciones internas de datos... Dichas redes deben ser independientes de la red interna de telecomunicaciones"

Conformación de la Infraestructura de la Red Interna de Telecomunicaciones

Básicamente las especificaciones técnicas establecidas en el RITEL para la regulación del diseño y construcción en inmuebles están dirigidas a tres componentes: recintos, canalizaciones, redes

La regulación técnica de estos elementos permite que las viviendas posean una infraestructura de telecomunicaciones organizada, facilitando que los usuarios reciban los servicios de telefonía, de radio, televisión y los servicios de banda ancha de forma ordenada a través diversos medios de transmisión (par de cobre, fibra óptica, cable coaxial, entre otros) que componen la red interna de telecomunicaciones del inmueble. Estos tres componentes en general se distribuyen a lo largo de toda la infraestructura, desde la acometida de la edificación hasta el toma donde el usuario accede a los servicios de telecomunicaciones, por lo que es conveniente que dicha estructura se divida tres zonas: zona exterior, zona común y zona privada, lo que permite la organización y la adjudicación de responsabilidades de construcción de las diferentes redes y elementos que conforma la red interna de telecomunicaciones.



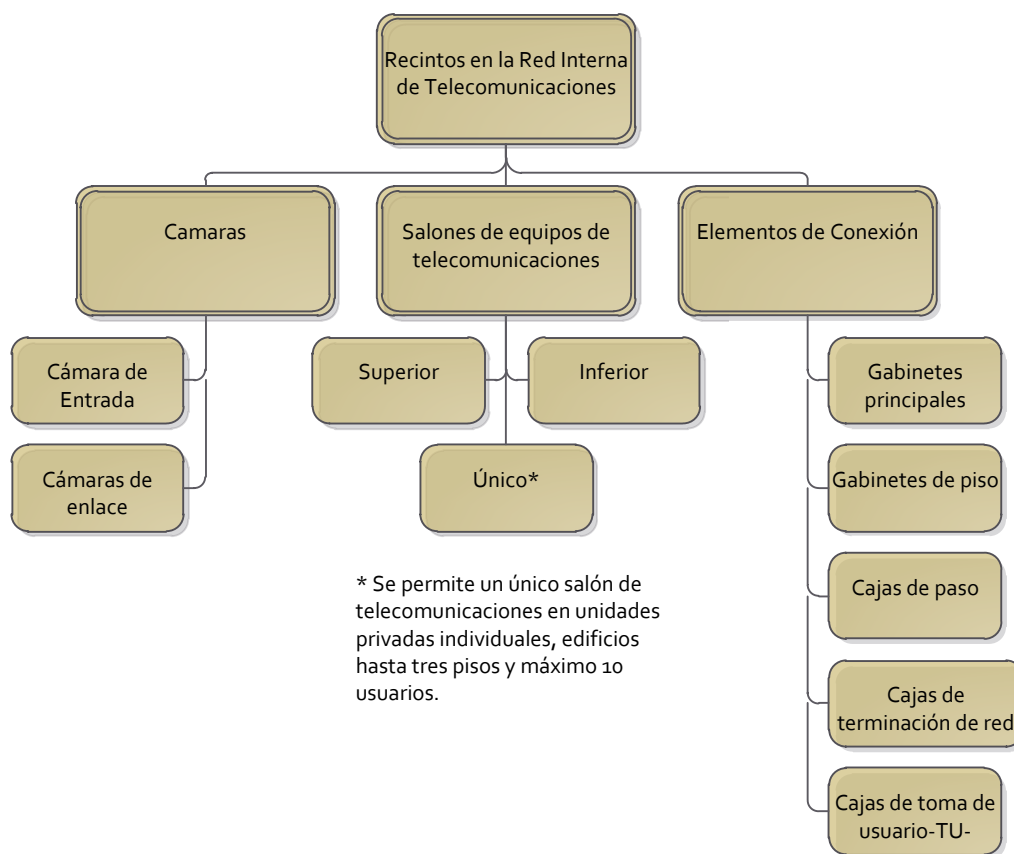
Zonas de la Infraestructura Telecomunicaciones

Fuente: Adaptado de "Infraestructura comunes de telecomunicaciones" ICT. España

El RITEL y la NTC 5797 abarcan cada uno de los elementos pertenecientes a estas zonas, sin embargo alguno de estos no se encuentran en la red privada de telecomunicaciones (red interna residencial) por lo que la explicación de estos estaría por fuera del alcance del presente trabajo. De igual forma a continuación se indicara las características generales de estos aspectos profundizando lo referente a la red privada de telecomunicaciones.

- **Recintos**

Los recintos son todos aquellos espacios físicos en la infraestructura destinados a la disposición de equipos, facilitar el cableado, permitir la derivación de las líneas y en general realizar las conexiones necesarias en los servicios de telecomunicación; en el reglamento se identifican tres tipos de recintos: cámaras, elementos de conexión y salones de equipos de telecomunicación; su clasificación se muestra a continuación.



Recintos de la Red Interna de Telecomunicaciones; Fuente: Autores

- **Canalizaciones.**

Para interconectar los distintos recintos nombrados anteriormente se utilizan las canalizaciones, las cuales son las vías que soportan los cables que distribuyen las telecomunicaciones a los usuarios; las canalizaciones incluyen una variedad de sistemas de manejo de cables tales como ductos, tubos, bandejas, canaletas y escalerillas, entre otros.⁶⁰ Los diferentes tipos de canalizaciones pertenecientes a la red interna de telecomunicaciones se identifican en la figura anterior.

- **Redes**

Las redes de telecomunicación es el conjunto de elementos necesarios para asegurar la distribución de las señales desde la zona exterior del edificio hasta el último punto en el interior de la residencia, donde el usuario toma los servicios.

En la infraestructura de telecomunicaciones se identifica cinco tipos de redes

Red de alimentación.

La red de alimentación es la que conecta la red interna del inmueble con las centrales o nodos de comunicaciones de las redes *cableadas* de los proveedores de servicios de telefonía básica y servicios de banda ancha; se encuentra en la zona exterior de la infraestructura de telecomunicaciones y acometen al inmueble en canalizaciones subterráneas por la cámara de entrada, pasando por las cámaras de enlaces inferiores y llegando al salón de telecomunicaciones inferior en el caso de edificios, o hasta el salón de telecomunicaciones único en el caso de unidades privadas. El diseño, dimensionado y montaje de esta red es responsabilidad de los distintos operadores de los servicios. (RITEL, 2013, pág. 13)

⁶⁰ CRC, Reglamento Técnico para Redes Internas de Telecomunicaciones RITEL, pág. 51.

Red de captación

Conjunto de elementos de telecomunicaciones encargados de captar las *señales inalámbricas transmitida* por los proveedores de servicios y adecuar las señales para ser entregadas a la red interna de telecomunicaciones. Los elementos que componen la red irán situados en la azotea del inmueble. Los cables procedentes de las antenas se introducen a la infraestructura pasando por la canalización de enlace superior hasta el salón de telecomunicaciones superior en caso de edificios, o hasta el salón de telecomunicaciones único en el caso de unidades privadas. La responsabilidad de esta red depende al servicio que se esté instalando.

Servicios	Propiedad
Televisión Digital	Operadores de televisión satelital
Acceso fijo inalámbrico	Proveedores de redes
Televisión Terrestre	Copropiedad del inmueble
Radio difusión sonora	

Propietarios de la red de captación.

Fuente: Adaptado de CRC, RITEL, pág. 14.

Red de distribución

Es la parte de la red integrada por los cables y elementos que distribuyen los servicios de telecomunicaciones por la canalización principal o de distribución.

Esta red es la encargada de llevar los servicios de telecomunicaciones a los diferentes pisos, para que posteriormente la red de dispersión las reparta a las acometidas de las viviendas. En el caso de unidades individuales o edificios o conjuntos con número de viviendas menores a diez (10) la red de distribución es la encargada de repartir los servicios directamente a cada usuario. Su construcción corresponde al constructor del inmueble. (RITEL, 2013, pág. 15). La tabla continuación muestra la distribución de esta red dependiendo al servicio a trazar.

En instalaciones de telefonía	<ul style="list-style-type: none">Esta red parte generalmente de los puntos de interconexión situados en el recinto de infraestructuras de telecomunicaciones inferior (RITI) y enlaza en los registros secundarios con la red de dispersión.
En servicios de radio y televisión	<ul style="list-style-type: none">El punto de partida suele ser la salida del equipo de cabecera y procesado de las señales, localizado en el recinto de infraestructuras de telecomunicación superior (RITS). A medida que la red se propaga por la canalización principal se instalan dispositivos que facilitan la distribución de las señales a través de la red de dispersión.
En instalaciones de banda ancha (televisión por cable o servicio de acceso fijo inalámbrico)	<ul style="list-style-type: none">La red puede partir de cualquier recinto de telecomunicaciones (RITI o RITS). A partir de ellas, se extiende por las canalizaciones principal, secundaria y de usuario hasta llegar a los registros de toma del interior de las viviendas, donde se halla instalada la base de conexión al servicio.

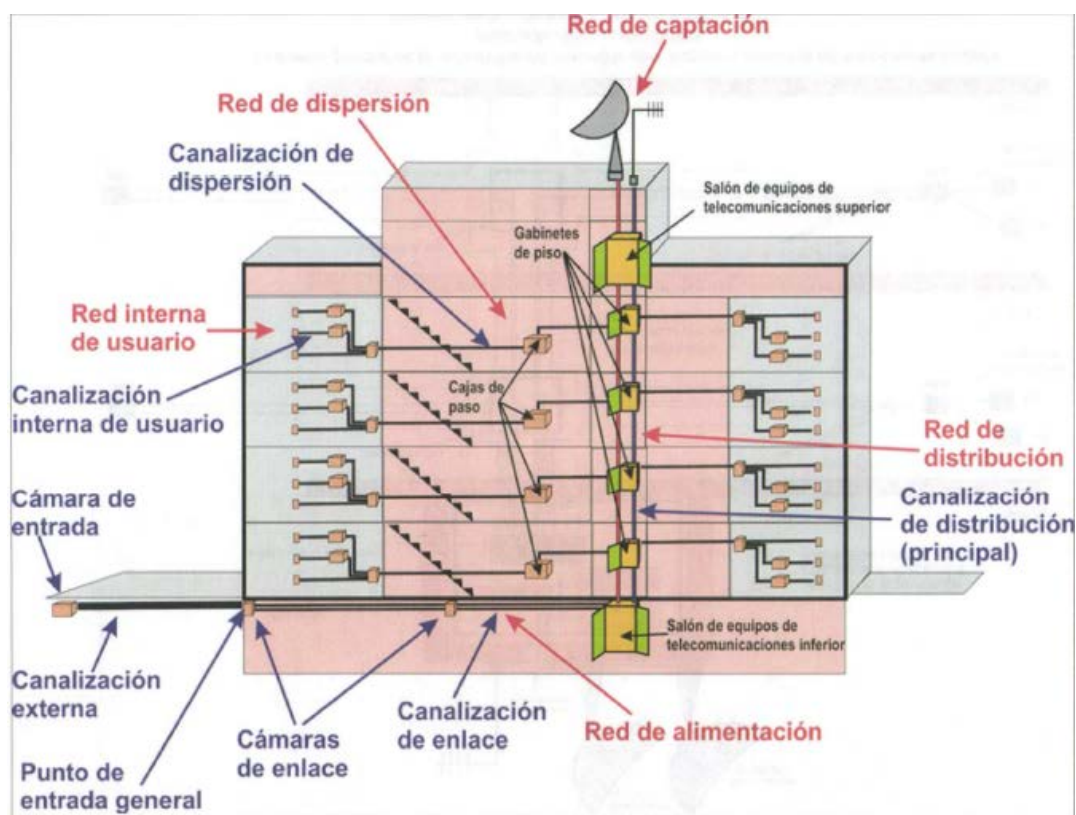
Redes de distribución telefónica, radio, televisión y banda ancha. Fuente: "Infraestructura comunes de telecomunicaciones" ICT. España

Red de dispersión.

Es la sub red de la red interna de telecomunicaciones que enlaza el sistema de distribución con la red interna de usuario. Sale de los puntos de distribución situados en los gabinetes de piso y, a través de las canalizaciones secundarias, llega a los puntos de acceso al usuario (PAU), situados en el interior de la vivienda. Su construcción corresponde al constructor del inmueble. (RITEL, 2013, pág. 15).

Red interna de usuario.

Es la red que se encuentra instaladas en el interior del área privada del usuario, por lo cual es la que permite la distribución de los servicios de telecomunicaciones en las diferentes estancias de la vivienda; es el último tramo de la red interna de telecomunicaciones y termina en las diferentes tomas de usuario –TU-. Su construcción corresponde al constructor del inmueble. (RITEL, 2013, pág. 15).



Infraestructura de la Red Interna de Telecomunicaciones. Fuente: RITEL, Apéndice 2, 2013.

Requisitos técnicos de la Red Interna de Usuario

Desde punto de vista técnico el RITEL establece una serie de requisitos y especificaciones mínimas para el diseño y construcción de todos los elementos pertenecientes a la estructura que conforma la red interna de telecomunicaciones y que se han mostrado en el numeral anterior. Estas especificaciones abarca temas de diseño, como medidas de recintos, número específico de cables por red y por servicio, características del cableado, etc., en todas las subredes pertenecientes a la red de telecomunicaciones del inmueble.

Para el propósito del presente documento que se basa en las redes internas de la vivienda, a continuación se muestra detalladamente los requerimientos mínimos que la norma establece a lo referente a la red interna de usuario para el servicio de telecomunicaciones, con el fin de plasmar lo relacionado a los criterios técnicos vigentes en Colombia enfocados en las redes domésticas y que permitan establecer criterios genéricos para el diseño y construcción de redes inteligentes en el interior de la vivienda unifamiliar.

Definiciones

Se presentarán las definiciones de los términos que se manejarán entorno a la red interna del usuario.

Caja de terminación de red: Elemento ubicado en el interior de la vivienda que conecta la canalización de dispersión con la canalización de la red interna de usuario. En su interior se aloja los correspondientes puntos de acceso a los usuarios de los servicios de telecomunicación prestados. Es el punto de partida de los cables que se distribuyen en el interior de la vivienda, por lo que se puede encontrar una caja de terminación de red por cada tipo de cable que presta un determinado servicio (par de cobre, cable coaxial, fibra óptica, etc) o una única caja o registro de terminación que aloja a todos los servicios.

Caja de toma de usuario: Aloja las tomas de usuario y permite a este efectuar la conexión de los equipos terminales de telecomunicaciones para acceder a los servicios prestados por los proveedores de servicios. Se encuentran dispersos por todo el área de la vivienda.

Canalización interna de usuario: Comprende los ductos y demás elementos que soporta los cables de la red interna. En ella se intercalan las cajas de paso, que son los elementos que facilitan el tendido de los cables de la red interna de usuario. Puede ir empotrada en caso de ductos, o en la superficie de la pared.

Punto de Acceso al Usuario –PAU: Punto ubicado en la caja de terminación de red, por lo que está en el interior de cada domicilio y determina el límite de responsabilidades entre la copropiedad del inmueble y el usuario final de servicio (zona común y zona privada).

Salón de equipos de telecomunicaciones único: Es un recinto de la red interna de telecomunicaciones donde se encuentra en un mismo espacio físico los elementos utilizados para las conexiones a las redes públicas para el acceso a los servicios de telecomunicaciones *cableadas*, así como la instalación de los equipos y elementos necesarios para el tratamiento de las señales captadas de radio, televisión y acceso fijo inalámbrico. (RITEL, 2013, pág. 16).

Toma de conexión de Usuario (toma de usuario, TÚ): Elemento de la red interna de usuario en el que termina cada uno de los cables de telecomunicaciones y que permite la conexión de los diferentes equipos (computadores, televisores, teléfonos ,etc.) con el fin de acceder a los servicios prestado por los proveedores.



Disposición de los recintos en la Red Interna de Usuario. Fuente: Adaptado de “Infraestructura comunes de telecomunicaciones” ICT. España

Especificaciones técnicas para el acceso a servicios de telecomunicaciones

A continuación se resumen los requerimientos mínimos que se deben cumplir para permitir el acceso a los usuarios a los servicios de telecomunicaciones prestados por los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones bajo diferentes tecnologías convergentes disponibles en el mercado, que utilizan medios físicos, tales como pares de cobre, cables coaxiales y fibra óptica que permiten el acceso a los servicios provenientes de redes alámbricas e inalámbricas de los proveedores de servicios.

Servicios provenientes de:	Acometida de la vivienda	Criterios para distribución a cada punto de toma.	Tomas de Usuario	Características técnicas mínimos del cable.	
				Tipo de Cable	Conectores
Redes Inalámbricas	Un único cable coaxial por cada operador de televisión satelital.(1)	Un único cable coaxial por cada operador de televisión satelital.	Mínimo un toma por tipo de cable en cada estancia, excluido baños y depósitos, con un mínimo de dos por vivienda.(2)(4)	RG-11 o RG-6	Tipo F
Redes Alámbricas	Mínimo dos líneas de pares de cobre por vivienda.(3)(5)	Cables de pares trenzados de cobre de 4 pares de hilos conductores.		Categoría 6	Hembra de ocho vías
	Mínimo una línea de cable coaxial por vivienda	Un cable coaxial por cada conector hembra en toma		RG-11 o RG-6	Tipo F
	Mínimo una línea óptica por cada vivienda	Se recomienda cables de pares de fibra óptica		Monomodo con baja sensibilidad a curvaturas	Tipo SC/AC dúplex

Especificaciones técnicas para el acceso a servicios de telecomunicaciones. Fuente: Autores

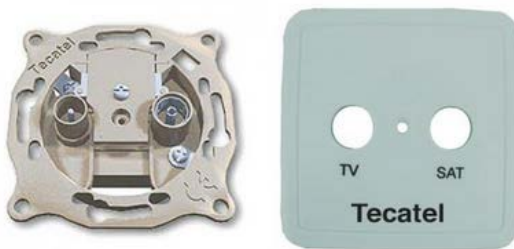
Observaciones

- (1) El cable coaxial contiene la mezcla de las señales de televisión satelital y televisión terrestre elaborada por un mezclador o multiplexor ubicado en el salón de telecomunicaciones.



Mezclador de señales terrestres y satelitales. Fuente: www.tecatel.com

- (2) El toma de usuario del servicio inalámbrico debe permitir, mediante elementos pasivos, la separación de la mezcla de las señales de TV terrestre y satelital, y mostrar al usuario un conector coaxial de servicios terrestres y otro conector coaxial de servicios satelitales.



Caja de toma separadora. Fuente: www.tecatel.com

- (3) Si la canalización de la red de distribución y de dispersión sea igual o inferior a 90 metros estarán conformados como mínimo por pares de cobre de 4 pares. Si la longitud física del canal supera 90 metros los cables deberán ser multipar.
- (4) Cada salida de cables de cobre deberá disponer de dos tomas con conectores hembra, para permitir al usuario final conectar dos líneas.
- (5) Los cables de telefonía provenientes de servicios inalámbricos debe emplear las estructura de la red de pares de cobre.

Especificaciones técnicas mínimas de la infraestructura que soporta la Red Interna de Usuario.

En el capítulo cuatro, el reglamento establece una serie de parámetros que se deben cumplir en el momento de realizar las instalaciones de las redes internas de telecomunicaciones; estos parámetros están enfocados hacia medidas y disposición de elementos o componentes pertenecientes a la infraestructura de la red de telecomunicaciones en el inmueble y que permite el acceso a los servicios ya mencionados por el usuario final. Por lo tanto a continuación se presenta los criterios mínimos que se deben aplicar al diseño y construcción de las instalaciones internas de usuario de telecomunicaciones, las cuales se adoptarán como parámetros bases para el planteamiento de los requisitos utilizados en la implementación de la red inteligente en la vivienda.

Punto de acceso al usuario.

El punto de acceso al usuario PAU es la “puerta” de la red de telecomunicaciones a la vivienda, por lo tanto es el primer elemento que se tiene en la instalación interna; este elemento está conformado en primer lugar por la caja o registro de terminación de red, donde termina la red de dispersión y comienza la red interna de usuario, elementos pasivo de conexión (distribuidores, Ts, regletas) y por supuesto, los cables que prestan los servicios de telecomunicación.

Acometida

La canalización de la red de dispersión que termina en la caja de terminación de red, debe estar compuesta como mínimo de tres (3) ductos de una pulgada (1") de diámetro distribuido de la siguiente forma:

1. Un (1) ducto para cables pares o pares trenzados, y fibra óptica
2. Un (1) ducto para cable coaxial, provenientes de señales inalámbrica
3. Un (1) ducto para cable coaxial, proveniente de señales alámbricas.

Cajas de terminación de red

Están ubicadas en el interior de la vivienda preferiblemente cerca de la puerta principal, puede ser de montaje superficial o empotrado, en material plástico o metálico; se puede montar cajas independientes por cada tipo de cable o cajas que integren todos los servicios. Las dimensiones mínimas se presentan a continuación.

Tipo de Cable	Dimensiones (mm)		
	Alto	Ancho	Profundidad
Cables pares y Fibra Óptica	100	170	40
Cables coaxiales de servicios inalámbricos	200	300	60
Cables coaxiales de servicios por cable.	200	300	40
Dos tipos de cable	300	400	60
Tres tipos de cable	300	500	60

Dimensiones mínimas de caja de terminación de red.

Fuente: Autores, Recopilada de RITEL.

Las cajas de terminación de red se deben instalar a más de 200 milímetros y menos de 2300 milímetros del suelo. Deben disponer de 2 tomas de corriente alterna o base de enchufe para la alimentación de dispositivos que se ubiquen en el interior de la caja.

Red Interna de Usuario.

La topología de esta red debe utilizar la configuración en estrella y pueden materializarse mediante canaletas o ductos empotrados.

Canalización por ductos.

Los ductos utilizados deben ser de material plástico de acuerdo con la norma NTC 1630, corrugados o lisos que irán empotrados por el interior de la unidad privada, y unirán las cajas de terminación de red con los distintas cajas de toma, mediante al menos tres ductos de 20 milímetros (3/4") de diámetro mínimo. En la tabla siguiente se muestra el número máximo de cables que se pueden utilizar en un determinado ducto.

La distribución de la ducteria es igual al numeral 5.3.1-Acometida

Diámetro nominal del ducto (pulgadas)	Numero de cables de pares trenzados	Numero de cables coaxiales se servicios inalámbricos.	Numero de cables coaxiales se servicios alámbricos.
	De 4 pares		
3/4"	2	-	-
1"	4	2	2
1 1/2"	9	6	6
2"	-	8	8

Número máximo de cables en ductos de la red interna de usuario

Fuente: Autores, Recopilada de RITEL.

Observaciones:

- En todos los casos el número de cables por ducto será tal que la suma de las superficies de las secciones transversales de todos ellos no supere el 60%⁶¹ de la superficie de la sección transversal útil del ducto.
- Si el número de cables excede los indicados en la anterior tabla se debe aumentar el número de ductos correspondiente a tipo de cable, distribuyendo los cables entre ellos según se indica en la misma.

Canalización por canaletas.

Si la canalización se realiza por medio de canaletas, se debe utilizar material plástico instaladas a ras de pared, además dispondrá, como mínimo, de tres (3) espacios independientes y se distribuirán de igual forma a la canalización por ductos.

1. Un (1) espacio para cables pares o pares trenzados, y fibra óptica.
2. Un (1) espacio para cable coaxial, provenientes de señales inalámbrica.
3. Un (1) espacio para cable coaxial, proveniente de señales alámbricas.

Cajas de Paso

Las cajas de paso son elementos que facilitan el tendido del cableado de la red interna de comunicaciones, en la red privada se utilizan cajas de paso Tipo B para el cableado de pares de cobre y fibra óptica y Tipo C para la distribución de cables coaxiales; las dimensiones se muestran a continuación.

	Dimensiones (mm) Alto x Ancho X Profundidad	Nº de entradas en cada lateral	Diámetro máximo del tubo (pulgadas)
Tipo A	360 x 360 x 120	6	1 1/2"
Tipo B	100 x 100 x 40	3	1"
Tipo C	101 x 100 x 40	3	1"

Dimensiones Cajas de Paso.

Fuente: NTC 5797

⁶¹ Según NTC 5797

Observaciones

- Las cajas de paso Tipo A se utilizan en las zonas comunes del inmueble.
- Se admitirá un máximo de dos curvas de noventa grados entre dos cajas de paso.

Tomas de Usuario

Las cajas de toma de usuario irán empotradas en la pared donde tendrá en sus inmediaciones (máximo 500 mm) una toma de corriente; sus dimensiones internas mínimas serán:

Cajas metálicas: 53,9 mm x 101 mm x 47,6 mm (ancho, largo, profundo)

Cajas no metálicas: 53 mm x 97 mm x 41 mm (ancho, largo y profundo)

D.3 -LEY No 1715 DEL 13 MAYO DE 2014

Objetivo

La ley 1715 tiene como objetivo incentivar el uso de fuentes energéticas no convencionales, en especial las de carácter renovable. Fomentar el uso de estas energías se hará ejecutando medidas para integrarlas al mercado eléctrico y el desarrollo de energías renovables en zonas apartadas no interconectadas al sistema energético nacional.

Como ya se ha visto, dirigentes de distintos países⁶² han venido trabajando en el intento de la reducción de emisiones de CO2 y la concientización de la preservación del medio ambiente. La presente ley es acorde con los esfuerzos internacionales, debido a la intención inherente en la LEY 1715 de promover una gestión eficiente de energía en el país.

Finalidad

La creación del marco legal da un impulso a la implementación de centros para la generación de energías limpias, fomentando la inversión, investigación y desarrollo de dichas tecnologías. Además dará herramientas para el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por Colombia en temas de gestión energética responsable como lo es el estatuto de la Agenda Intencional de Energías Renovables (Irena) mediante la Ley 1565 de 2013.

La ley 1715 facilita la relación entre el sector oficial, privado y usuarios para la cooperación y coordinación en la iniciativa de gestión energética autosostenible, filosofía que se puede implementar bajo un escenario de fuentes energéticas renovables. Lo dicho anteriormente solo es posible si se establece las obligaciones tanto del estado como de los gobiernos departamentales y municipales para el desarrollo de programas e iniciativas para el impulso de energías amigables con el medio ambiente.

La estimulación económica juega un papel importante para fomentar ideas nuevas en nuestro país. Se buscara la inversión de la empresa privada en temas energéticos renovables con incentivos arancelarios, tributarios y contables. Para ello es necesario generar estabilidad por medio de un piso jurídico, el cual fomentara confianza en el inversor al tener claro bajo qué condiciones puede operar.

Declaratoria de interés social

⁶² Cumbres de la tierra, Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

La creación de la Ley 1715 es un punto de inicio para el país en temas energéticos ambientales; alineando a Colombia con los esfuerzos internacionales en mitigar las consecuencias del efecto invernadero. Por lo que ejecutar actividades racionadas con el desarrollo energético limpio y renovable se vuelve de interés social, público y de conveniencia nacional.

Definiciones

El desarrollo de nuevas tecnologías trae consigo conceptos y definiciones no muy conocidos, en consecuencia para entender mejor lo dicho en la Ley 1715 se aclara algunos conceptos relacionados con nuestro estudio nombrado en el texto original:

- Autogeneración: actividad realizada por personas naturales o jurídicas para suplir su propia demanda energética.
- Cogeneración: producción combinada de generación entre energía térmica y energía eléctrica.
- Contador bidireccional: Contador que acumula la diferencia entre pulsos de entrada y los de salida.
- Desarrollo sostenible: desarrollo que conlleva al crecimiento económico, mejoramiento de la calidad de vida y bienestar social sin agotar los recursos naturales con los que se sustenta ni deteriorando el medio ambiente.
- Eficiencia energética: Relación entre la energía aprovechada y la utilizada en cualquier proceso de cadena energética que busca con prácticas como reconversión tecnológica y sustitución de combustibles el aprovechamiento máximo energético.
- Energía eólica: energía renovable a partir del movimiento de masas por el aire.
- Energía solar: energía renovable a partir de la radiación electromagnética proveniente del sol.
- Excedente de energía: energía generada que sobrepasa el consumo energético por las cargas en determinado lugar. Esta energía es proveniente de autogeneración o cogeneración.
- Fuentes no convencionales de energía (FNCE): fuentes de energías no implementadas en Colombia, como la energía nuclear y las FNCER.
- Fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER): recursos naturales inagotables utilizados para generar energía eléctrica. Entre estas fuentes están la biomasa, pequeñas plantas hidroeléctricas, eólica, solar y los mares.
- Generación distribuida (GD): Es la producción energética cerca de los lugares de consumo, conectada al sistema de generación local (SDL).
- Gestión eficiente de energía: actividades desarrolladas en pro de asegurar el suministro energético a través de la implementación de medidas de eficiencia energética y respuesta de la demanda.

-

Competencias administrativas

El estado mantendrá control y reglamentara el ejercicio de generación de energías renovables por medio de las siguientes entidades públicas.

- Ministerio de minas y energía
 - Encargada de expedir en el trascurso de un después de la entrada en vigencia la ley 1715 los lineamientos de políticas energética renovables en zonas no interconectadas con el sistema eléctrico en Colombia.
 - Establecer reglamentos técnicos para la generación de fuentes no convencionales.
 - Expedir la normativa necesaria para implementar las FNCER y informar al consumidor todo lo relacionado con este tipo de energías.
 - Elaborar y aprobar planes de fomento para a las FNCE
- Comisión de regulación de energía y gas (CREG).
 - Establecer los procedimientos de conexión, operación, respaldo y comercialización para la autogeneración distribuida menores de 5 MW. Esto bajo el marco legal de la leyes 142 y 143 de 1994.
 - Establecer mecanismos regulatorios para incentivar la demanda y mejora en el sistema interconectado nacional. Esto bajo el marco legal de la leyes 142 y 143 de 1994.
- Unidad de planeación minero energética (UPME)
 - Definir el límite máximo de potencia permitida para la autogeneración a pequeña escala.
 - Divulgar en la población información sobre autogeneración a pequeña escala y el uso eficiente de la energía.
- Ministerio de Hacienda y Crédito publico
 - Otorgar ayuda económica u otras facilidades para el fomento de las FNCE.
- Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible
 - Incorpora políticas ambientales para fomentar a nivel nacional el uso de las FNCE, la cogeneración, la autogeneración y la generación distribuida.
 - Expide certificaciones para beneficios tributarios por el uso de FNCE, cogeneración, autogeneración y generación distribuida.
 - Ayuda al ministerio de minas y energía a velar por un desarrollo bajo en carbón del sector energético a partir del fomento de energías renovables.

Incentivos para el desarrollo de energías no convencionales

Para el fomento de la implementación de energías renovables se implementara la reducción de anual de la renta en un trascurso de 5 años desde que se hizo la inversión. El valor a decidir por este concepto no podrá ser mayor al 50% de la renta liquididad del contribuyente.

Desarrollo de la energía solar

El Ministerio de Minas y Energía reglamentara las condiciones de instalación de la energía solar como fuente de generación distribuida, reglamentara los requisitos de conexión, mecanismos de entrega y la normatividad concerniente a la seguridad de las instalaciones.

El gobierno considerara la implementación de sistemas solares en estratos 1, 2, 3 como alternativa de subsidio dependiendo de qué tan viable sea. De esta forma los requisitos ambientales para implementar esta tecnología serán emitidos por el ministerio del medio ambiente.

Por las facilidades de instalación en los centros urbanos por parte de la tecnología fotovoltaica el gobierno nacional fomentara esta tecnología para generación distribuida con FNGER . Esta implementación conllevara a tener que medir la energía generada por los módulos fotovoltaicos por lo que el Ministerio de Minas y Energía se hará cargo de ese tema.

Anexo E. Aplicación de un sistema fotovoltaico

Calculo banco de baterías.

- Caragas de respaldo: 4000 W
- Horas de uso: 5
- Eficiencia del conductor : 98%
- Eficiencia del inversor: 93%
- Voltaje del sistema: 48 V
- Ah a 5hr: 150 Ah
- Nivel de descarga máximo: 80%

Calculo la potencia que tiene que entregarle los módulos fotovoltaicos al regulador para que los 4000 W lleguen a la batería.

$$h = \frac{a}{c * d} = \frac{4000}{0.98 * 0.93} = 4388.85 W$$

$$i = \frac{h}{e} = \frac{4388.85}{48} = 91.4344 A$$

$$j = i * b = 91.434 * 5 = 457.172 Ah$$

$$i = \frac{j}{g} = \frac{457.172}{0.8} = 571.465 Ah$$

Numero de Batería paralelo

$$\frac{571.466 Ah}{150 Ah} = 3.8 \rightarrow 4$$

Numero batería serie

$$\frac{48}{12} = 4$$

Calculo paneles solares.

$$\text{Irradiación} = 4.75 \frac{kWh}{m^2}$$

$$HPS = \frac{4.75 \frac{kWh}{m^2}}{1000 \frac{kW}{m^2}} = 4.75$$

$$N_T = \frac{E_T}{HPS * P_p * P_G}$$

$$E_T = \text{Consumo diario}$$

$$P_p = \text{Potencia pico del panel}$$

$$P_G = \text{Factor global de perdidas (0.65- 0.9)}$$

$$N_T = \frac{4000}{4.75 * 255 * 0.9} = 0.333 \rightarrow 4$$

Baterías en serie

$$N_s = \frac{V_s}{V_n} = \frac{48}{30.2} = 1.573 \rightarrow 2$$

$$V_s = \text{Voltaje del sistema.}$$

V_n = Voltaje en el que entrega potencia máxima el panel.

Dimensionamiento regulador

Para dimensionar el regulador se hace con respecto a la mayor corriente entre la que le llega del panel (I_G) al regulador o la que sale de el a los acumuladores (I_C).

$$I_G = 9.4 * 4 = 37.6$$

$$I_C = \frac{4000}{48} = 83.333$$

Se dimensiona el regulador con I_G . Por se la corriente mayor entre las dos. Al ser I_G . muy grade se implementa dos reguladores en paralelo..

Anexo F. Distribución de dispositivos inteligentes en el hogar

	Componentes	Notas	Zona del APTO	Dispositivos monitorización y control	Cantidad	
Sistema Brillion GE	Medidor inteligente	I-210+C	Exterior		1	
	Hub de control central	GE Nucleus	Sala	Control central	1	
	Interfaz Usuario	Mobil App, Software PC y Energy Display	Energy Display en sala comedor		3	
	Tomás Inteligentes	Energy Sensor (TI1)		Estar de TV	TV46", Teatro en casa, decodificador HD	8
		TI2		Habitación Principal	TV32", DVD, decodificador HD	
		TI3		Habitación Auxiliar 1	Tv32", XBOX360, decodificador HD, Audio Speaker	
		TI4		Cocina	Nevera French Door	
		TI5		Cocina	Horno Microondas	
		TI6		Cocina	Tostadora, licuadora, sandwichera, batidora y exprimidor eléctrico	
		TI7		Zona de ropas	Lavadora	
		TI8		Zona de ropas	Plancha	
Termostato Inteligente	Programmable Thermostat	Sala comedor	Aires acondicionados	1		
Electrodomésticos Inteligentes	No implementados			0		
Complemento (Belkin)	Componentes	Notas	Zona del APTO	Dispositivos a los que elimina consumo Stand-By	Cantidad	
	Regletas Inteligentes	RI1	Estar de TV	TV46", Teatro en casa, decodificador HD	3	
		RI2	Habitación Principal	TV32", DVD, decodificador HD		

Fuente: GÓMEZ, Walter, ARCHILA, Gustavo, (2012), CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE LA TOPOLOGÍA DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL, Universidad Industrial de Santander.