

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE LA INGENIERIA DE DETALLE DE UN SISTEMA INMOTICO PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN LA SEDE DE PDVSA AGRICOLA S.A. EN EL ESTADO LARA

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Pimentel O., Angel P.
Para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2016

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 06 de junio de 2016

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Angel P. Pimentel O., titulado:

**“DISEÑO DE LA INGENIERÍA DE DETALLE DE UN SISTEMA INMOTICO
PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN LA SEDE DE PDVSA
AGRICOLA S.A. EN EL ESTADO LARA”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

Prof. Carlos Moreno
Jurado

Prof. Franklin Martínez
Jurado

Prof. Carolina Regoli
Prof. Guía

DEDICATORIA

Dios y la Divina Pastora, Gracias por darme fuerza durante los momentos difíciles, y calma en las situaciones adversas de mis estudios.

A mis Padres Mery Judith y Angel Paul, por su comprensión y ayuda en todo momento, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño y todo ello con una gran dosis de amor sin pedir nada a cambio, mis triunfos son sus logros.

A mi hermano Miguelangel, por su constante estímulo y apoyo durante mi formación.

Nayarith, quien me ha apoyado incondicionalmente, tu estímulo me ha servido para levantarme cuando he estado abajo, y me ha enseñado a confiar en mí mismo, y a pensar que todo lo que uno se propone se puede conseguir.

A mi tía Blanca, A mis abuelas Vicenta y Lola, por sus bendiciones y sus palabras alentadoras cuando más las necesité.

A los que creyeron en mí, que este trabajo sirva de ejemplo para culminar todo lo que se propongan en su vida.

En fin a todos aquellos que se sientan identificados con mis logros, mi triunfo les pertenece.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, pilares y guías en mi vida, que con su formación me permitieron llegar a donde me he propuesto, apoyándome en todo momento y sirviendo como ejemplo de constancia y disciplina, las palabras no son suficientes para agradecerles.

A mi hermano, mis abuelas Vicenta y Lola, mi tía Blanca por ser activos partícipes en mi formación, apoyo y cariño incondicional.

A mí querida Nayarith por su comprensión y apoyo incondicional.

A mis amigos, compañeros y buenas personas que conocí durante este largo proceso de formación integral en la Universidad Central de Venezuela.

A la ilustre Universidad Central de Venezuela y a los profesores que contribuyeron en mi formación académica, así como al personal administrativo quien a pesar de atravesar situaciones adversas, continúan su abnegada labor de formar profesionales de excelencia para el país.

A Ing. Rosa Alvarado, VEPICA, quien me proporcionó la oportunidad de desarrollar el presente trabajo especial de grado, facilitándome una experiencia laboral importante en el inicio de mi carrera profesional, además por su disposición y colaboración durante el desarrollo del presente trabajo.

A Ing. Gilberto Landaeta quien me apoyó y asesoró durante la elaboración del presente trabajo especial de grado.

A mi profesora guía Ing. Carolina Regoli por toda su dedicación, sus oportunas orientaciones y observaciones.

A mis compañeros de trabajo quienes me brindaron su apoyo: Adriana Rico, Rodolfo Palacios, Joel Domínguez, Alexander Mendoza, Adrián La Riva, Antonio Delgado, etc., quienes me ayudaron en la elaboración de productos necesarios para la culminación del presente trabajo.

A los que se preguntaron ¿Para qué? ¿Por qué? ¿Qué tal si? Y que contribuyeron con una o más páginas de libro final.

Angel P., Pimentel Olmos.

**DISEÑO DE LA INGENIERIA DE DETALLE DE UN SISTEMA
INMOTICO PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO EN LA SEDE
DE PDVSA AGRICOLA S.A EN EL ESTADO LARA**

Tutor Académico o Profesor Guía: Ing. Carolina Regoli. Tutor Industrial: Ing. Gilberto Landaeta. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Mención Comunicaciones. Institución: VEPICA. Año 2015. Trabajo Especial de Grado. 122h. + anexos.

Palabras clave: Domótica; Inmótica; Automatización; Edificios Inteligentes; Ahorro Energético; Confort; Sensores; Actuadores; Controladores; Tecnologías para Inmótica; KNX; Lonworks; BACnet; Iluminación; Climatización.

RESUMEN: El presente Trabajo Especial de Grado describe el diseño de la Ingeniería de Detalle de un Sistema Inmótico para el Edificio Administrativo de la Sede de PDVSA Agrícola en el Estado Lara. Recientemente se ha desarrollado la Ingeniería Básica para dicha edificación y con esta investigación se profundiza en el tema de la inmótica, se identifican los posibles equipos a utilizar para cubrir la necesidad planteada en la Ingeniería Básica y se establecen las ubicaciones de estos en el inmueble, con el fin de adelantar conocimientos en un tema que aumenta su desarrollo cada vez más en este país. Se analizan temas relacionados como la gestión de la inmótica en la actualidad, las características principales de estos sistemas, las principales tecnologías para edificios inteligentes, las aplicaciones para el protocolo KNX, los elementos fundamentales que conforman un sistema de inmótica con este protocolo, y los tipos de equipos asociados a estos sistemas. Finalmente se muestra el diseño obtenido luego de realizada la investigación.

ÍNDICE GENERAL

CARTA DE APROBACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
LISTA DE SIGLAS	xiv
LISTA DE SIMBOLOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO	5
1.4 ALCANCE	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	6
2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1.1 Definiciones	6
2.1.1.1 Domótica.....	6
1.1.1.1 Inmótica.....	7
2.1.2 Gestión de la inmotica.....	8
2.1.3 Características de un sistema inmótico	9
2.1.4 Protocolo de comunicaciones.....	11
2.1.4.1 Estándar.....	11
2.1.4.2 Propietario	12
2.1.5 Topología de red.....	12
2.1.5.1 Topología en estrella	13
2.1.5.2 Topología en anillo	13
2.1.5.3 Topología en bus	14
2.1.5.4 Topología en Árbol	15
2.1.6 Arquitectura de red.....	16
2.1.6.1 Centralizada.....	16
2.1.6.2 Descentralizada	17
2.1.6.3 Distribuida.....	18
2.1.6.4 Mixta	19

2.1.7	Medios de transmisión	19
2.1.7.1	Transmisión por cable	20
2.1.7.1.1	Líneas de distribución de energía eléctrica	20
2.1.7.1.2	Cable coaxial.....	21
2.1.7.1.3	Par trenzado.....	21
2.1.7.1.4	Fibra óptica	22
2.1.7.2	Transmisión Sin cable.....	23
2.1.7.2.1	Radiofrecuencia	23
2.1.7.2.2	Infrarrojos.....	23
2.1.8	Velocidad de transmisión.....	25
2.1.9	Componentes básicos de una instalación inmotica	26
2.1.9.1	Controlador	27
2.1.9.2	Actuador.....	27
2.1.9.3	Sensor.....	28
2.1.9.4	Interfaz hombre-máquina (HMI).....	29
2.2	TECNOLOGÍAS PARA EDIFICIOS INTELIGENTES	30
2.2.1	BACnet.....	30
2.2.1.1	Objetos	32
2.2.1.2	Propiedades de los Objetos	33
2.2.1.3	Dispositivo	34
2.2.1.4	Servicios.....	34
2.2.1.5	Transporte de red.....	34
2.2.1.6	Tipos de red LANs BACnet.....	36
2.2.1.6.1	BACnet/IP	36
2.2.1.6.2	BACnet MS/TP	36
2.2.1.6.3	BACnet ISO 8802-3 (Ethernet).....	36
2.2.1.6.4	BACnet sobre ARCNET	37
2.2.1.6.5	BACnet Point-to-Point.....	37
2.2.2	Konnex (KNX).....	37
2.2.2.1	Topología	39
2.2.2.2	Características de la transmisión.....	42
2.2.2.2.1	Método de acceso al medio.....	42
2.2.2.2.2	Formato de los telegramas	43
2.2.2.3	Direccionamiento	45
2.2.2.3.1	Dirección física	45
2.2.2.3.2	Dirección de grupo.....	46
2.3	APLICACIONES Y EQUIPOS EN EDIFICIOS INTELIGENTES.....	48
2.3.1	Aplicaciones típicas.....	48
2.3.1.1	Iluminación	49

2.3.1.2	Ventanas y persianas	49
2.3.1.3	Climatización	50
2.3.1.4	Seguridad	51
2.3.1.5	Comunicación	52
2.3.1.6	Confort	53
2.3.1.7	Gestión de cargas	53
2.3.1.8	Monitorización, registro y operación.	54
2.3.2	Equipos necesarios para la instalación de un sistema inmótico KNX	55
2.3.2.1	Fuente de alimentación	55
2.3.2.2	Acoplador	56
2.3.2.3	Acoplador de bus.....	57
2.3.2.4	Software	58
2.3.2.5	Interfaz USB y Serie RS232	58
2.3.2.6	Cable bus.....	60
2.3.2.7	Sensores	60
2.3.2.7.1	Pulsadores	61
2.3.2.7.2	Termostatos.....	61
2.3.2.7.3	Detectores.....	61
2.3.2.7.4	Sensores meteorológicos.....	62
2.3.2.7.5	Módulo de Entradas	62
2.3.2.8	Actuadores.....	62
2.3.2.8.1	Actuador binario	62
2.3.2.8.2	Actuador de regulación	63
2.3.2.8.3	Actuador analógico	63
2.3.2.8.4	Actuador de persianas	63
2.3.2.9	Pasarelas o Gateways	63
2.3.3	Representación esquemática de la instalación	64
2.3.3.1	Control de iluminación.....	64
2.3.3.2	Control de ventanas y persianas	67
2.3.3.3	Control de climatización	69
2.4	LEED	71
CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y DESARROLLO.....		75
3.1	ESTUDIO DOCUMENTAL	75
3.2	DISEÑO.....	75
CAPÍTULO IV LA PROPUESTA		78
4.1	INTRODUCCIÓN.....	78
4.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	78
4.3	DATOS METEOROLÓGICOS	81
4.4	NORMAS Y CÓDIGOS APLICABLES	82

4.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES.....	82
4.6 REQUERIMIENTOS GENERALES.....	83
4.6.1 Gateway de comunicación	86
4.6.2 Control de Iluminación.....	86
4.6.3 Control de UMAs y HVAC	88
4.6.3.1 Sistemas de agua helada de flujo variable y flujo de aire variable ..	89
4.6.3.3.1 Ambientes abiertos.....	90
4.6.3.3.2 Ambientes separados.....	91
4.6.3.4 Sistemas con flujo de aire constante	91
4.6.3.4.1 UMAs de agua helada con flujo de aire constante.....	92
4.6.3.4.2 Equipos de expansión directa con flujo de aire constante.....	92
4.6.4 Control de ventanas	93
4.6.5 Monitoreo de la Calidad de Aire	94
4.7 NARRATIVA DE CONTROL DEL SISTEMA INMÓTICO.....	95
4.7.1 Descripción del control de iluminación de Planta baja	95
4.7.1.1 Servicio: Encendido y apagado por sensor de luminosidad.....	96
4.7.1.2 Servicio: Encendido y apagado por detectores de presencia	98
4.7.1.3 Servicio: Encendido y apagado por pulsadores	100
4.7.2 Descripción del control de climatización de Planta Baja.....	100
4.7.2.1 Servicio: Control de climatización UMAs de flujo de aire constante	102
4.7.2.2 Servicio: Control de climatización UMAs de flujo de aire variable	102
4.7.3 Descripción del control de apertura de ventanas de PB.....	104
4.7.3.1 Servicio: Apertura de ventanas por orden del pulsador	105
4.7.3.2 Servicio: Apertura de ventanas por orden de UCA.....	106
4.7.3.3 Servicio: Apertura de ventanas por estación meteorológica.....	108
4.7 ANÁLISIS DE FACTORES ECONÓMICOS DE LOS SISTEMAS.....	111
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
ANEXOS	123

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.- Ejemplo de aplicaciones en un sistema domótico.....	7
FIGURA 2.- Esquema general de un Edificio Inmótico.....	8
FIGURA 3.- Características principales que sustentan un sistema inmótico.....	9
FIGURA 4.- Esquema de la integración de servicios.. ..	11
FIGURA 5.- Topología de red en estrella.	13
FIGURA 6.- Topología de red en anillo.	14
FIGURA 7.- Topología de red en bus.. ..	14
FIGURA 8.- Topología de red en árbol.. ..	15
FIGURA 9.- Arquitectura de red centralizada.	16
FIGURA 10.- Arquitectura de red descentralizada.. ..	17
FIGURA 11.- Arquitectura de red distribuida.. ..	18
FIGURA 12.- Arquitectura de red hibrida/mixta.. ..	19
FIGURA 13.- Transmisión de datos utilizando un mismo protocolo	25
FIGURA 14.- Esquema general de un sistema inmótico.. ..	27
FIGURA 15.- Diagrama de bloques general de los actuadores.. ..	28
FIGURA 16.- Equivalencia entre los modelos BACnet y OSI.. ..	31
FIGURA 17.- Tipos de red dentro del protocolo BACnet.	32
FIGURA 18.- Estructura general de BACnet.....	32
FIGURA 19.- Propiedades de los objetos.	33
FIGURA 20.- Objetos estándar del protocolo BACnet.....	34
FIGURA 21.- BACnet Nativo.....	35
FIGURA 22.- BACnet mediante el uso de Routers.	35
FIGURA 23.- Esquema de restricciones en una instalación KNX.	39
FIGURA 24.- Esquema de un área en la topología KNX.	40
FIGURA 25.- Topología del sistema KNX.....	41
FIGURA 26.- Transmisión de señal en el bus.. ..	42
FIGURA 27.- Resolución de colisiones CSMA/CA.....	43
FIGURA 28.- Secuencia de envío de telegrama ante la activación de un evento.....	44
FIGURA 29.- Formato de una trama KNX.....	44
FIGURA 30.- Esquema de direcciones físicas KNX.	46
FIGURA 31.- Direcciones de grupo en dos y tres niveles.	47
FIGURA 32.- Esquema de conexión fuente de alimentación.	55
FIGURA 33.- Esquema de un sistema KNX.....	56
FIGURA 34.- Esquema de conexión de un acoplador	57
FIGURA 35.- Esquema de conexión de un acoplador de bus).	58
FIGURA 36.- Esquema de conexión de una Interfaz USB.....	59

FIGURA 37.- Esquema de conexión de una Interfaz RS232.....	59
FIGURA 38.- Composición de un sensor o un actuador.....	60
FIGURA 39.- Partes de un cable bus para instalaciones inmóticas	60
FIGURA 40.- Representación esquemática del control de iluminación.	66
FIGURA 41.- Representación esquemática de control de ventanas.	69
FIGURA 42.- Representación esquemática de control de temperatura.	71
FIGURA 43.- Categoría de créditos LEED.	72
FIGURA 44.- Niveles LEED.	73
FIGURA 45.- Esquema metodológico.	76
FIGURA 46.- Ubicación geográfica del área en estudio.	79
FIGURA 47.- Ubicación general del área en estudio.....	80
FIGURA 48.- Vista desde el Noreste del Edificio Administrativo.	83
FIGURA 50.- Diagrama de conexión control de iluminación.	96
FIGURA 50.- Diagrama de conexión control de apertura de ventanas	105
FIGURA 51.- Diagrama de conexión control de climatización UMAs constantes.	110
FIGURA 52.- Diagrama de conexión control de climatización UMAs variables. ..	110

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.- Aplicaciones de servicios en un Sistema Inmótico	9
TABLA 2.- Protocolos Estándar o Abiertos más utilizados.....	12
TABLA 3.- Protocolos Proprietarios más utilizados.	12
TABLA 4.- Comparación de topologías entre los protocolos más utilizados..	15
TABLA 5.- Ventajas y desventajas de un sistema con arquitectura centralizada	17
TABLA 6.- Ventajas y desventajas de un sistema descentralizado.....	17
TABLA 7.- Ventajas y Desventajas de un Sistema Distribuido.....	19
TABLA 8.- Medios de transmisión, uso y características resaltantes..	20
TABLA 9.- Tipos de cables coaxiales.....	21
TABLA 10.- Categorías de cables UTP.	22
TABLA 11.- Comparación de los medios físicos.....	24
TABLA 12.- Medios de transmisión según algunos protocolos.....	25
TABLA 13.- Velocidad de medios de transmisión	26
TABLA 14.- Clasificación de los Sensores.....	29
TABLA 15.- Capa del modelo BACnet equivalentes al modelo OSI	37
TABLA 16.- Direcciones de grupo para un control de iluminación.	65
TABLA 17.- Direcciones de grupo para un control de ventanas.	68
TABLA 18.- Direcciones de grupo para un control de ventanas.	70
TABLA 19.- Relación de objetivos, actividades y productos.	77
TABLA 20.- Coordenadas del área de implementación de las edificaciones.	79
TABLA 21.- Condiciones medio-ambientales del sitio.	81
TABLA 22.- Normas y códigos aplicables al proyecto.....	82
TABLA 23.- Condiciones interiores de diseño.	89
TABLA 24.- UMAs de flujo de agua variable y flujo de aire variable en ambientes abiertos.	90
TABLA 25.- UMAs de flujo de agua variable y flujo de aire variable en ambientes cerrados.	91
TABLA 26.- UMAs de flujo de agua variable y flujo de aire constante.....	92
TABLA 27.- Equipos de expansión directa flujo de agua variable y flujo de aire constante.....	92
TABLA 28.- Lista de señales servicio Encendido y apagado por sensor de luminosidad.....	97
TABLA 29.- Lista de señales servicio Encendido y apagado por detectores de presencia.....	99
TABLA 30.- Lista de señales servicio Encendido y apagado por pulsadores.....	100
TABLA 31.- Estados de operación de los termostatos.....	101

TABLA 32.- UMAs de flujo de aire constante en PB	102
TABLA 33.- Lista de señales servicio Control de climatización de UMA constante.	102
TABLA 34.- UMAs de flujo de aire variable en PB	103
TABLA 35.- Lista de señales servicio Control del climatización de UMAs variables	103
TABLA 36.- Lista de señales servicio Apertura de ventanas por pulsadores	106
TABLA 37.- Lista de señales servicio Apertura de ventanas por unidad de calidad de aire.....	107
TABLA 38.- Lista de señales servicio Cierre de ventanas por estación meteorológica.	109

LISTA DE SIGLAS

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning
CEN	Comité Europeo de Normalización
COVENIN	Comision Venezolana de Normas Industriales
PDVSA	Petróleos de Venezuela S.A
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
CEDOM	Asociacion Española de Domótica e Inmótica
KNX	KNX Association
EIBA	European Installation Bus Association
EHSA	European Home System Association
BCI	BatiBUS Club International
EIB	European Installation Bus
EIS	EIB Interworking Standard
LAN	Local Area Network
WLAN	Wireless Local Area Network
VPN	Virtual Private Network
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
MIMO	Multiple-Input Multiple-Output
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Acces with Colission Avoidance
ETS	Engineering Tool Software
UTM	Universal Transversal de Mercator
BMS	Building Management System
USGBC	U.S. Green Building Council
GCI	Gateway de Comunicación Inmótica
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning
UMA	Unidad Manejadora de Aire
VAV	Caja de volumen variable
VDF	Variador de frecuencia
UCA	Unidad de medición de calidad de aire
P0-UEA	Unidad Evaporadora de Aire
P0-UCA	Unidad Condensadora de Aire
RDSI	Red Digital de Servicios Integrados
IP	Internet Protocol

LISTA DE SIMBOLOS

lx	Nivel de Iluminación
°C	Grados Centígrados
bps	Bits por segundo
Mbps	Mega bits por segundo
Gbps	Giga bits por segundo
Hz	Hertz
MHz	Mega Hertz
GHz	Giga Hertz
V	Voltios
VDC	Voltios en corriente directa
VAC	Voltios en corriente alterna
A	Amperios
mA	Mili Amperios
mm	Milímetros
m	Metros
km	Kilómetros
%	Porcentaje

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el hombre se encuentra rodeado por tecnología: iluminación artificial, computación, telefonía celular y un sinnúmero de aplicaciones; todas ellas funcionan gracias al aprovechamiento del fenómeno natural de la electricidad. En su mayoría, estas tecnologías fueron desarrolladas para facilitar actividades de la vida diaria del ser humano y satisfacer sus necesidades con dispositivos como aires acondicionados o conjuntos de dispositivos que conforman sistemas como los de seguridad. Sin embargo, el uso de estas tecnologías tiene impactos ambientales negativos, relacionado con los procesos de producción de energía eléctrica, que es necesario controlar.

Para resolver la problemática del deterioro ambiental, surgen los conceptos de domótica e inmótica, permitiendo el uso de la tecnología de manera eficiente, y la integración de varios tipos de sistemas en uno solo para lograr un desempeño y eficiencia óptima.

La inmótica, término que se utiliza para referirse a la práctica de automatizar inmuebles no residenciales, es una actividad relativamente nueva, que en los últimos años ha ganado gran popularidad a nivel mundial en el área de diseño y construcción de edificios no residenciales. Presenta grandes beneficios tales como: ahorro de energía, eficiencia en los sistemas, disminución de personal en las operaciones, confort para los usuarios, protección de las propiedades, seguridad, y gestión a distancia de los sistemas del recinto, entre otros.

Vepica es una empresa venezolana que se dedica al desarrollo de proyectos de ingeniería, procura y construcción. Ha participado en el desarrollo de proyectos que implican alta tecnología, y la aplicación de sistemas de automatización para mejorar el confort, la seguridad, la administración y optimización de servicios en las edificaciones. A esta corporación se le encargó un proyecto para PDVSA Agrícola que incluye un sistema inmótico para gestionar sus sistemas tecnológicos principales. En este trabajo se realiza la propuesta de la Ingeniería de Detalle de este proyecto, relacionado con la inmótica, que

incluye la identificación y ubicación los equipos a utilizar para cubrir los requerimientos planteados en la Ingeniería Básica, anteriormente desarrollada también por Vepica.

La información de este trabajo se estructura en 4 capítulos, que se describen a continuación:

El primer capítulo titulado Planteamiento del Problema, expone la necesidad de aplicar inmótica a un edificio empresarial; se especifican los objetivos a cumplir, el alcance y la justificación de este proyecto.

El segundo capítulo corresponde al Marco Teórico, donde se explican los fundamentos de las principales tecnologías que se utilizan hoy en día en el área de inmótica. Se detallan conceptos como edificio inteligente, así como las definiciones y diferencias entre domótica e inmótica, las características y los tipos de sistemas que se pueden implementar. Además se tratan las tecnologías para edificios Inteligentes, los protocolos y las principales características de los estándares más utilizados, así como también sus aplicaciones en edificios, y los equipos necesarios para su funcionamiento.

El tercer capítulo abarca la Metodología y Desarrollo; se expone la metodología planteada para el diseño del sistema inmótico. Se explica la metodología utilizada para el desarrollo, así como las actividades realizadas en cada paso para el logro de los objetivos.

El cuarto capítulo corresponde a la Propuesta de Diseño; abarca la descripción de las instalaciones del edificio, los requerimientos generales para el sistema inmótico, y la narrativa de control del sistema inmótico, en la cual se especifican las variables que serán controladas y las listas de señales de los equipos dentro del protocolo KNX.

Seguidamente se señalan los Resultados Obtenidos. Por último, se plantean las Conclusiones y Recomendaciones del Trabajo Especial de Grado.

En la parte final se incluyen los Anexos que complementan los detalles técnicos y de documentación correspondiente al sistema diseñado, además de los planos generados en el diseño, como arquitectura, ubicación de equipos, ruta de canalización, etc.

CAPÍTULO I EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estilo de vida moderno, construido en torno al uso de los aparatos electrónicos en casi todos los ámbitos y actividades, evidencia la dependencia que se ha desarrollado por la electricidad. La población mundial sigue aumentando y de igual manera lo hace el consumo eléctrico. Esto representa una enorme demanda de electricidad que los países deben satisfacer, ya sea a partir de procesos que usan combustibles, o aprovechando recursos renovables como la energía hidráulica y eólica, con diferentes impactos ambientales negativos.

La domótica e inmótica proponen instalar en las viviendas o edificios sistemas para regular el uso de aparatos electrónicos, automatizando su funcionamiento según un plan que optimice el consumo de energía y agua, ofreciendo otros beneficios en las áreas de seguridad, confort, gestión energética, entre otras, de acuerdo con las necesidades reales de usuarios y administradores. Se busca que estos sistemas sean los sistemas deben ser integrales, simples, flexibles y modulares, con sistemas de control centralizados o descentralizados.

En este trabajo se plantea diseñar un sistema inmótico para un edificio administrativo que albergará un personal de aproximadamente 500 personas de lunes a viernes en horario de oficina, y que cubra las necesidades de los usuarios en las actividades que realizan.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Diseñar un sistema inmótico integral, simple, flexible y modular orientado a un edificio empresarial, que posea una buena eficacia operativa de sus equipos para obtener un ahorro energético y al mismo tiempo, generar un mayor confort y seguridad para sus usuarios. Se ha seleccionado al Edificio Administrativo de PDVSA Agrícola S.A en la sede del Estado Lara.

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer la diferencia entre domótica e inmótica.
- Analizar la tecnología existente para el diseño de edificaciones inteligentes.
- Estudiar los protocolos más comunes que se utilizan en el área de inmótica (BACnet, KNX, etc.).
- Establecer las características y los elementos que conforman los diferentes aspectos de los sistemas de control de electricidad, climatización, telecomunicaciones, seguridad, entre otros parámetros, aplicables a edificios con sistemas inmóticos.
- Identificar los parámetros específicos a ser controlados por el sistema inmótico a través de la situación actual y manejo de los parámetros en el edificio.
- Determinar las tecnologías que se requieren para dotar al sistema de la capacidad de controlar los parámetros identificados.
- Determinar los sensores, actuadores y controladores relacionados con los sistemas inmóticos, analizando los diferentes tipos de dispositivos existentes en el mercado, que puedan ser utilizados en el diseño.
- Revisar las normas más relevantes relacionadas con el diseño de edificaciones inteligentes.
- Entender y describir todo el proceso de certificación LEED.
- Diseñar el sistema inmótico: topología, arquitectura, elementos, dispositivos.
- Determinar la disposición física de los sensores, actuadores y el sistema de control para su consiguiente instalación (planos).

- Describir los beneficios que se pueden obtener al utilizar el sistema inmótico.
- Analizar los factores económicos de los sistemas de control de electricidad, climatización, apertura de ventanas, entre otros, aplicables al edificio.

1.3 JUSTIFICACION DEL PROYECTO

Este trabajo surge como una propuesta para dar solución a un problema real, común y cada vez más importante: el excesivo consumo energético en las edificaciones que conlleva un alto impacto económico y graves consecuencias para el ambiente, puesto que tiende a aumentar la generación de energía para satisfacer la demanda con procesos contaminantes.

En el caso del edificio administrativo de PDVSA Agrícola, al automatizar los diferentes sistemas, se podrán mejorar las condiciones de confort para los activos que la conforman, alargar la vida de los componentes de dichos sistemas, simplificar operación de mantenimiento y lograr grandes ahorros de energía.

1.4 ALCANCE

Este Trabajo Especial de Grado incluye el diseño de una ingeniería de detalle de un sistema inmótico propuesto para el Proyecto SEDE DE PDVSA AGRICOLA S.A en el Estado Lara, a fin de garantizar los requerimientos mínimos que permitan la automatización y control de un conjunto específico de sistemas para el edificio. En esta tesis se incluyen datos precisos y definitivos que podrán ser utilizados en las próximas etapas del desarrollo del proyecto, como por ejemplo la procura y la construcción. Para lograr estos objetivos se debe:

- Establecer las variables de los sistemas que serán controlados
- Diseñar la arquitectura definitiva de los sistemas y seleccionar los equipos que permitirán la interacción del sistema inmótico.
- Estudiar las instalaciones.
- Dimensionar y ubicar los equipos.

- Elaborar rutas de los cableados.
- Definir planos definitivos para la construcción e instalación de los sistemas.
- Realizar la lista definitiva de equipos, cables, materiales y demás accesorios.
- Elaborar una estimación de costos de los equipos y sistemas

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación se presenta la información en la que se apoya la realización de este Trabajo Especial de Grado.

2.1.1 Definiciones

2.1.1.1 Domótica

Según la CEDOM, la domótica es: “el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, que aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema” [10]. Un sistema domótico es capaz de recoger información proveniente de unos sensores o entradas, procesarla y emitir órdenes a unos actuadores o salidas.

Por lo tanto, una residencia domótica es un inmueble residencial que tiene un sistema con la capacidad de controlar lo referente a la gestión energética, seguridad, confort y accesibilidad entre otras aplicaciones, como puede observarse en la Figura 1. [5] [6]

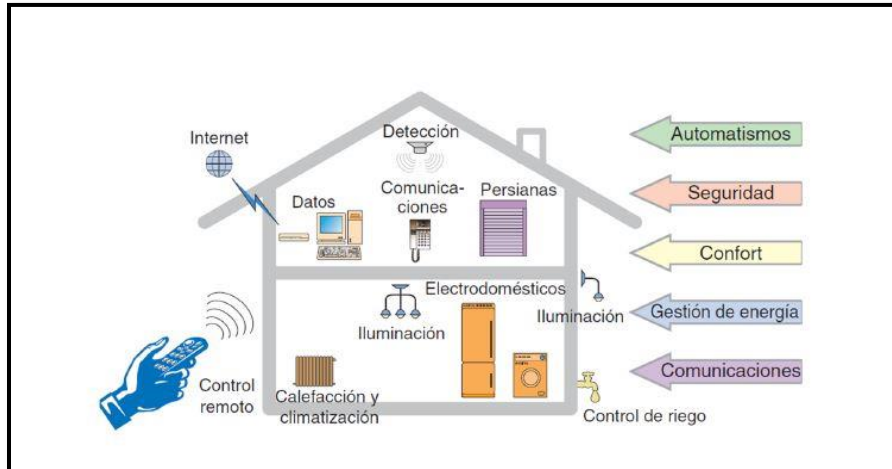


FIGURA 1.- Ejemplo de aplicaciones en un sistema domótico. Fuente: [14] pág. 5.

1.1.1.1 Inmótica

La inmótica es la extensión de la domótica a edificios no residenciales. Según la CEDOM es: “el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de edificios no destinados a vivienda, como hoteles, centros comerciales, escuelas, universidades, hospitales y todos los edificios terciarios, permitiendo una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort, y comunicación entre el usuario y el sistema” [11].

Un edificio inmótico posee una instalación inmótica y con el diseño arquitectónico funcional, modular y flexible, proporciona la capacidad de mejorar significativamente la eficiencia energética, reducción de los costos, mayor eficacia operativa, mayor confort y seguridad para los usuarios y mejores condiciones de trabajo, como se ve en la Figura 2.

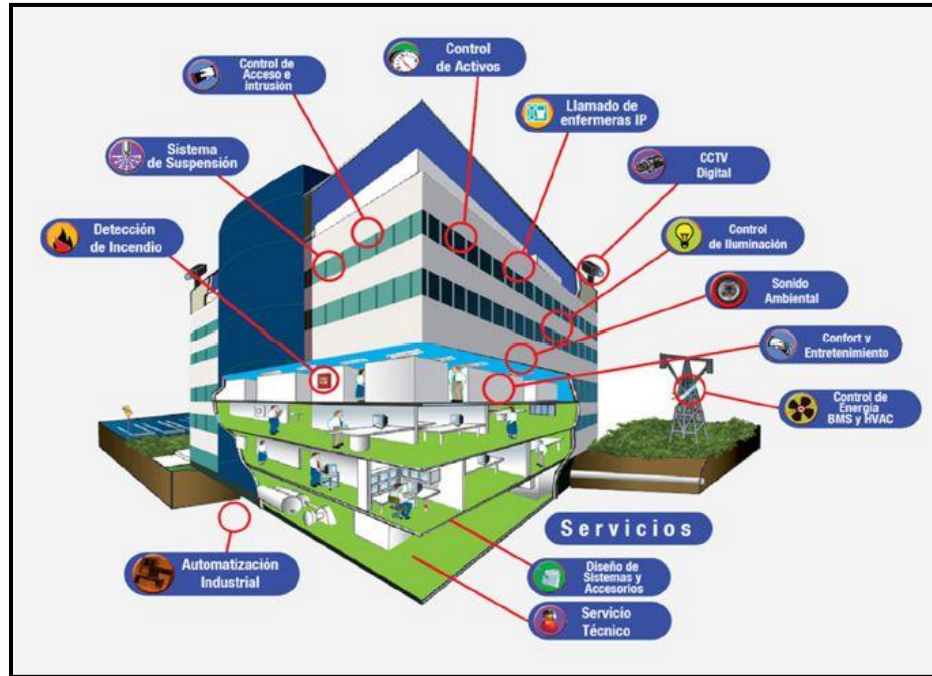


FIGURA 2.- Esquema general de un Edificio Inmótico. Fuente: [15] pág. 19.

La inmótica motiva la producción en el trabajo al gestionar las instalaciones del edificio como una herramienta para favorecer la productividad de los empleados que se encuentran en el interior. Por ende, para colocar en un edificio un sistema inmótico es importante determinar variables específicas, por ejemplo, si se tratase de una biblioteca, parámetros como el nivel de humedad serían sumamente importantes [5] [6].

Una instalación inmótica está conformada por un conjunto de dispositivos interconectados mediante un medio de comunicación, los cuales interactúan con la finalidad de proporcionar una serie de servicios para la eficaz gestión técnica del inmueble.

2.1.2 Gestión de la inmótica

Un sistema inmótico gestiona el consumo energético y aplicaciones de confort, comunicación, seguridad y accesibilidad, entre otras, pudiéndose incluir cualquier combinación de las mencionadas en la Tabla 1.

Aplicación	Características
Gestión de Energía	Orientada al consumo eficiente de energía en los elementos controlados por el sistema, racionalizando su uso a través de temporizadores, termostatos y otros mecanismos.
Gestión de Confort	Permite al usuario el control automático para ciertas comodidades tales como: luces, aire acondicionado, accesos, persianas y muchas otras.
Gestión de Comunicaciones	Esta gestión se encarga de captar, transportar, almacenar, procesar y difundir la información entre el usuario y el sistema. Por ejemplo: enviar notificaciones al celular cuando una alarma se active, entre otras.
Gestión de Seguridad	El objetivo es proteger al inmueble y sus usuarios, las áreas de acción son: <ul style="list-style-type: none"> - Alarmas de intrusión: incluyen detectores de movimiento, presencia, de presión o magnéticos para aperturas de puertas y ventanas. - Alarmas técnicas: incluyen detección de humo, de agua, de fuga de gases, fallo en la línea eléctrica, en la línea telefónica y otros. - Alarmas personales: permiten pedir ayuda en caso de emergencia o necesitar asistencia. - Video vigilancia: permiten la grabación de video utilizando circuitos cerrados de televisión.
Gestión de servicios específicos del edificio	Orientado a satisfacer necesidades específicas de acuerdo al uso que se le dé a la instalación. La inmótica es capaz de incluir muchas aplicaciones en diferentes ámbitos de la edificación para integrar en un único sistema de control la mayoría de las funciones que se pueden controlar en el inmueble

TABLA 1.- Aplicaciones de servicios en un Sistema Inmótico. Fuente: [5] [6] [7]

2.1.3 Características de un sistema inmótico

Un sistema inmótico debe tener las características mostradas en la Figura 3, que se describirán a continuación.

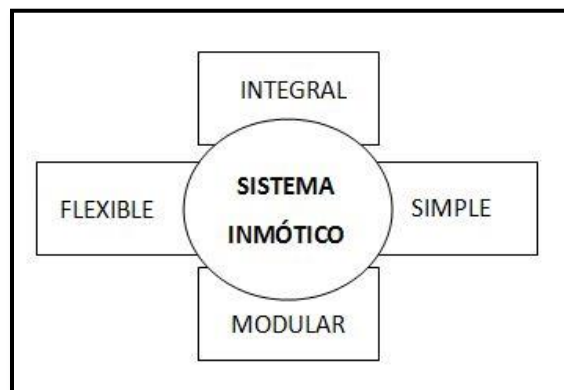


FIGURA 3.- Características principales que sustentan un sistema inmótico.

- **Integral:** Todo subsistema aislado debe ser capaz de integrarse al sistema inmótico para ser controlado. En este sentido debe existir una comunicación entre los subsistemas existentes dentro de la edificación para el intercambio de información, quedando todas las áreas integradas, como se indica en el diagrama de la Figura 4;
- **Flexible:** El sistema inmótico debe desarrollarse permitiendo la integración de nuevos dispositivos o modificaciones, sin que represente un costo elevado ni un esfuerzo grande;
- **Simple:** El sistema inmótico debe ser simple y fácil de utilizar para los usuarios finales; además, la interfaz HMI debe ser sencilla e intuitiva para que el usuario u operador la maneje con facilidad;
- **Modular:** El sistema inmótico debe ser modular, para permitir la fácil ampliación de nuevos servicios dentro de la edificación cuando estos se requieran.

Al cumplirse estas características se logran beneficios: para el propietario del edificio quien puede ofrecer un edificio más atractivo mientras alcanza grandes reducciones en los costos de energía y operación; para los usuarios del edificio, quienes mejoran notablemente su confort y seguridad; para el personal de mantenimiento del edificio que, mediante la información almacenada y el posterior estudio de tendencias, puede prevenir desperfectos; y para el personal de seguridad, cuya tarea se ve facilitada y complementada para hacerla mucho más eficiente.

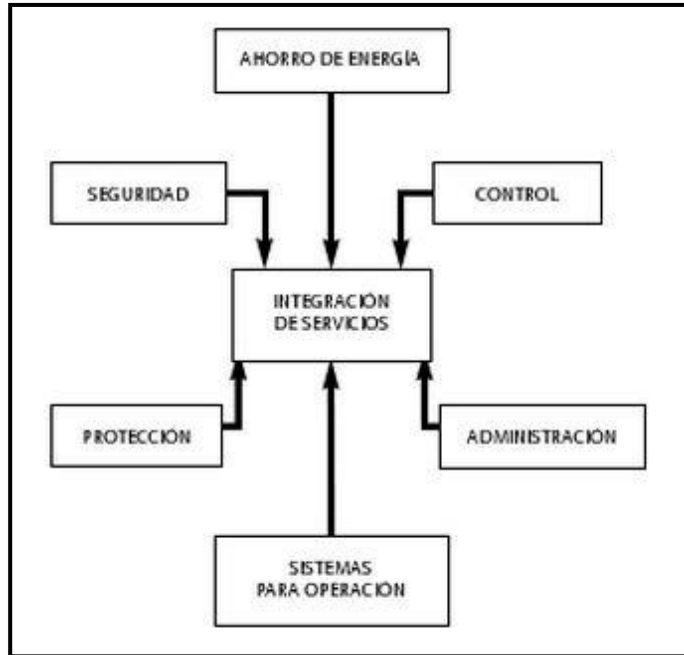


FIGURA 4.- Esquema de la integración de servicios. Fuente: [3] Pág. 33.

2.1.4 Protocolo de comunicaciones

Un Sistema Inmótico se caracteriza por el protocolo de comunicaciones que utiliza, que no es otra cosa que el idioma o formato de los mensajes que los diferentes elementos de control del sistema deben utilizar para entenderse unos con otros y para que puedan intercambiar su información de una manera coherente. Existe dos tipos de protocolos: estándar o propietario.

2.1.4.1 Estándar

Los protocolos Estándar o Abiertos son aquellos que pueden ser utilizados por diferentes fabricantes. Los equipos desarrollados por este tipo de protocolos pueden intercomunicarse porque son compatibles entre sí, ya que intercambian la información bajo un mismo lenguaje. Los principales exponentes de este protocolo se muestran en la Tabla 2.

Protocolos Estándar	
Protocolo	Asociación o Grupo
KNX	- EIBA (European Installation Bus Association) representante de la tecnología EIB
	- BCI (BatiBUS Club International) representante de la tecnología BatiBUS
	- EHS (European Home System Association) representante de la tecnología EHS

Protocolos Estándar	
BACnet	- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers)
LonWorks	- Echelon - LonMark Association
X-10	- Pico Electronics of Glenrothes
SCP	- Microsoft - General Electric

TABLA 2.- Protocolos Estándar o Abiertos más utilizados.

2.1.4.2 Propietario

Los protocolos propietarios son aquellos que pertenecen a una única empresa. La tecnología usada para la comunicación entre ellos, es diseñada por un solo fabricante. A diferencia del protocolo estándar, para obtener una comunicación en esta clase de protocolo, los componentes deben ser de la misma fábrica. Los principales exponentes de este tipo de protocolo están ilustrados en la Tabla 3.

Protocolos Proprietarios		
My home	Lutron	Thunder
ModBus	Amigo	Biodom
Cardio	Concelac	Dialoc
Dialogo	Domaike	Domolon
DomoScope	Domotel	GIV
Hometronic	Maior-Domo	PLC
PLusControl	Simon VIS	Simon Vox
SSI	Starbox	Vantage

TABLA 3.- Protocolos Proprietarios más utilizados.

2.1.5 Topología de red

Es la conexión de todos los elementos (unidades de control, sensores, actuadores) que se encuentren en una instalación inmótica respecto al medio de comunicación y es primordial para elaborar un diseño que posibilite la conexión de los diferentes componentes dentro de la edificación. Los distintos tipos de topología y los más comunes son los siguientes:

2.1.5.1 Topología en estrella

Este tipo de conexión se muestra en la Figura 5. Tiene facilidad en la instalación de un nuevo dispositivo y cuando se produce una falla en algún dispositivo no afecta a todo el sistema. La desventaja de esta topología es que si el elemento principal falla, colapsa todo el sistema. Esto se puede evitar colocando el elemento central redundante. Para la conexión de los dispositivos se necesitan conexiones independientes y toda la información se almacena en el elemento principal. [8]

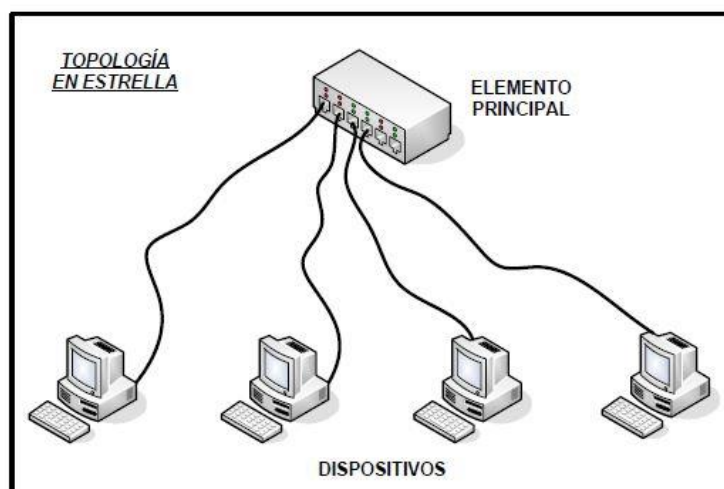


FIGURA 5.- Topología de red en estrella. Fuente: [8] Pág. 11.

2.1.5.2 Topología en anillo

En esta topología todos los dispositivos se interconectan como se ve en la Figura 6. En ella existe un menor cableado y el control se realiza de una manera fácil y sencilla, pero que si se produce un fallo en cualquier dispositivo, falla todo el sistema. Además se puede producir saturación de información del bus, y si se quiere aumentar dispositivos al sistema se debe interrumpir el funcionamiento del mismo.

En topología de anillo, para evitar esta problemática se debe colocar un doble anillo, de manera que siempre existan dos caminos en caso de algún problema de comunicación.

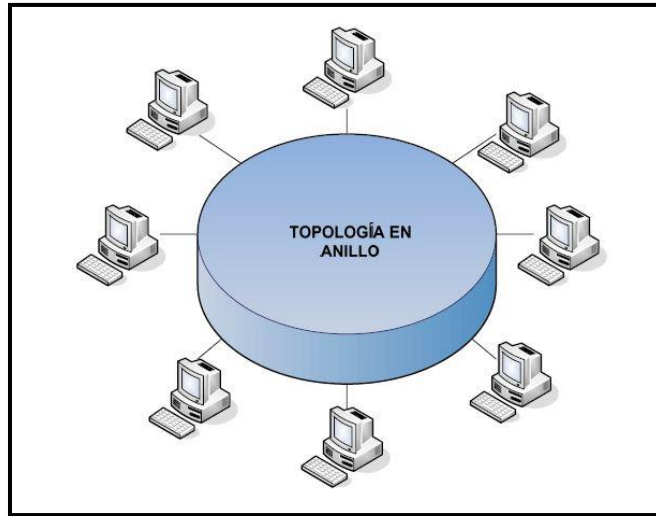


FIGURA 6.- Topología de red en anillo. Fuente: [8] pág. 12.

2.1.5.3 Topología en bus

En este tipo de topología todos los dispositivos están conectados mediante una misma línea o bus de comunicaciones, como se puede observar en la Figura 7. Cada dispositivo cuenta con su propia dirección lo cual permite ser identificado fácilmente dentro del sistema.

En este tipo de topología es fácil añadir y eliminar dispositivos a la red. Además, un error en algún dispositivo no afecta el funcionamiento total del sistema. Como desventajas en este tipo de topología se encuentra que los dispositivos deben tener un mayor grado de inteligencia para manejar la información; además, el sistema debe tener algún mecanismo de control que no permita que más de dos dispositivos accedan en forma simultánea a la red. [8]

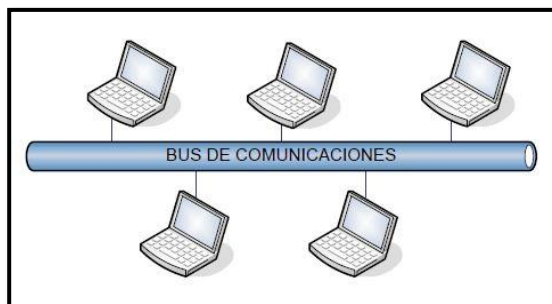


FIGURA 7.- Topología de red en bus. Fuente [8] pág. 13.

2.1.5.4 Topología en Árbol

Esta topología es la unión de varias topologías tipo estrella, como lo indica la Figura 8, en la que se establece una jerarquía entre todos los dispositivos del sistema. A diferencia de la topología en estrella donde existe un elemento principal, en la topología en árbol no existe un elemento principal de interconexión. Más bien, existen un nodo de enlace troncal al cual van conectados todos los dispositivos. Las ventajas y desventajas son las mismas que se producen en la topología en estrella.

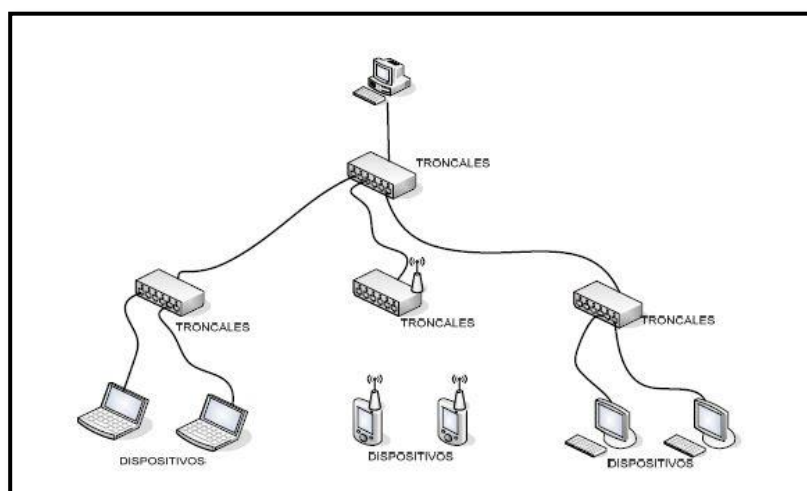


FIGURA 8.- Topología de red en árbol. Fuente [8] pág. 14.

En la siguiente tabla se pueden identificar los diferentes protocolos que se utilizan en Inmótica y las topologías que se aceptan en sus diseños.

	LonWorks	BACnet	KNX	X-10
Estrella	x		x	
Anillo	x			
Bus	x		x	x
Árbol	x		x	
Mixta	x		x	
Punto a punto	x	x		
Maestro/esclavo	x	x		

TABLA 4.- Comparación de topologías entre los protocolos estándar más utilizados. Fuente [15] pág. 89.

2.1.6 Arquitectura de red

La arquitectura de un Sistema Inmótico, como la de cualquier sistema de control, indica la interrelación de las diferentes unidades que conforman la red. Los diferentes tipos de arquitectura se definen a continuación:

2.1.6.1 Centralizada

Los sistemas de control con esta arquitectura dependen de una unidad de control central a la que se unen los componentes de la instalación, como se ve en la Figura 9. Esta unidad procesa la información recibida desde los sensores y envía información a los actuadores e interfaces en función de su parametrización,. La unidad de control es el cerebro de todo el sistema inmótico y de ella depende el funcionamiento de la instalación. [2]

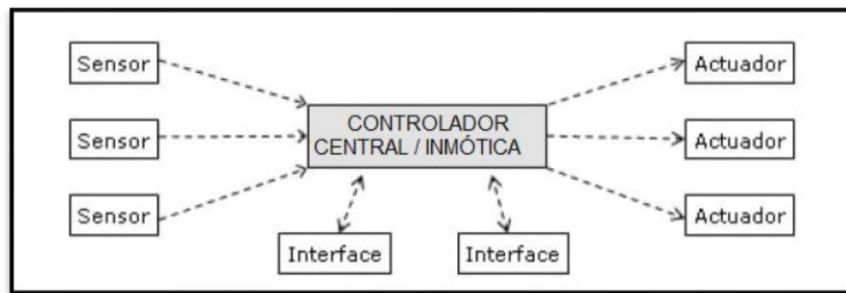


FIGURA 9.- Arquitectura de red centralizada. Fuente: [19] pág. 1

En la siguiente tabla se identifican las principales ventajas y desventajas de un sistema centralizado.

Arquitectura Centralizada	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">- Costo reducido- Fácil uso- Instalación sencilla
Desventajas	<ul style="list-style-type: none">- Gran dependencia de la Central de control- Reducida ampliación- Poca fiabilidad- Necesita de una interfaz del usuario- Cableado significativo

TABLA 5.- Ventajas y desventajas de un sistema con arquitectura centralizada. Fuente: [17] pág. 8.

2.1.6.2 Descentralizada

En estos sistemas de control, tal como lo indica la Figura 10, existe más de un controlador y todos son interconectados mediante un bus que se encarga de intercomunicar toda la información entre ellos, funcionando como un sistema centralizado en el que cada uno de los controladores se encarga de enviar información a los actuadores dependiendo de lo que hayan registrado tanto los sensores como los usuarios y según su parametrización.

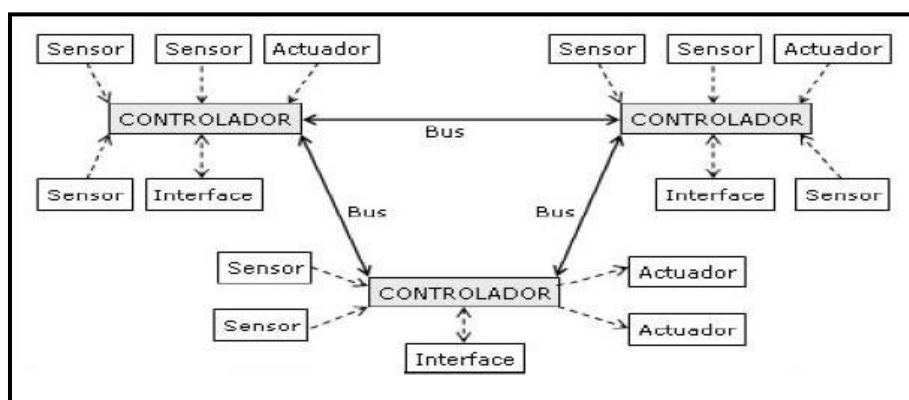


FIGURA 10.- Arquitectura de red descentralizada. Fuente: [19] pág. 10.

En la siguiente tabla se identifican las principales ventajas y desventajas de un sistema descentralizado.

Arquitectura Descentralizada	
Ventajas	- No depende de una única unidad de control
	- Posibilidad de rediseño de la red
	- Cableado Reducido
	- Mayor fiabilidad que el Centralizado
Desventajas	- Costo elevado
	- Difícil ampliación
	- Necesita de una interfaz de usuarios
	- Complejidad de programación

TABLA 6.- Ventajas y desventajas de un sistema descentralizado. Fuente: [17] pág. 9.

2.1.6.3 Distribuida

En este tipo de arquitectura toda la inteligencia del sistema está distribuida por todos los módulos sean sensores o actuadores. La comunicación se hace a través de un bus compartido, como se puede observar en la Figura 11. La instalación no dispone de una unidad de control central sino que todos los componentes están provistos de un microcontrolador que tiene capacidad de recepción, transmisión y procesamiento de la información. [2] [19]

Esta arquitectura tiene algunas ventajas respecto a la centralizada, ya que el control se reparte entre diferentes elementos de control, disminuyendo considerablemente el cableado. A diferencia de la arquitectura centralizada, si existe algún fallo en alguna unidad de control, solo afecta a los elementos que tenga unidos a su módulo. La principal desventaja es que las unidades de control son varias y por lo tanto el costo será mayor [8] [19].

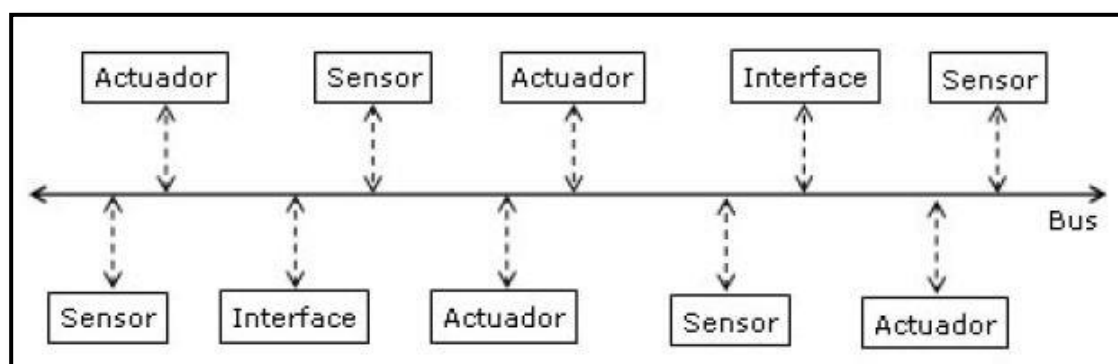


FIGURA 11.- Arquitectura de red distribuida. Fuente: [19] pág. 11.

En la siguiente tabla se identifican las principales ventajas y desventajas de un sistema distribuido.

Arquitectura Distribuida	
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">- Seguridad de funcionamiento- Posibilidad de rediseño de red- Fiabilidad de productos- Fácil ampliación- Menor cableado que los sistemas centralizados y distribuidos

Arquitectura Distribuida

Desventajas

- Requiere de programación
- Costo elevado

TABLA 7.- Ventajas y Desventajas de un Sistema Distribuido. Fuente: [17] pág. 10.

2.1.6.4 Mixta

Combina las arquitecturas de sistemas centralizados, descentralizados y distribuidos. Está conformado por un controlador central o varios controladores descentralizados, como en la Figura 12. Los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores y procesar información según la configuración. Pueden actuar y enviar la información a otros dispositivos de la red sin que tengan que pasar por otro controlador. [19]

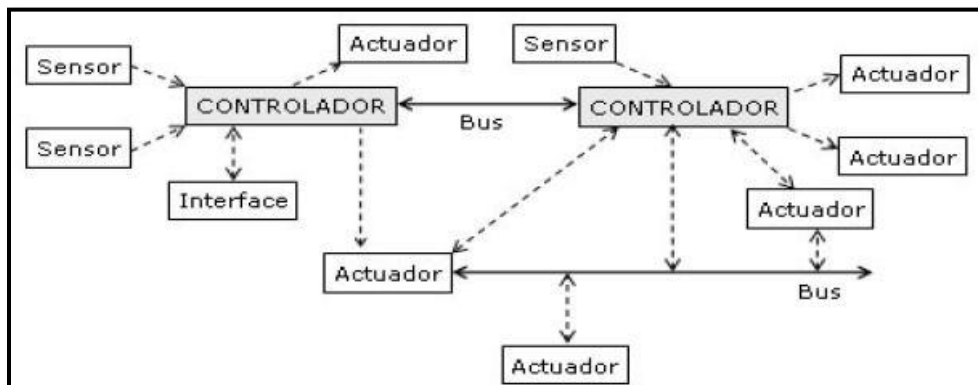


FIGURA 12.- Arquitectura de red híbrida/mixta. Fuente: [19] pág. 11.

2.1.7 Medios de transmisión

Es el elemento físico que utilizan los dispositivos para intercambiar información entre ellos. Este medio debe servir de soporte, no sólo para la comunicación entre los diferentes dispositivos del sistema, sino también para el suministro de alimentación a estos dispositivos y para la distribución de información en tiempo real [18].

Para optar por un medio de transmisión, se deben analizar los siguientes aspectos:

- Topología que soporta;

- Velocidad de transmisión;
- Ancho de banda que puede transmitir;
- Influencia a las interferencias;
- Fiabilidad y vulnerabilidad;
- Economía y facilidad de instalación;

En la siguiente tabla pueden observarse los principales medios de comunicación empleados en un sistema inmótico, y sus características principales.

Tipo	Uso	Características
Transmisión con cable		
Par Trenzado	Proviene de usos industriales	- Gran seguridad de transmisión.
Cable Coaxial	Bastante implantado	- Inmune a interferencias pero muy rígido para instalación
Red eléctrica instalada	No necesita instalación adicional de cableado	- Poca seguridad y velocidad. Aprovecha instalación eléctrica instalada
Fibra Óptica	Gran capacidad	- Se utiliza para transmitir gran cantidad de información. - Gran seguridad
Transmisión sin cable por radio frecuencia		
Bluetooth. V1 y 2.	Bastante extendido	- Es un estándar. Velocidad de transmisión media y corto alcance
IEEE 802.11b (WiFi)	Bastante extendido	- Es un estándar. Admite velocidades altas de transmisión
IEEE 802.11g (WiFi)	Poco extendido	- Altísimas velocidades de transmisión en frecuencia estándar.
IEEE 802.15.4 (ZigBee)	Poco extendido	- Es un estándar. Velocidades de transmisión bajas, pensado para dispositivos de gestión de edificios

TABLA 8.- Medios de transmisión, uso y características resaltantes. Fuente: [1] pág. 272.

2.1.7.1 Transmisión por cable

2.1.7.1.1 *Líneas de distribución de energía eléctrica*

Implica un bajo costo debido a que se realiza por medio de una instalación eléctrica existente. Para los casos en los que las necesidades del sistema no impongan requerimientos

muy exigentes en cuanto a la velocidad de transmisión, la línea de distribución de energía eléctrica puede ser suficiente, como soporte de dicha transmisión. [1] [22]

2.1.7.1.2 *Cable coaxial*

Está formado por dos conductores cilíndricos concéntricos, entre los que se coloca un material dieléctrico. El conductor externo suele ser una malla metálica que sirve de protección frente a las interferencias. El cable está cubierto por un aislante que lo protege de la humedad y lo aísla eléctricamente. Se usa para la transmisión de datos a alta velocidad y a distancias hasta 500m (cable coaxial Thinnet 10base5 RG-8 o RG-11). Debe manipularse con cuidado porque un golpe o doblez excesivo pueden producir una deformación en la malla, reduciendo el alcance del cable. La impedancia característica depende del grosor del conductor central o malla [1] [22]. En la Tabla 9 se ven los tipos de cable coaxial más usados.

Tipo	Utilización
RG-8; RG-11;RG-58	Se usan en redes de datos tipo Ethernet
RG-75	Principalmente en TV

TABLA 9.- Tipos de cables coaxiales. Fuente [1] pág. 273

2.1.7.1.3 *Par trenzado*

- Cable de pares trenzados: Compuesto por uno o más pares de conductores eléctricos, aislados entre sí y trenzados uno alrededor del otro, para evitar las interferencias electromagnéticas. Se usa en redes de telefonía y en la distribución de audio;
- Cable de pares UTP: Par trenzado sin apantallar, compuesto por pares trenzados entre sí recubiertos por un aislante común, con una impedancia característica de 100Ω puede transmitir sin pérdida hasta 100m. Existen 8 categorías de cables UTP, cuyas características se muestran en la Tabla 10. El conector más frecuente con el UTP es el RJ45, aunque también pueden usarse, dependiendo del adaptador de red;
- Cable STP: Par trenzado apantallado, formado por pares trenzados entre sí, envuelto cada uno por una malla metálica y, a su vez, el conjunto del cable está envuelto por otra malla, todo ello recubierto por un aislante común.

El cable coaxial es más inmune a interferencias o al ruido que el par trenzado, pero es mucho más rígido, por lo que al realizar las conexiones entre las redes la labor será más difícil.

La velocidad de transmisión que se alcanza con el par trenzado es de 40Gbps, en cambio con el cable coaxial llega solo hasta 10Mbps

Categoría	Uso	Ancho de banda y velocidad
1 y 2	Redes de telefonía	Velocidades hasta 4 Mbps
3	Redes de ordenadores	16 MHz y hasta 16 Mbps
4	Redes ordenadores en anillo tipo Token Ring	20 MHz y 20 Mbps
5	Redes de ordenadores	100Mhz y 100Mbps
5e	Igual que 5 mejorada	1Gbps
6	Ninguna aplicación específica	250 MHz 1Gbps
6 A	Ninguna aplicación específica	500MHz 10Gbps
7	Ninguna aplicación específica	600 MHz 10Gbps
7 A	Todavía en pruebas	1.2 GHz 10Gbps
8.1	Realiza pruebas aun	2GHz 40Gbps
8.2	Realiza pruebas aun	2GHz 40Gbps

TABLA 10.- Categorías de cables UTP. Fuente [1] pág. 275

2.1.7.1.4 *Fibra óptica*

Un cable de fibra óptica está compuesto por filamentos de vidrio de alta pureza muy compactos, cada uno rodeado de una segunda capa que permite que la mayoría de la luz se mantenga en el núcleo. El grosor de una fibra es como la de un cabello humano aproximadamente. Es compacta, ligera, con bajas pérdidas de señal, amplia capacidad de transmisión y un alto grado de fiabilidad ya que es inmune a interferencias electromagnéticas de RF. Las fibras ópticas no conducen señales eléctricas, conducen rayos luminosos. Posee una alta seguridad en la transmisión de datos y permite elevadas velocidades de comunicación, llegando hasta 10 Gbps. [22]

En comparación con el sistema convencional de cables de cobre, donde la atenuación de sus señales es de tal magnitud que requieren de repetidores cada 2km para regenerar la transmisión, en el sistema de fibra óptica se pueden instalar tramos de hasta 100km sin necesidad de recurrir a repetidores. Con un cable de seis fibras se puede transportar la señal de más de cinco mil canales o líneas principales, mientras que se requiere de 10.000 pares de cable de cobre convencional para brindar servicio a ese mismo número de usuarios, con la desventaja que este último medio ocupa un gran espacio en los canales y requiere de grandes volúmenes de material. [1]

2.1.7.2 Transmisión Sin cable

La transmisión sin cable se realiza de dos formas: radiofrecuencia e infrarrojos. En este trabajo no se profundizará en estos conceptos, ya que no se utilizó este tipo de medio en el desarrollo de la propuesta. Sin embargo se realizará una breve descripción de cada caso.

2.1.7.2.1 *Radiofrecuencia*

Es la técnica de transmisión que permite el envío de información entre dos puntos distantes mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas en el espacio. Este medio de transmisión puede parecer, en principio, idóneo para el control a distancia de los sistemas inmóticos. Sin embargo, resulta particularmente sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas, tanto por los medios de transmisión, como por los equipos eléctricos y electrónicos dentro del inmueble [24].

Los sistemas más empleados en la configuración de redes inalámbricas son: Bluetooth, WiFi, Zigbee y WiMAX.

2.1.7.2.2 *Infrarrojos*

La transmisión por rayos infrarrojos utiliza un diodo láser o un diodo LED que emite luz en la banda del espectro infrarrojo convenientemente modulada con la información de control. Para el envío de información es necesario un transmisor y un receptor que deben estar a la vista uno del otro, sin obstáculos; se alcanzan velocidades de

transmisión de unos 10Mbps [24]. Este medio es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos eléctricos y electrónicos o por los demás medios de transmisión.

La siguiente tabla caracteriza los medios de comunicación estudiados anteriormente con base en cinco factores importantes en cuanto a términos de necesidad del usuario.

	Facilidad de instalación	Privacidad	Ancho de Banda	Inmunidad a interferencias	Flexibilidad
Corrientes portadoras	****	*	*	*	----
Par trenzado	**	****	***	***	----
Fibra Óptica	*	****	****	****	----
Radio-Frecuencia	***	***	***	*	****
Infrarrojo	***	****	*	**	**
Cable Coaxial	*	****	****	****	----
* Muy bajo	** Medio		*** Alto	**** Muy alto	

TABLA 11.- Comparación de los medios físicos en función de 5 factores importantes.
Fuente: [18] pág. 19

En base a lo anterior, se puede concluir que si es prioritaria la facilidad de instalación se recurrirá a la línea de distribución de energía eléctrica, por medio de señales moduladas. En un inmueble en fase de construcción, se puede realizar un tendido de par trenzado, que tiene mejores prestaciones con un costo reducido. En caso de ser precisa la conducción de señales de comunicaciones, se deberá acudir a la fibra óptica, o al cable coaxial. Si se quieren unidades portátiles para desplazarse con ellas por la vivienda, se recurrirá a la radio frecuencia y a los rayos infrarrojos. El sistema total será más barato ya que se evita cablear todo el inmueble, con transmisiones menos seguras, pudiendo haber problemas por ruido ocasionado por otros elementos que usen el aire como forma de comunicación. Además, los obstáculos que existan entre emisor y receptor van a reducir la distancia de transmisión.

En la siguiente tabla se pueden identificar las topologías de red que permiten algunos de los principales protocolos de comunicaciones estándar y propietarios.

	LonWorks	BACnet	KNX	x-10	MyHome	Lutron	Thunder	ModBus
Cable coaxial	x	x	x					
Par trenzado	x	x	x		x	x	x	x
Power Line	x		x	x				
R-F	x	x	x	x	x	x	x	
Fibra óptica	x	x					x	x

TABLA 12.- Medios de transmisión según algunos protocolos. Fuente: [15] pág. 88

2.1.8 Velocidad de transmisión

Es la velocidad con la que la información es transmitida de un dispositivo a otro dentro de una red como lo indica la Figura 13. Los principales factores que afectan a la velocidad de transmisión son el medio de transmisión y el protocolo con el que se están comunicando.

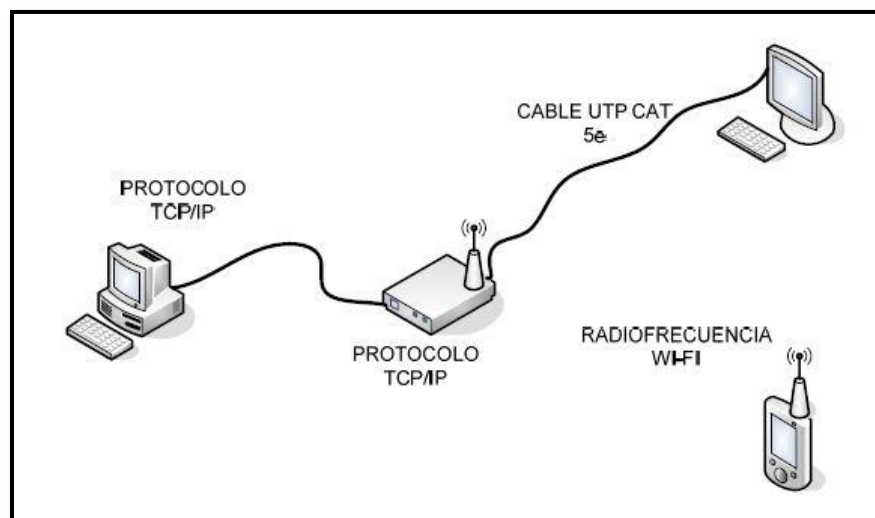


FIGURA 13.- Ejemplo de transmisión de datos utilizando un mismo protocolo y diferentes medios de transmisión. Fuente: [8] pág. 20

En la Tabla 13 se muestran las velocidades de cada medio de transmisión permitidos por algunos de los principales protocolos de comunicaciones estándar y propietarios.

	LonWorks	BACnet	KNX	x-10	MyHome	Lutron	Thunder	ModBus
Cable coaxial	NO	9,6kbps	9,6kbps	NO	NO	NO	NO	NO
Par trenzado	78kbps- 1,25Mbps	EIA 232: 9,6kbps- 56kbps EIA 285: 9,6 kbps- 76kbps ARCnet: 2,5 Mbps	9,6kbps	NO	NO	78kbps	EIA 232: 300bps- 9,6kbps EIA 485: 100kbps- 76kbps	75bps-18,75 kbps
Power Line	5kbps	NO	1,2kbps- 1,4 kbps	50bps	NO	NO	NO	NO
R-F	5kbps	NO	1,2kbps	NO	3kbps	3kbps	3kbps	NO
Fibra óptica	1,25kbps	NO	NO	NO	NO	Alta velocidad	Alta velocidad	Alta velocidad
Ethernet	10Mbps- 100Mbps	10Mbps- 100Mbps	10Mbps	NO	NO	NO	NO	NO
IR	78,1kbps	NO	1,2kbps	NO	NO	NO	NO	NO

TABLA 13.- Velocidad de medios de transmisión según protocolos estándar y propietarios.

2.1.9 Componentes básicos de una instalación inmótica

Los sistemas inmóticos son métodos de automatización que tratan de unificar los subsistemas existentes o que se quieren implementar dentro de las edificaciones. Para esto existen componentes básicos dentro de la infraestructura (Figura 14): sensores, actuadores, controladores, e interfaces. Cada uno de estos componentes cumple con tareas específicas dentro del sistema inmótico que se describen a continuación. [8]

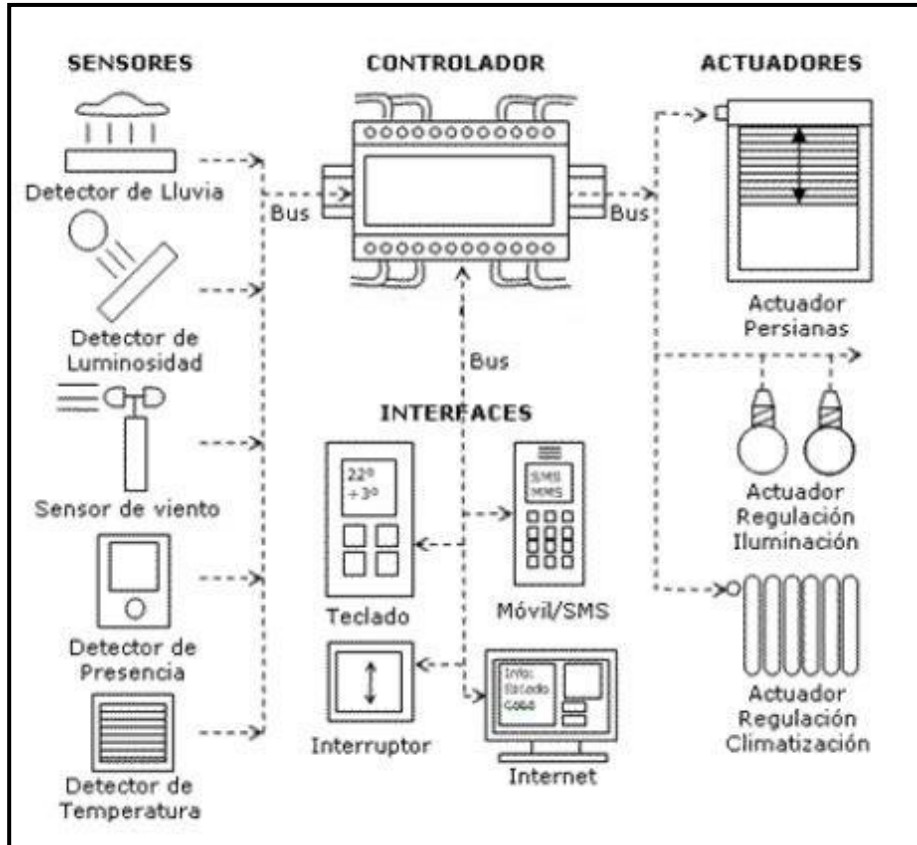


FIGURA 14.- Esquema general de un sistema inmótico. Fuente: [13].

2.1.9.1 Controlador

Es el dispositivo principal dentro del sistema inmótico, se encarga de tomar decisiones dentro de la edificación. Las señales provenientes de los sensores las procesa y manda señales a los actuadores para que realicen una función en específico.

En el controlador se encuentran algoritmos escritos en un lenguaje de programación. Al recibir la señal del sensor, mediante la programación del propio sistema, se envía un mensaje de activación al actuador del subsistema que corresponda. [8]

2.1.9.2 Actuador

Es un elemento que utiliza el sistema para modificar el estado de ciertos equipos e instalaciones. Recibe las señales provenientes de los controladores para luego ejecutar una acción determinada. Son dispositivos electrónicos o electromecánicos que tienen incidencia

directa sobre el medio exterior y afectan físicamente al edificio, es decir actúan de manera física sobre los subsistemas que se están gestionando dentro del sistema inmótico. [16]

Como lo indica la Figura 15, cada actuador puede ejecutar una acción en un subsistema dependiendo de la arquitectura que se haya elaborado en el sistema inmótico de la edificación, por ejemplo: el Sistema 1 corresponde a la apertura de ventanas, el Sistema 2 al cierre de electroválvulas, y el sistema 3 al apagado de un área de iluminación.

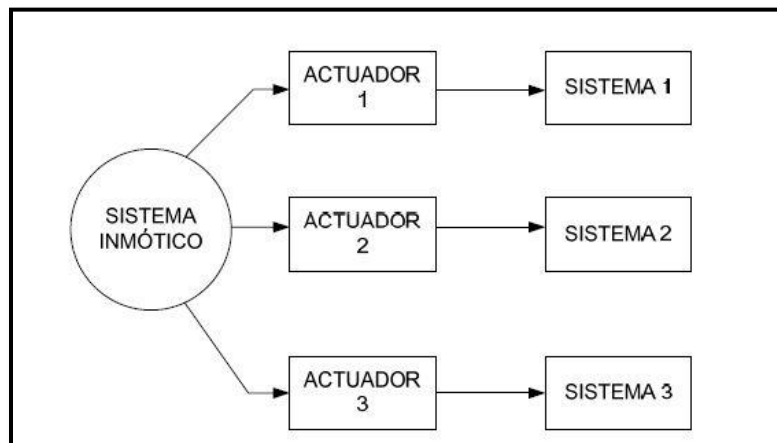


FIGURA 15.- Diagrama de bloques general de los actuadores. Fuente: [8] pág. 25.

Los actuadores más comunes en sistemas inmóticos son: electroválvulas, motores eléctricos, relés electromecánicos, contactores, bobinas cerraduras eléctricas, etc.

2.1.9.3 Sensor

Es el dispositivo que monitoriza el entorno, con la finalidad de transformar estímulos (magnitudes físicas, químicas, biológicas, etc.) en señales eléctricas para ser procesadas por un controlador. Son parametrizables y sus variables internas admiten valores comprendidos entre un valor máximo (V_{max}) y un valor mínimo (V_{min}) [8] [12]. Pueden actuar sobre los interruptores, la detección de humo o gases, de presencia de personas u objetos extraños al entorno habitual o sobre el cambio de temperatura que no sea la programada, entre otros.

En el diseño de sistemas inmóticos la elección de los sensores debe considerar el ámbito de aplicación en el que se quieren utilizar. Algunos ejemplos se puede observar en la siguiente tabla.

Tipo de Gestión	Tipo de sensor según el ámbito de aplicación
Gestión climática	Sensores de temperatura (resistivos, semiconductores, termopares), termostatos, sondas de temperatura para inmersión, para conductos, para tuberías, sensores de humedad, sensores de presión, etc.
Gestión contra incendios	Sensores iónicos, termo velocímetros, sensores ópticos, infrarrojos, barrera óptica, sensores ópticos de humo, de dilatación, etc.
Gestión contra intrusión/robo	Sensores de presencia por infrarrojo, por microondas o por ultrasonido, sensores de apertura de puertas o ventanas, sensores de rotura de cristales, sensores microfónicos, sensores de alfombra pisada, etc.
Control de presencia	Lector de teclado, lector de tarjetas, identificadores corporales (biométricos).
Control de iluminación	Sensor de luminosidad.
Otros sistemas	Sensores de lluvia, de viento, de gases, de inundación, de control y consumo eléctrico o de agua.

TABLA 14.- Clasificación de los Sensores. Fuente: [9] Pág. 19.

2.1.9.4 Interfaz hombre-máquina (HMI)

La interfaz de usuario es el medio que utiliza el usuario para poder comunicarse con el sistema inmótico. Esta interfaz permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactúe con los procesos.

Dentro de un sistema inmótico la creación de una HMI es importante porque de esta manera se puede ver mediante un computador todo lo que está sucediendo en toda la edificación. Una HMI hace que el trabajo del operario sea más eficiente, pues con esta interfaz el operador sabe lo que está sucediendo en tiempo real en el edificio, lo cual permite tomar decisiones preventivas y/o correctivas.

2.2 TECNOLOGÍAS PARA EDIFICIOS INTELIGENTES

El siguiente apartado describe las tendencias tecnológicas en el área de redes de automatización en edificios inteligentes más utilizadas hoy en día, como lo son BACnet y KNX. Estos protocolos constituyen la parte esencial de la inmótica, tienen un papel muy importante cuanto a edificios inteligentes se refiere, ya que permiten la integración de distintos subsistemas y aplicaciones.

2.2.1 BACnet

BACnet (Building Automation and Control Networks), es un protocolo norteamericano de comunicación de datos para el control de redes y edificios inteligentes, desarrollado bajo el patrocinio de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioned Engineers). El estándar fue desarrollado y es actualmente extendido y mantenido por el comité ASHRAE SSPC 135 Committee. [1] [15] [27]

El protocolo presenta un conjunto de reglas que se aplican al software y al hardware de la red, y toda la información dentro de un dispositivo BACnet es modelada en términos de uno o más “objetos de información”. Cada objeto representa algún componente importante del dispositivo, o alguna colección de información la cual puede ser de interés para otro dispositivo. Los dispositivos BACnet preguntan a otros para ejecutar los servicios. Por ejemplo, un dispositivo que está asociado con un sensor de temperatura, podrá ejecutar el servicio de leer la temperatura, y proveer esta información a otro que la necesite. [15]

El protocolo BACnet se basa en una estructura de cuatro capas, esta arquitectura corresponde a las capas físicas, de enlace de datos, de red y de aplicación del modelo OSI como se muestra en la Figura 16.

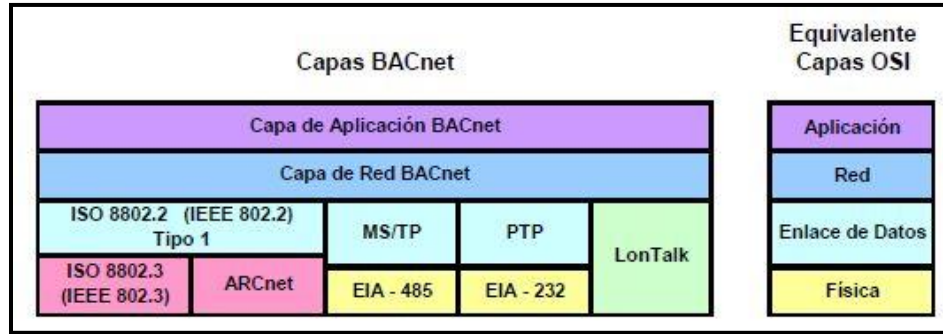


FIGURA 16.- Equivalencia entre los modelos BACnet y OSI. Fuente: [25] pág. 69.

La **capa de aplicación** de BACnet se analiza como dos partes separadas pero estrechamente relacionadas: un modelo de información contenido en un dispositivo de automatización de edificios (objetos), y un grupo de funciones o servicios usados para intercambiar esta información (servicios). [31]

Los servicios constituyen los medios por los cuales un dispositivo BACnet adquiere información de otro dispositivo, comanda otro dispositivo para realizar algunas acciones, o anuncia a uno o más dispositivos que algún evento ha ocurrido, basándose así en una arquitectura cliente-servidor. [31]

En cuanto a la **capa de red**, su función es proveer un camino para interconectar LANs de diferentes tecnologías. Con respecto a estas tecnologías, BACnet ofrece varias opciones de transporte local. La norma BACnet 2012 define 7 tipos de red LANs que sirven como el transporte para mensajes BACnet, siendo estas las **capas físicas** y **enlace de datos**. [27] [31]

- BACnet/IP;
- BACnet MS/TP (Master-Slave/Token-Passing);
- BACnet ISO 8802-3 (Ethernet);
- BACnet Point to Point (EIA-232);
- BACnet sobre ARCnet;
- BACnet sobre LonTalk;

Es posible usar diferentes tipos de red para cumplir con un mismo trabajo, en donde la razón costo/velocidad puede no ser la misma, en la Figura 17 se puede observar la relación entre la velocidad de transmisión y el costo de algunos tipos de red.

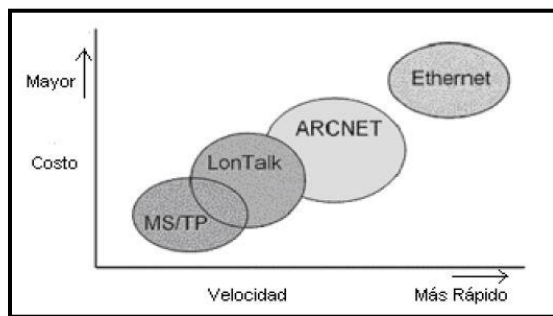


FIGURA 17.- Tipos de red dentro del protocolo BACnet. Fuente: [31] pág. 3

En resumen BACnet representa la información con los objetos, realiza los requerimientos y la interoperabilidad con los servicios y transporta los datos por el sistema con la red, como puede observarse en la Figura 18.

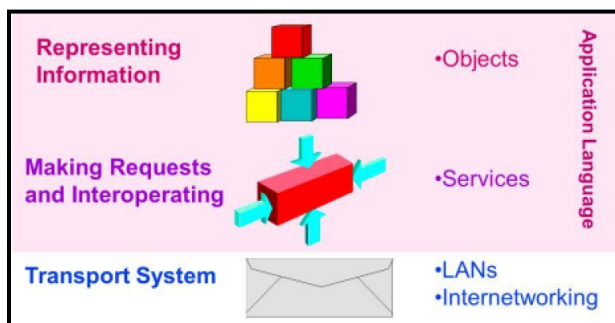


FIGURA 18.- Estructura general de BACnet. Fuente: [27] pág. 3

2.2.1.1 Objetos

Un objeto es una colección de información relacionada con una función particular que puede ser unívocamente identificada y a la cual se accede a través de una red de una manera estandarizada. [28]

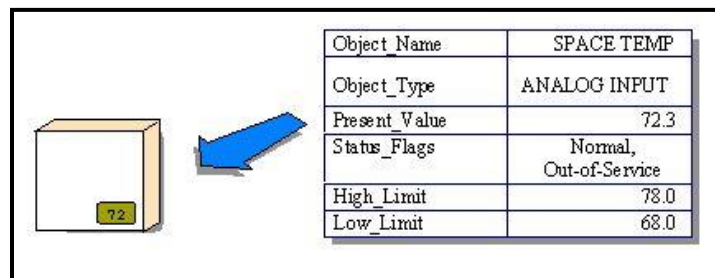
Toda la información en un sistema BACnet está representada en estas estructuras de datos. El concepto de objeto permite hablar y organizar la información, ya sea física o

virtual, tal como las entradas y salidas analógicas y binarias, algoritmos de control, aplicaciones específicas y cálculos. [27] [30]

Los objetos pueden representar a un solo punto físico, o grupos de puntos que llevan a cabo una función específica. Cumplen con el requisito de ofrecer a cada dispositivo un "punto de vista de la red" común, es decir, todos los objetos, independientemente de la máquina en la que residen, se parecen. [30]

2.2.1.2 Propiedades de los Objetos

Todos los objetos BACnet proporcionan un conjunto de propiedades que se utilizan para obtener información del objeto, o dar información y comandos a un objeto. Estas propiedades se pueden ver como una tabla con dos columnas tal como lo indica la Figura 19. A la izquierda el nombre o identificador de la propiedad, y en la derecha el valor de la propiedad. [28]



Object Name	SPACE TEMP
Object Type	ANALOG INPUT
Present Value	72.3
Status Flags	Normal, Out-of-Service
High Limit	78.0
Low Limit	68.0

FIGURA 19.- Propiedades de los objetos. Fuente: [28] pág. 20

El objeto tiene nombre de propiedad "SPACE TEMP" y un tipo de objeto ANALOG INPUT, esta propiedad representa características visibles externamente de una entrada analógica. Si el objeto se ve como un sensor de temperatura, la propiedad Present_Value dice la temperatura que está leyendo en este momento (72,3 grados). Otras propiedades muestran otra información sobre el objeto del sensor, por ejemplo, si parece estar funcionando normalmente, o límites superior e inferior para los propósitos de alarmas.

BACnet define un conjunto de veintitrés tipos de objetos estándar, que representan las funcionalidades típicas en un sistema de control de un edificio actual, tal como puede observarse en la siguiente figura.

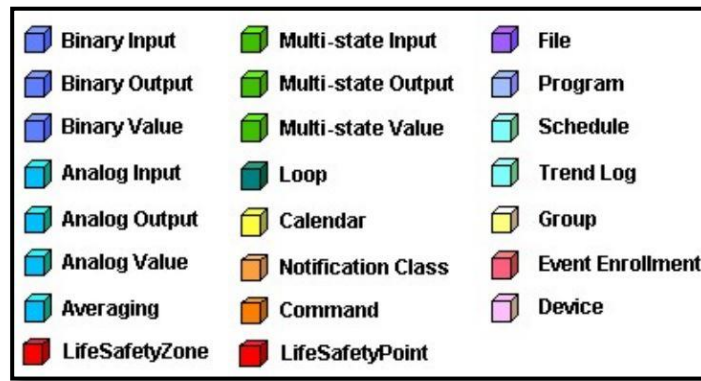


FIGURA 20.- Objetos estándar del protocolo BACnet. Fuente: [31] pág. 7

2.2.1.3 Dispositivo

Un dispositivo BACnet es una colección de objetos que representa las funciones realmente presente en un dispositivo real dado.

2.2.1.4 Servicios

Son peticiones formales que un dispositivo BACnet envía a otro dispositivo BACnet para pedir que haga algo. Una máquina cliente envía un mensaje de demanda de servicio a una máquina servidor, la que realiza el servicio e informa el resultado al cliente llevados a cabo por el servidor en nombre del cliente. [25] [27]

2.2.1.5 Transporte de red

En este punto está involucrada la capa de red BACnet, que se encarga de proveer el camino para interconectar las LANs existentes, puede ser de tres formas básicamente, BACnet Nativo, BACnet mediante *routers* y mediante *gateways*.

BACnet Nativo implica que los dispositivos sólo hablan y entienden BACnet indicado en la Figura 21. Los dispositivos pueden estar interconectados utilizando cualquiera de las tecnologías LAN aprobadas. [28]

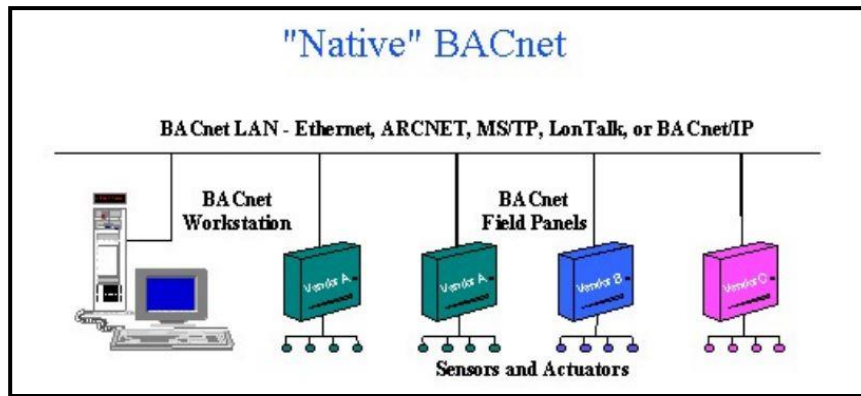


FIGURA 21.- BACnet Nativo. Fuente: [28] pág. 26

Un *router* BACnet se utiliza para unir múltiples tipos de red, tal como lo indica la Figura 22, es un dispositivo que une diferentes tipos de red (BACnet/IP to MS/TP) y pasa mensajes BACnet entre los tipos de red sin cambiar o perturbar el mensaje [27].

Los dos *routers* que se muestran en la Figura 22 implementan el protocolo de capa de red BACnet y permiten a los dispositivos en redes distintas comunicarse. Los mensajes entre el ARCNET y MS/TP pasan a través de ambos *routers* a través del segmento de Ethernet en el medio. [28]

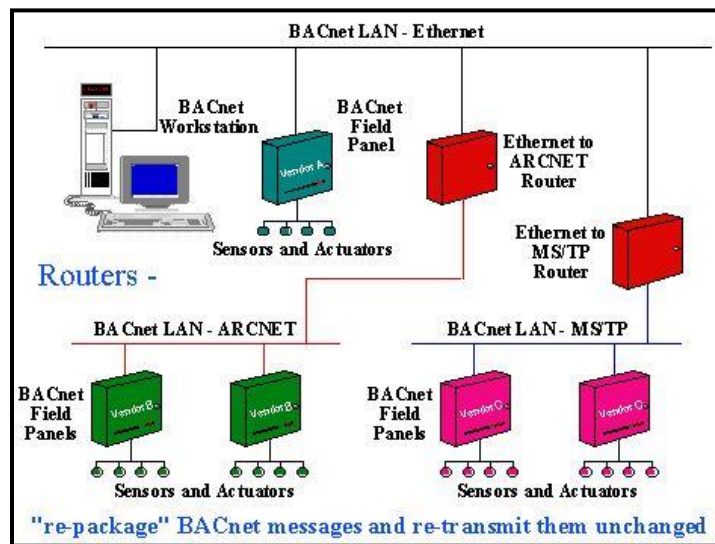


FIGURA 22.- BACnet mediante el uso de Routers. Fuente: [28] pág. 28

2.2.1.6 Tipos de red LANs BACnet

Los tipos de redes abarcan la capa física y la capa de enlace de datos del protocolo como se observó en la Figura 16. Esta combinación de capa física y enlace de datos es a menudo llamado la capa MAC (Medium Access Control).

2.2.1.6.1 BACnet/IP

Este tipo MAC es comúnmente utilizado con existencia de infraestructura Ethernet, redes VLAN y WAN. Los dispositivos se conectan directamente a los *switches* o *hubs* Ethernet, permite una velocidad de transmisión de 1Gbps. [27]

BACnet/IP utiliza UDP/IP para compatibilidad con la infraestructura IP existente. UDP es un subconjunto de TCP para redes locales que no requiere aperturas ni cierres de conexiones. [27]

2.2.1.6.2 BACnet MS/TP

BACnet MSTP utiliza RS485 como su capa física, permite una velocidad de transmisión de 78kbps [33]

MS/TP significa Maestro Esclavo/Token Passing. Cada dispositivo en el enlace es considerado el "maestro" cuando se tiene el "Token" o testigo. Si no tiene necesidad inmediata de utilizar el Token, se requiere pasar el testigo a lo largo del siguiente dispositivo. Todos los dispositivos en el enlace que en ese momento no tienen el Token son considerados esclavos, y esperan para escuchar los mensajes que el maestro pueda tener para ellos. [32]

2.2.1.6.3 BACnet ISO 8802-3 (Ethernet)

BACnet se puede utilizar directamente con redes Ethernet. Es comparable a BACnet/IP en términos de costo, permite una velocidad entre 10/100Mbps. [27]

2.2.1.6.4 BACnet sobre ARCNET

Tiene dos formas: 2.5Mbs coaxial, y 156kbs en EIA-485. La forma ARCNET tiene un modesto aumento en el rendimiento en comparación con MS/TP una ligera diferencia de costo. [27]

2.2.1.6.5 BACnet Point-to-Point

Este MAC sólo se utiliza a través redes de marcaje telefónico. El estilo directo de conexión EIA-232, permite velocidad de transmisión de 78kpbs. [27]

En resumen se muestra la siguiente tabla, identificando que función cumple cada capa del modelo BACnet.

Capas modelo BACnet	Función
Capa Física	<ul style="list-style-type: none">• Transportar el mensaje en la red
Capa de Enlace de datos	<ul style="list-style-type: none">• LANs (IP, MS/TP,ARCnet, etc.)
Capa de Red	<ul style="list-style-type: none">• Proveer el camino para interconectar LANs (<i>routers</i> y <i>gateways</i>)
Capa de Aplicación	<ul style="list-style-type: none">• Analizar modelo de información contenido en un dispositivo (objetos)• Analizar grupos de funciones y servicios usados para intercambiar información (servicios)

TABLA 15.- Resumen de las capa del modelo BACnet equivalentes al modelo OSI según su función.

2.2.2 Konnex (KNX)

La asociación Konnex nace como la iniciativa de tres organizaciones, que ya llevaban años en el mercado europeo de la gestión técnica de las instalaciones en viviendas y edificios: EHS (European Home System), BatiBUS y EIB (European Instalation Bus), las cuales se basan en sus diseños para crear un único estándar europeo que fuese capaz de competir en calidad, prestaciones y precios. [1]

En KNX el sistema es descentralizado, los dispositivos están compuestos por microprocesadores y memorias (EEPROM, ROM, RAM) que permiten configurar y definir

los parámetros de control dentro de cada uno de los dispositivos sin necesidad de una unidad central de control. [2] [35]

En una red KNX se pueden encontrar cinco tipos de componentes: fuentes de alimentación de la red, el bus, acopladores para interconectar diferentes segmentos de red, elementos actuadores y elementos sensores.

El bus es de un par de conductores, y este es el medio físico al que se conectan los componentes del sistema mencionados anteriormente, a través de éste por medio de las fuentes de alimentación se suministra a los componentes del sistema una tensión adecuada para su funcionamiento (24VDC). [35] [37]

El intercambio de información entre dos dispositivos se consigue mediante el envío de telegramas, este se compone de un paquete de datos estructurado que el emisor envía hacia un receptor que lo lee y ejecuta la acción que el emisor ordenó, el telegrama se envía a través del bus como una señal alterna superpuesta a la tensión de alimentación continua a una frecuencia de 9,6kHz. [36]

Los sensores son los elementos que se encargan de detectar los cambios en cualquier actividad (operación de un interruptor, variación de parámetros físicos, movimientos, etc.), mientras que los actuadores son los encargados de recibir las órdenes de los sensores y ejecutar la serie de acciones pertinentes, como se explicó en el capítulo anterior.

Si se acciona un interruptor, se envía un paquete de órdenes hacia el conductor bus, con una determinada dirección. Todos los actuadores, asociados al bus, reciben las órdenes, pero sólo se activará el que esté indicado en la dirección del mensaje. Si durante un tiempo prefijado el destinatario o los destinatarios de los telegramas u órdenes no responden con una confirmación, la emisión se vuelve a repetir hasta un máximo de 3 veces. En caso de fallo de nuevo, se señala el error en la memoria del transmisor. [35]

2.2.2.1 Topología

En este sistema la transmisión de las señales se hace a través de un bus al que están conectados todos los dispositivos. Esta forma de transmisión permite que todos los componentes de las instalaciones inmóticas estén intercomunicados entre sí; de esta forma, es posible que cualquier componente genere órdenes a cualquier otro. [39]

KNX define una red jerarquizada en la cual la unidad mínima es la línea. Una línea puede tener conectados un total de 64 dispositivos como máximo. Esto depende de la carga máxima soportada por la fuente de alimentación que debe situarse en cada línea. En una instalación se han de cumplir las siguientes condiciones:

- Se debe disponer como mínimo de una fuente de alimentación;
- La longitud total de la instalación no debe superar los 1000 metros;
- Entre un dispositivo y la fuente de alimentación no debe haber más de 350 metros;
- Entre los distintos elementos de la línea no pueden superarse los 700 metros;
- Cuando se requiera más de una fuente de alimentación , entre estas debe existir una separación mínima de 200 metros;

En la siguiente figura se muestran algunas de estas restricciones, siendo FA las fuentes de alimentación y DIS los dispositivos conectados al bus.

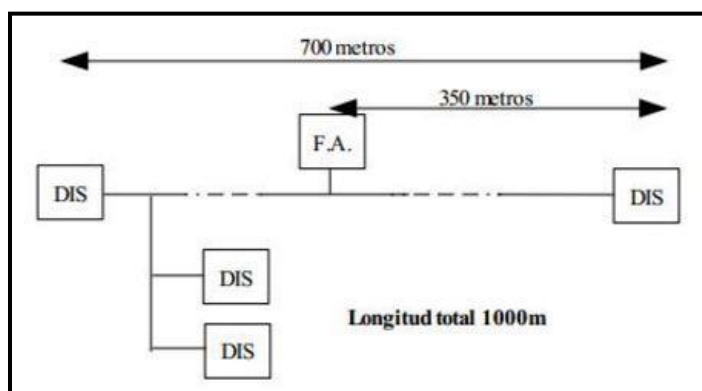


FIGURA 23.- Esquema de restricciones en una instalación KNX. Fuente: [39] pág. 3

En el sistema KNX la línea es la célula fundamental. Al unir varias líneas se obtiene un área. El área está formada por una línea principal desde la cual pueden salir hasta 15 líneas secundarias. Al tener un total de 64 dispositivos por línea, se tiene un total de 960 dispositivos por área. Las líneas secundarias se conectan a la principal a través de un elemento llamado acoplador de línea como puede observarse en la Figura 24. [39]

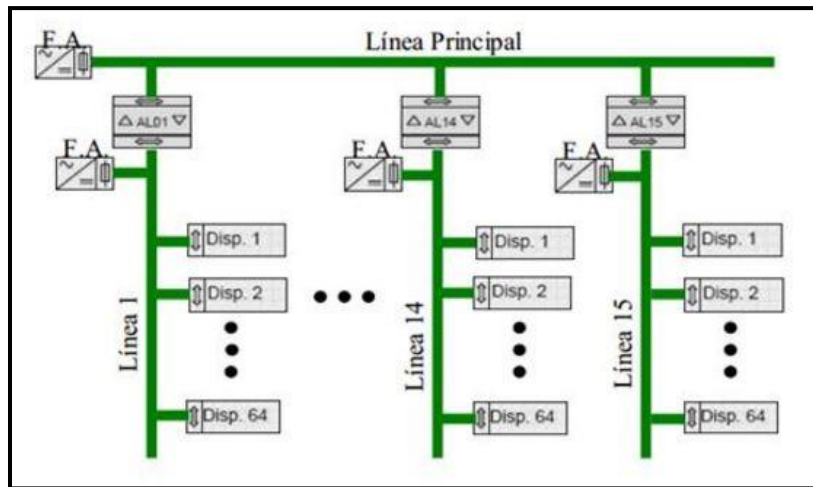


FIGURA 24.- Esquema de un área en la topología KNX. Fuente: [39] pág. 4

De la misma forma, se pueden unir hasta 15 áreas mediante una línea principal de áreas. Ésta se denomina “backbone”, de esta forma, el número máximo de dispositivos que se pueden gestionar es 14400. Cada área se conecta al “backbone” a través de acopladores de área. En la siguiente figura, podemos ver un esquema total de un sistema KNX. [36]

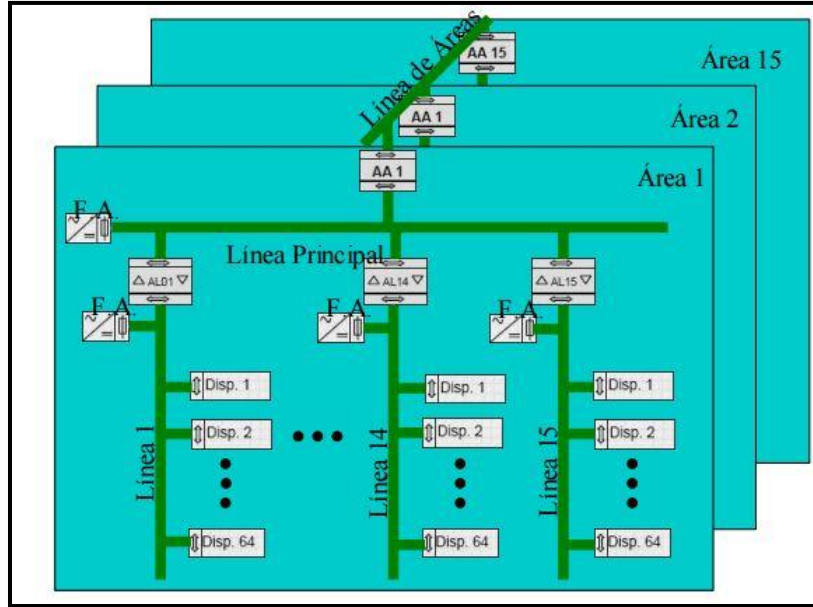


FIGURA 25.- Topología del sistema KNX. Fuente: [39] pág. 4

Según se ha mencionado, el dispositivo acoplador puede utilizarse de las siguientes formas:

- Acoplador de línea: En esta situación se encargará de unir la línea de zonas (a la que se enganchan los dispositivos 1-64) con la línea principal de cada área;
- Acoplador de Áreas: En esta situación se encargará de unir las líneas principales de cada área con la línea de áreas; [36]

Tanto la línea de áreas como las líneas principales de cada área pueden tener conectados dispositivos. Los acopladores de línea y área sólo dejan pasar telegramas relacionados con los componentes que les pertenezcan. Esto es así, porque en la configuración de los parámetros del sistema cada acoplador recibe una tabla de filtros. De esta manera, todos los telegramas que se reciban son ignorados si la dirección a la que están dirigidos no se encuentra en la tabla. Así, se consigue que cada línea trabaje independientemente y, además, al dejar pasar solamente los telegramas dirigidos a los dispositivos que en ella se encuentran, se evita la sobrecarga del bus. [39]

2.2.2.2 Características de la transmisión

Cuando se produce un evento, el dispositivo envía un telegrama. Si el bus no está ocupado, los elementos a los cuales va dirigida la información envían un acuse de recibo. Si la información llega de forma incorrecta, se reenvía el telegrama. Este proceso se repetirá hasta un máximo de tres veces. [39]

La información se transmite de forma simétrica en el bus, es decir como una diferencia de potencial entre los dos hilos y no referida a tierra como se puede observar en la Figura 26. De este modo las interferencias o ruido, al afectar a ambos hilos por igual no influye en modo alguno en la transmisión de la información. [43]

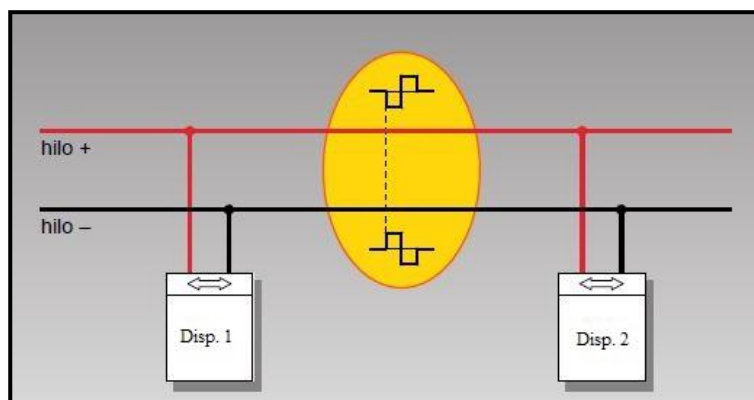


FIGURA 26.- Transmisión de señal en el bus. Fuente: [43] pág. 11.

La velocidad de transferencia máxima del bus es de 9600 bps. Si el bus está ocupado enviando un telegrama y sucede un evento, el dispositivo encargado de detectarlo debe esperar a que el bus se despeje. Para optimizar el uso del bus, los acopladores pueden bloquear los telegramas que vayan dirigidos a una línea/área para que no se propaguen por el resto del sistema y, así, disminuir el número de mensajes [39]

2.2.2.2.1 Método de acceso al medio

El método de acceso al medio empleado en KNX es de tipo CSMA/CA para el bus, el mecanismo de resolución de colisiones es el siguiente:

- El dispositivo comprueba el bus, y si está libre comienza la transmisión;

- Durante el envío cada dispositivo “escucha” los datos presentes en el bus, comparándolos en todo momento con los que ha transmitido;
- Si no se producen colisiones, el envío se completa sin contratiempos;
- Si, por el contrario, se produce una colisión con los datos enviados por otro equipo, el arbitraje se resuelve por prioridad de los bits dominantes sobre los recesivos. Según el protocolo, los bits dominantes son los que tienen mayor cantidad de ceros, por lo tanto, tendrán prioridad aquellas tramas que presente un mayor número de ceros. [38]

En la siguiente imagen se puede observar cómo se gestiona una colisión:

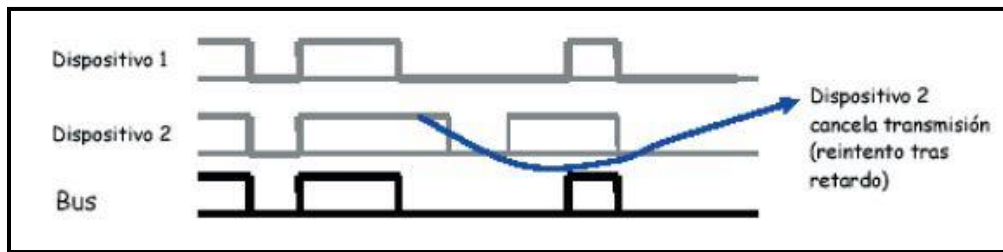


FIGURA 27.- Resolución de colisiones CSMA/CA. Fuente: [38] pág. 40

2.2.2.2.2 *Formato de los telegramas*

El envío de un mensaje o telegrama en un sistema KNX se realiza cuando se produce un evento, por ejemplo, la activación de un pulsador o la detección de presencia; este mensaje contiene toda la información específica sobre el evento que se ha producido. El dispositivo emisor comprueba la disponibilidad del bus durante un tiempo t_1 y envía el telegrama, como se observa en la Figura 28. Si no hay colisiones, a la finalización de la transmisión espera un intervalo de tiempo t_2 para la recepción del reconocimiento (Acknowledgment). Si la recepción es incorrecta, no se recibe reconocimiento, o se recibe un no reconocimiento. [38]

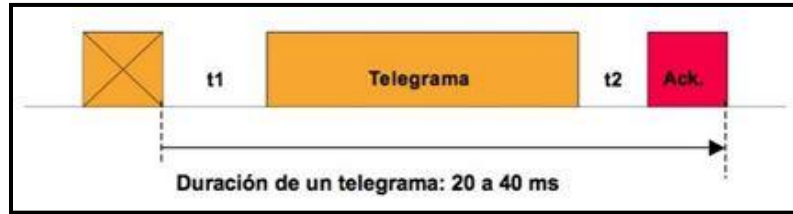


FIGURA 28.- Secuencia de envío de telegrama ante la activación de un evento. Fuente: [35] pág. 37

La velocidad de transmisión del telegrama es de 9,6 kbps. Esto significa que cada bit ocupa el bus durante 1/9600s o lo que es lo mismo 104µs. El telegrama puede ocupar el bus entre 20-40ms teniendo en cuenta los tiempos t_1 y t_2 (tiempos libres del bus). [40]

El telegrama tiene siete campos, seis de control para conseguir una transmisión fiable y un campo de datos útiles con el comando a ejecutar. En la Figura 29 se muestra el formato de la trama y el tamaño de cada uno de estos campos:

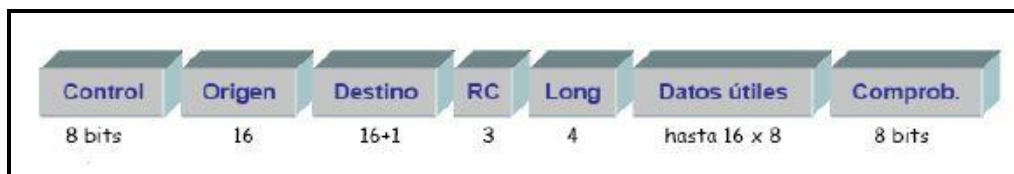


FIGURA 29.- Formato de una trama KNX. Fuente: [39] pág. 9

- Control: Este campo de 8 bits incluye la prioridad que dicho telegrama tiene al ser enviado según el tipo de función (alarma, servicios del sistema o servicios habituales);
- Dirección de origen: El dispositivo que retransmite la trama envía su dirección física (4 bits con el área, 4 bits de identificador de línea y 8 bits de identificador de dispositivo), de modo que se conozca el emisor del telegrama;
- Dirección de destino: La dirección de destino puede ser de dos formas dependiendo del valor que tome el bit de mayor peso de este campo. Así, si este vale “0” entonces esta dirección será una dirección física, e identificará a un único dispositivo, mientras que si el valor del bit más significativo es “1”, será una dirección de grupo y el telegrama podrá ir dirigido a uno o varios dispositivos;

- Longitud e información útil: Contiene los datos necesarios para la ejecución de órdenes y transmisión de valores. En los cuatro bits de longitud se indica cuantos bytes contiene el campo de datos (0 = 1 byte, 15 = 16 bytes);
- Campo de comprobación: Es un byte que permite comprobar si el telegrama recibido es correcto. En caso de ser correcto se enviará un ACK, de lo contrario un NAK (No Acknowledgment); en este último caso, se volverá a enviar el telegrama hasta 3 veces. [38] [39]

2.2.2.3 Direccionamiento

En el sistema KNX existen dos tipos de direcciones: direcciones físicas y direcciones de grupo.

2.2.2.3.1 *Dirección física*

Las direcciones físicas identifican unívocamente cada dispositivo y corresponden con su localización en la topología global del sistema. Está compuesta por 16 bits distribuidos en tres campos:

- Bits de Área (4 bits): Identifican a una de las 15 posibles áreas. Si el valor de esos 4 bits es 0, el elemento estará conectado a la línea de áreas del sistema;
- Bits de Línea (4 bits): Identifican a una de las líneas que se conectan a las líneas principales de cada área. Si estos bits tienen el valor cero, identificarán a un elemento de la línea principal de cada área;
- Bits de Dispositivos (8 bits): Identifican a cada uno de los dispositivos conectados a las diferentes líneas. Si la dirección que representa el dispositivo es igual a cero, éste se corresponderá con un acoplador, de área o de línea;

Como se puede observar en un ejemplo de la Figura 30, en la línea de áreas se conectan hasta 15 acopladores de área, cuyas direcciones van desde 1.0.0 hasta 15.0.0. [38]

Cada área tiene una línea principal, con su fuente de alimentación, a la que se conectan los acopladores de línea, con direcciones X.1.0 a X.15.0, y a cada línea secundaria conectada a un acoplador de línea, pueden conectarse hasta 64 dispositivos. [38]

Para la interconexión de diferentes líneas y diferentes áreas se emplea la unidad de acoplamiento. Este elemento es el mismo para los diferentes tipos de conexión, y dependiendo de la dirección física que se le asigne, actuará como acoplador de línea, acoplador de área, o incluso repetidor dentro de una misma línea. [38]

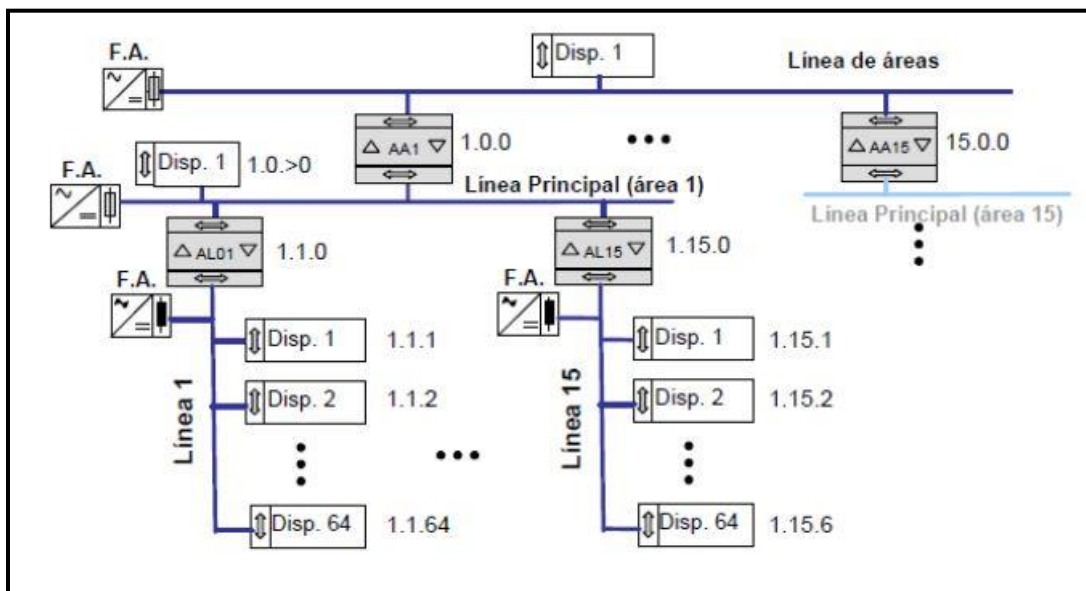


FIGURA 30.- Esquema de direcciones físicas KNX. Fuente: [38] pág. 38

En el caso del acoplador de línea o de área, la unidad de acoplamiento actúa como enrutador, y mantiene una tabla interna de direcciones de las subredes que conecta, para aislar el tráfico entre ellas. [38]

2.2.2.3.2 *Dirección de grupo*

La dirección de grupo no está orientada a la topología del bus, sino que se encarga de definir funciones específicas del sistema y de establecer relaciones entre los equipos. Así, por ejemplo, cuando un sensor de iluminación transmite una señal a una dirección de grupo, indicará cuáles dispositivos actuadores se activarán. Estos podrán ser: un único

actuador de iluminación, varios, o incluso un actuador de iluminación y a la vez un actuador para persianas. [39]

Se pueden utilizar dos tipos de direccionamiento de grupo como puede observarse en la Figura 31: de dos y de tres niveles, dependiendo de las necesidades en la jerarquización de las funciones del sistema. [38]

En el direccionamiento a dos niveles, el campo de dirección de grupo, que constará de 15 bits, se dividirá en dos partes. La primera representará al grupo principal y constará de un total de 4 bits. En cuanto a la segunda parte, denominada de subgrupo, constará de un total de 11 bits. [39]

En el direccionamiento a tres niveles, se dividen los 15 bits que representan la dirección de grupo en tres partes: un grupo principal de 4 bits, un grupo medio de 3 bits y 8 bits para indicar el subgrupo. [39]

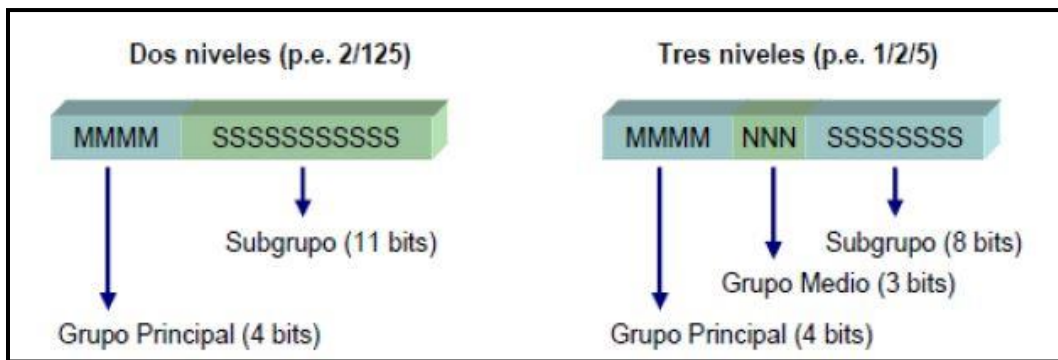


FIGURA 31.- Direcciones de grupo en dos y tres niveles. Fuente: [38] pág. 39

En la configuración de una instalación KNX, la asignación de direcciones de grupo es necesaria para asegurar su correcto funcionamiento. Las direcciones de grupo, que asocian sensores con actuadores, se pueden asignar a cualquier dispositivo en cualquier línea (son independientes de las direcciones físicas), con las siguientes condiciones:

- Los sensores sólo se les puede asociar una dirección de grupo;

- Varios actuadores pueden tener la misma dirección de grupo, es decir, responden a un mismo mensaje o telegrama, asociados a varios sensores simultáneamente.

El funcionamiento será el siguiente: el emisor envía un telegrama al bus. Este telegrama llega a todos los dispositivos, los cuales leen el campo de dirección de grupo y sólo los que posean dicha dirección responden. [39]

2.3 APLICACIONES Y EQUIPOS EN EDIFICIOS INTELIGENTES

En esta sección se describen las aplicaciones más utilizadas en edificios inteligentes, los equipos necesarios para dichas aplicaciones además de la representación esquemática de la arquitectura de un sistema inmótico para el control de iluminación, ventanas y climatización para un piso de oficinas de un edificio administrativo en base al estándar KNX, el cual ha sido elegido para el diseño del proyecto. Por medio de la investigación correspondiente a este trabajo, donde se indagaron los protocolos más utilizados hoy en día, se considera este protocolo de mejores prestaciones en cuanto a la documentación técnica que posee, se puede digerir más fácilmente que su contraparte BACnet y existe mucha más documentación y proyectos realizados anteriormente con este protocolo, por esta razón se consideró profundizar más en este protocolo para así utilizarse posteriormente en el diseño.

2.3.1 Aplicaciones típicas

Mediante el protocolo KNX se puede construir un sistema a la medida, estableciendo elementos básicos de alimentación y conexión, programando las prioridades y necesidades que se requieren dentro del sistema de control. Existen muchas aplicaciones dentro de una amplia gama de posibilidades que se pueden crear, las cuales en conjunto hacen que una edificación sea inteligente. De manera general, la inmótica racionaliza los consumos, incrementa la seguridad y aumenta la comodidad de una edificación. A continuación se mencionan algunas de esas aplicaciones.

2.3.1.1 Iluminación

El objetivo es conseguir que las luces del inmueble estén encendidas mientras se estén utilizando y no más del tiempo que sea necesario además de poder graduar el nivel de luminosidad en cada área de permanencia; para ello, se debe dotar al inmueble de un control total sobre todos los encendidos, e incluir detectores de movimiento y sensores de luminosidad. En base a lo indicado se puede decir que los beneficios en lo que respecta al control de la iluminación son los siguientes:

- Las luces podrán encenderse solas cuando el área no esté suficientemente iluminada de manera natural;
- Las luces se encenderán cuando detecte presencia y se apagarán en cuanto desaparezca la presencia o al cabo de un tiempo que se defina, luego del último movimiento;
- Regular la intensidad de las luminarias, para mantener el nivel de luminosidad necesario;
- Permitir distintos apagados centralizados por plantas o zonas;
- Encenderse de forma manual.

Por tanto, cada una de las áreas en las cuales los ocupantes no pasan la mayor parte del tiempo serán gobernadas por un actuador - interruptor, y aquellas áreas de permanencia en las cuales los ocupantes del inmueble pasarán la mayor parte de su tiempo, serán gobernadas por actuadores - interruptores- reguladores, que permitirán al usuario regular la intensidad de la luz a su gusto, de modo que, dependiendo de la actividad que realicen en cada momento, puedan adecuar la luz acorde a la acción a desempeñar.

2.3.1.2 Ventanas y persianas

Las ventanas y persianas se integrarán de una manera eficaz en una instalación inmótica. Los sistemas actuarán sobre las persianas dependiendo, por ejemplo, de la intensidad solar o de la temperatura ambiente. De esta manera, se puede evitar un innecesario uso de la climatización y de la iluminación. El control se puede efectuar de

manera centralizada sobre todos los grupos de persianas, o también se puede actuar sobre cada persiana de forma local.

La intensidad de la luz solar se mide por medio de un sensor externo, conectado a una estación meteorológica. De esta forma, mediante el telegrama que se genera con esta variable, se activa en el actuador de persiana una posición forzada que permitirá variar la altura de las persianas en función de lo requerido.

El control de ventanas y persianas también puede depender de la velocidad del viento, mediante un sensor de la velocidad del viento (anemómetro). Si la velocidad del viento es muy alta, las persianas deberán subir como medida de seguridad. Igualmente sucede en el caso de que las condiciones meteorológicas sean de lluvia. En este caso, será el sensor de lluvia el que detecte la misma (utilizando una estación meteorológica), y enviará un telegrama al actuador correspondiente para que recoja las persianas.

2.3.1.3 Climatización

El objetivo de esta aplicación es evitar las grandes oscilaciones de temperatura, normales en los sistemas tradicionales de climatización, mediante un control inteligente que mantiene una temperatura uniforme, para así obtener un mínimo consumo energético del inmueble por este concepto y a la vez asegurar un máximo nivel de confort de sus ocupantes.

Con un control de la climatización, el ahorro de energía es evidente y se traduce en un significativo ahorro de dinero. Se genera gran ahorro en la reducción automática de la climatización si se detectan ventanas abiertas.

KNX puede proporcionar un control individual del aire acondicionado de cada área de permanencia mediante el establecimiento de perfiles individuales de temperatura. El usuario puede establecer sus temperaturas preferidas en cualquier momento mediante un termostato con pantalla donde se mostrará el valor actual de temperatura del área de permanencia.

El sistema puede actuar de la siguiente forma:

- Una mayor temperatura cuando un área específica este desocupada momentáneamente, que descienda cuando se incorporen personas (que aportan calor);
- Apagar el sistema de aire acondicionado por completo cuando el inmueble esté vacío.

Las diferentes aplicaciones, como el control de persianas, iluminación, etc., pueden asimismo comunicarse unos con otros, de forma que los sensores puedan usarse para más de un propósito, intercambiando así información relevante sobre el estado de los sistemas.

2.3.1.4 Seguridad

El objetivo de esta aplicación es brindar seguridad técnica y seguridad de intrusión, las cuales se unen para lograr brindar soluciones realmente poderosas que permiten garantizar la seguridad a lo largo de la vida útil de la instalación

Cuando se hace referencia a seguridad técnica, se consideran todos los servicios que se pueden integrar en una instalación a fin de identificar, prevenir, solventar o informar las averías que ocurren en las instalaciones de la construcción, tales como fugas de agua, fugas de gas, existencia de humo o fuego, cortes de energía, sobre corriente y sobretensión, todo ello a fin de evitar cuantiosos daños sobre la infraestructura y/o mobiliarios. Por otro lado la seguridad de intrusión abarca una serie de servicios integrados en la misma red a fin de identificar, evitar, persuadir e informar intrusión o actos vandálicos. En base a lo indicado se puede decir que los beneficios en lo que respecta a seguridad son los siguientes:

- Detección de fugas de agua y/o gas en áreas de riesgo;
- Detección de humo y/o fuego en las distintas estancias;
- Corte automático de suministros en dependencia de las alarmas que sean configuradas;

- Activación de alarmas sonoras y visuales en cuartos de seguridad o de administración;
- Detección de sobre tensión y sobre corriente en los circuitos de alimentación monitoreados;
- Detección de cambios en la presión de las tuberías de agua sanitaria y en las tuberías de suministro de agua fría;
- Fallas en el funcionamiento de las bombas usadas para el suministro de aguas de consumo y para el desagüe de las aguas residuales;
- Identificación de fuertes ráfagas de vientos y lluvia;
- Identificación de rotura de cristales, movimientos de intrusos, estado de puertas y estado de ventanas;
- Controles de accesos;
- Integración de sistemas de CCTV;
- Colocación de botones de pánico;
- Control de rondas de personal de seguridad.

2.3.1.5 **Comunicación**

Con una red KNX se logra proporcionar el hablar con la instalación, recibiendo de ella información importante como tales como alertas, alarmas y notificaciones que nos indiquen acciones realizadas automáticamente o acciones que deben ser realizadas por actores externos a la red como personal de mantenimiento o personal de seguridad, todo ello a fin de facilitar la operación y mantenimiento de una construcción dada. Por otro lado la comunicación también puede ser desde el exterior hacia la instalación, usando para ello cualquier medio de comunicación SMS, llamadas telefónicas, redes de comunicación interna y conexión a internet usando Smartphone, Tablet, PC, Smartv, entre otros dispositivos de navegación en la red IP. En base a lo indicado se puede decir que los beneficios en lo que respecta a la comunicación son los siguientes:

- Informar eventos vandálicos tales como intrusión o sabotaje en infraestructura supervisada;
- Alertar por fallas técnicas en la instalación;

- Notificar necesidad de realizar mantenimientos preventivos en elementos controlados;
- Alarmas por actos consumos energéticos;
- Notificar estados de las distintas áreas, equipos o elementos controlados;
- Gestión general de la instalación de manera remota por medio de llamada telefónica, SMS, internet;

2.3.1.6 Confort

El confort en este tipo de sistemas, brinda el poder de tener controladas las distintas subredes que hacen vida dentro de una instalación, ya que en todo momento se le garantiza al usuario las condiciones deseadas para cada una de las estancias, todo gracias a la integración de iluminación, climatización, seguridad, comunicación, entre otros. En base a lo indicado se puede decir que los principales beneficios en lo que respecta al confort son los siguientes:

- Garantizar la temperatura de consigna idónea para brindar un ambiente ameno en cada uno de las áreas de un proyecto constructivo;
- Garantizar la renovación del aire recomendada para cada espacio;
- Garantizar la intensidad de la iluminación deseada;
- Evitar la acumulación de dióxido y monóxido de carbono;
- Realizar encendidos automáticos a medida que circula por las distintas estancias;
- Permitir el ingreso de luz natural en base a las condiciones deseadas.

2.3.1.7 Gestión de cargas

El principal objetivo de la gestión de cargas es el ahorro de energía y de los recursos proporcionados por las compañías eléctricas en los sectores industrial, comercial y privado, tanto por razones de seguridad y de costos como medioambientales. En base a lo indicado se puede decir que los beneficios en lo que respecta a la gestión de cargas son los siguientes:

- Desconexión oportuna de ciertas cargas en un determinado momento, de forma que no perjudique en modo alguno al usuario;
- Evitar el derroche de la energía eléctrica y termina por mal uso de la iluminación y la climatización;
- Ajustar la cantidad de potencia que debe consumir una luminaria en un área específica en dependencia de las necesidades de los usuarios;
- Establecer límites de la temperatura de consigna en base a las condiciones climáticas donde se encuentre la instalación;
- Identificar los consumos energéticos en cada una de las áreas y/o equipos que hacen vida en la instalación;
- Identificar defectos en el comportamiento de la señal en los circuitos bajo supervisión;
- Relacionar la energía que es suministrada a toda una instalación y como es consumida en la misma;
- Medir la cantidad de energía renovable que se produce.

2.3.1.8 Monitorización, registro y operación.

Independientemente del funcionamiento descentralizado del sistema, para conseguir una correcta gestión y monitorización de la totalidad de la instalación, se requiere un sistema capaz de centralizar la información procedente de los dispositivos de campo para su correcta interpretación y posterior actuación. Para cualquier edificación, a menudo es necesario grabar e informar sobre los estados de los distintos sistemas. Esto se refiere tanto al interior como al exterior del edificio. Los datos que se pueden registrar incluyen:

- Mensajes de funcionamiento (estados de operación);
- Errores técnicos y alarmas;
- Datos de vigilancia relativos al exterior del edificio;
- Datos de vigilancia de personas (detección de movimiento).

2.3.2 Equipos necesarios para la instalación de un sistema inmótico KNX

El sistema KNX consta de varios elementos o dispositivos que se deben incluir en una instalación de este tipo para su correcto funcionamiento. Estos dependerán de las necesidades que se tengan en la edificación y las restricciones físicas.

2.3.2.1 Fuente de alimentación

Dispositivo encargado de alimentar todos los componentes conectados a una línea KNX, en donde se puede permitir un máximo de dos fuentes por línea como ya se ha mencionado anteriormente, cuando un componente de bus está situado a más de 350m o cuando al final de una línea existe una gran concentración de dispositivos, siendo la distancia mínima entre las fuentes 200m. Las fuentes de alimentación tienen reguladores de tensión y de corriente, y por ende son resistentes a cortocircuitos. Tensión de entrada 120VAC, tensión de salida 24VDC, corriente nominal de salida 320mA, máxima corriente de salida 500mA.

El siguiente diagrama muestra como es el esquema de conexión de una fuente de alimentación.

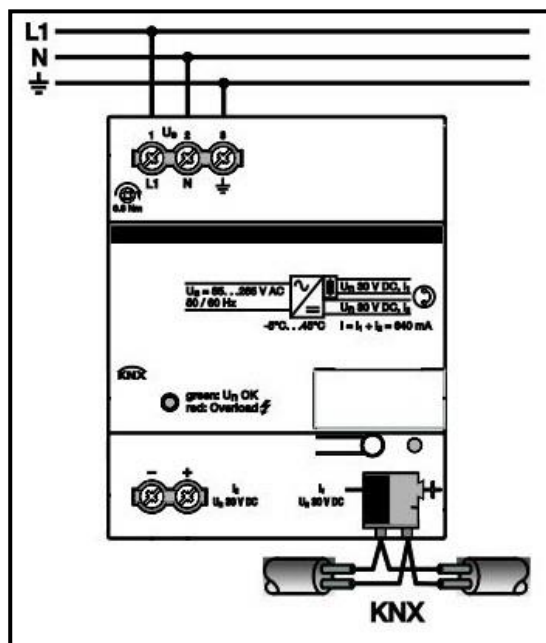


FIGURA 32.- Esquema de conexión fuente de alimentación. Fuente: [44] pág. 9

Como se observa en la Figura 33, las fuentes se ubican en cada línea, es decir, en la línea de área para alimentar todos los acopladores de área, en la línea principal de cada área para alimentar a todos los acopladores de líneas y en cada línea secundaria de su respectiva área, para alimentar a todos los elementos de la línea.

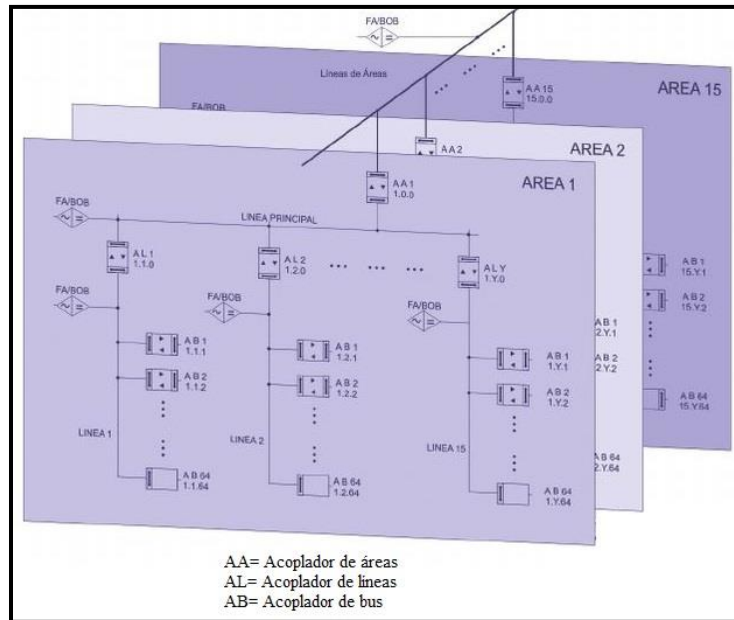


FIGURA 33.- Esquema de un sistema KNX. Fuente: [2] pág. 33

2.3.2.2 Acoplador

Como se puede apreciar en la figura anterior, el acoplador permite la interconexión entre las diferentes líneas y áreas, es decir, actúa como un acoplador de línea, o de área. Es el dispositivo encargado de permitir o impedir el paso del telegrama a cada una de las áreas o líneas respectivamente ya que funciona como un enrutador.

El siguiente diagrama muestra cómo es el esquema de conexión de un acoplador.

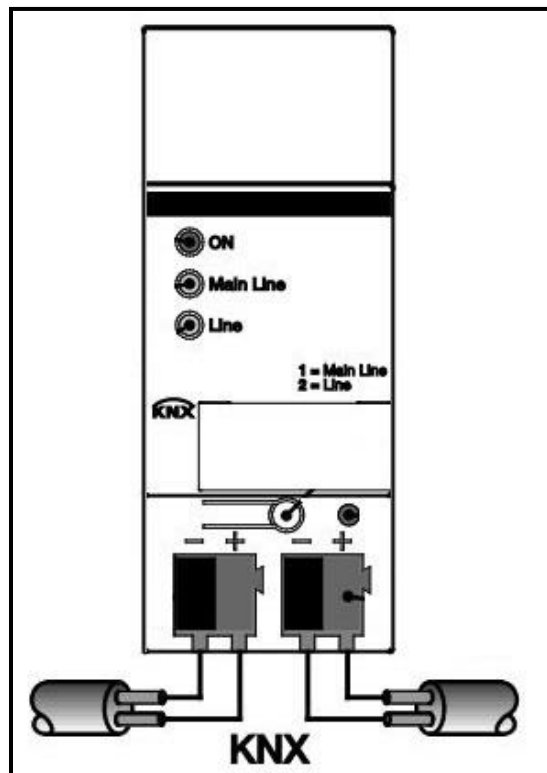


FIGURA 34.- Esquema de conexión de un acoplador. Fuente: [45] pág. 12

Los acopladores vigilan la comunicación de datos entre la línea principal y la línea secundaria (y viceversa) de cada área, y administran los telegramas recibidos. Ellos mismos envían la confirmación o acuse de recibo como si tratase del dispositivo receptor final.

En el momento de programar los acopladores de línea/área con sus parámetros, se definen las denominadas “tablas de filtros”, que como su nombre lo indica filtran todos los telegramas de grupo que se reciben; por ello se dice que el acoplador se comporta como una “función puerta”, de esta manera, cada línea o área trabajará de forma independiente, ya que todos los telegramas con dirección de grupo recibidos serán filtrados y sólo se reenviarán los telegramas de cruce de líneas y de cruce de áreas, o sea, solo se dejarán pasar los telegramas cuyas direcciones de grupo se almacenen en su tabla de filtros. [2]

2.3.2.3 Acoplador de bus

Es la parte inteligente del sistema, encargada de codificar o decodificar los telegramas enviados por elementos del sistema. Es el componente que materializa la

conexión entre el bus y la electrónica interna del elemento. Dependiendo del tipo de componente KNX, el acoplador de bus puede venir incluido dentro de la misma carcasa o fuera, para que pueda ser conectado externamente.

El siguiente diagrama muestra como es el esquema de conexión de un acoplador de bus.

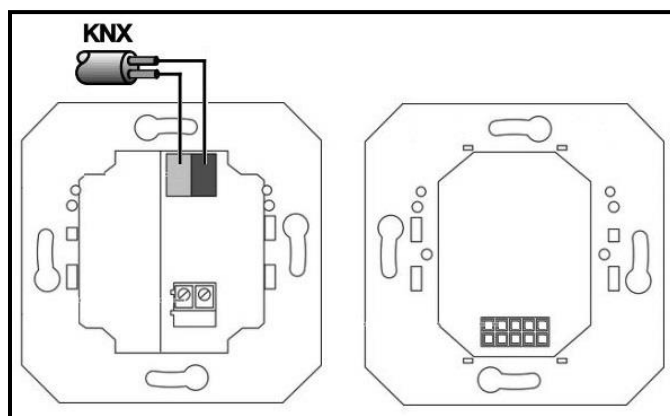


FIGURA 35.- Esquema de conexión de un acoplador de bus (vista posterior y frontal).

2.3.2.4 Software

El software utilizado es ETS; sus siglas significan Engineering Tool Software (Herramienta de Software de Ingeniería), y se trata de una herramienta independiente de cualquier fabricante que sirve para diseñar y configurar instalaciones inteligentes para el control de viviendas y edificios basadas en KNX. Este software funciona en ordenadores con sistema operativo Windows.

2.3.2.5 Interfaz USB y Serie RS232

Debido a que el sistema es distribuido, cada dispositivo tiene su controlador; el sistema debe programarse desde un ordenador, mediante ETS. Estas interfaces son unos dispositivos que hacen posible la comunicación entre un ordenador y la instalación KNX. Se utilizan para poder parametrizar, direccionar o diagnosticar cualquier dispositivo en el bus. La interfaz puede ser USB o de terminal serial RS232.

Los siguientes diagramas muestran cómo es el esquema de conexión de una interfaz USB y una interfaz RS232 respectivamente.

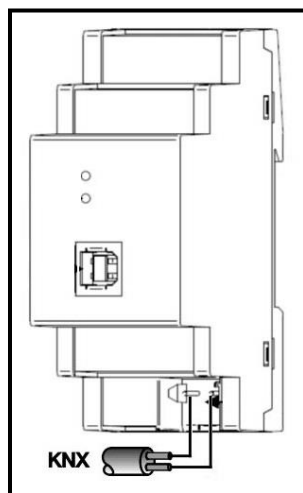


FIGURA 36.- Esquema de conexión de una Interfaz USB. Fuente: [47] pág. 5

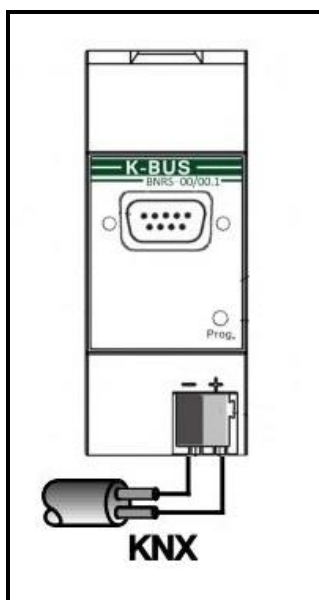


FIGURA 37.- Esquema de conexión de una Interfaz RS232. Fuente: [46]

Por lo tanto, como se observa en la siguiente figura, al tener un producto bus e introducirlo a un acoplador de bus y programar a este mediante ETS (a través de una interfaz ya sea USB o RS232) se obtendrá un sensor o un actuador según sea el caso.

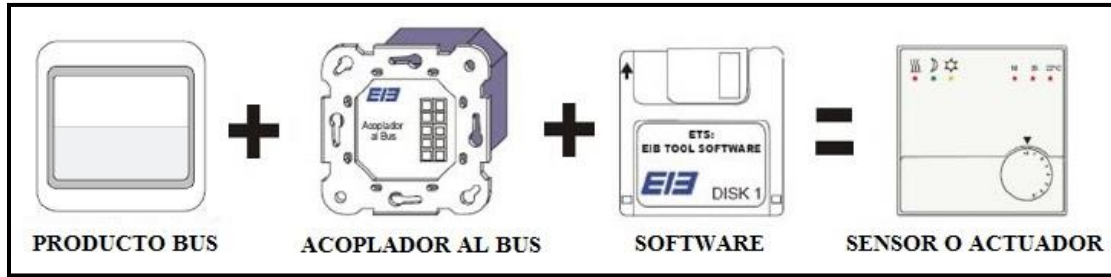


FIGURA 38.- Representación ilustrativa de la composición de un sensor o un actuador.

2.3.2.6 Cable bus

El cable bus utilizado en KNX es de par trenzado doble de 0,8mm de diámetro con doble apantallamiento, uno de plástico y otro metálico; además de incluir un hilo metálico que es usado como guía, tal y como se observa en la Figura 40. Este tipo de cable bus permite su integración junto a la red eléctrica, ya que el apantallamiento metálico anula las posibles interferencias que se puedan suscitar.

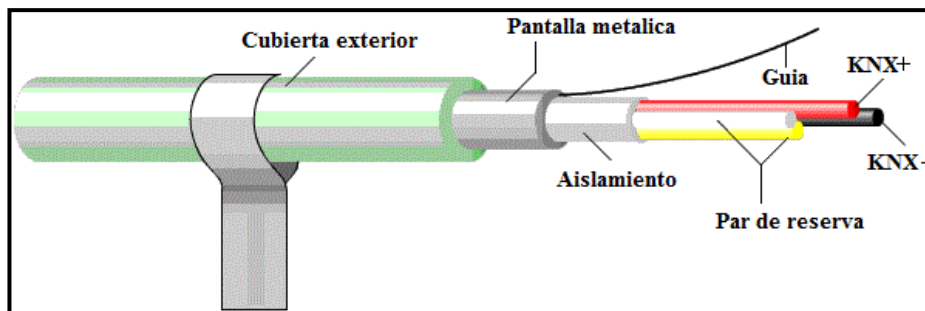


FIGURA 39.- Partes de un cable bus para instalaciones inmóviles

2.3.2.7 Sensores

Los sensores son los encargados de registrar la información y transmitirla al bus en forma de datos. Estos son, por ejemplo, pulsadores, termostatos, detectores de presencia, etc. y se seleccionan dependiendo de la acción requerida en la instalación.

Los sensores KNX mayormente utilizados son los que se listan a continuación.

2.3.2.7.1 Pulsadores

Elemento que hace las veces de interfaz entre el usuario y el sistema, y su multifuncionalidad permite controlar varios sistemas con una sola tecla; además, cada una de estas se puede configurar como: conexión, conmutación, regulación, persianas, etc. Es decir, podemos encender, apagar y regular cualquier tipo de circuito de iluminación; subir, bajar y parar cualquier elemento motorizado: persiana, cortina, puertas; encender, apagar y controlar el sistema de climatización, etc.

2.3.2.7.2 Termostatos

Sensor electrónico para medir y controlar la temperatura ambiente, se usa para predeterminar la temperatura de una estancia. Compara la temperatura medida con la temperatura programada y al verificar estas temperaturas decide la forma de operar, por medio del bus KNX.

El termostato se puede usar para regular la calefacción y el aire acondicionado mediante accionamientos KNX, controlando los actuadores o por medio de interfaces de aire acondicionado.

2.3.2.7.3 Detectores

Equipos capaces de detectar fenómenos físicos y arrojar una acción hacia el bus KNX. Sirven para el control de sistemas de iluminación, climatización, etc.=Existen dos tipos:

- **Detectores de movimiento:** Cuando se detecte un movimiento se actúa o no en función de la luminosidad existente. Este umbral de luminosidad se puede configurar a través de los parámetros del dispositivo;
- **Detector de presencia en interiores:** Tecnología de detección por infrarrojos=con rangos de detección de hasta 8 metros de radio siguiendo las pautas de montaje especificadas. Sensor de luminosidad integrado desde 10 hasta 2000 lux. Cada bloque permite ser configurado como detector de presencia, es decir, evaluando constantemente la luminosidad, o bien como detector de movimiento, evaluando la luminosidad solo en el momento de una detección.

2.3.2.7.4 Sensores meteorológicos

Sensores utilizados para la obtención y procesamiento de datos provenientes de estaciones meteorológicas.

Recoge datos de tiempo, los analiza y envía al bus. Normalmente está equipado con sensor de viento (valor en km/h o m/s), lluvia, luminosidad y temperatura.

2.3.2.7.5 Módulo de Entradas

Las entradas son módulos que se utilizan para interconectar elementos convencionales como sensores de temperatura, luminosidad, pulsadores, etc., con el bus KNX, pueden ser de tipo binarias o analógicas.

- **Entradas binarias:** sirven como interfaz para el funcionamiento de sistemas KNX a través de pulsadores, interruptores o sensores binarios (contactos magnéticos de ventanas, anemómetros, etc.) para así procesar señales binarias y enviar información sobre el bus en función de los eventos en la entrada.
- **Entradas analógicas:** sirven como interfaz para el funcionamiento de sistemas KNX para registrar, convertir y procesar diversas señales analógicas de sensores (temperatura, luminosidad, etc.) con el fin de convertir a valores KNX y enviar información sobre el bus en función de los eventos en la entrada.

2.3.2.8 **Actuadores**

Los actuadores KNX son los encargados de ejecutar órdenes en el sistema, ya sea una conmutación de una luz, bajar una persiana o activar la climatización. Estos se seleccionan dependiendo de la acción requerida.

Los actuadores KNX mayormente utilizados son los que se listan a continuación.

2.3.2.8.1 Actuador binario

El actuador binario o salida binaria convierte los datos recibidos a través de telegramas KNX en señales para la conmutación de cargas eléctricas.

2.3.2.8.2 Actuador de regulación

El actuador de regulación convierte los datos recibidos a través de telegramas KNX en señales que conmutarán y regularán las cargas conectadas a este. Estos equipos permiten, por ejemplo, regular la iluminación de las luces.

2.3.2.8.3 Actuador analógico

El actuador analógico o salida analógica convierte los datos de medida recibidos a través de telegramas KNX en señales de salidas analógicas de tensión o corriente. Estos equipos permiten por ejemplo a las unidades de calefacción, de ventilación o de aire acondicionado, adaptar sus valores de salida a la información recibida del bus y de esta manera realizar el proceso de control.

2.3.2.8.4 Actuador de persianas

El actuador de persianas recibe los telegramas de sensores o de otros equipos de control, a través de la red KNX y en función de esta información acciona sus salidas para el control de cargas de persianas. Conmuta, con sus contactos de relés independientes entre sí, ventanas, persianas, toldos, u otros tipos similares de elementos de protección solar que se accionan eléctricamente con tensiones de 120 VAC o 12-48 VDC

2.3.2.9 **Pasarelas o Gateways**

Estos equipos son encargados de convertir los datos de los telegramas de información para el entendimiento entre el software del sistema y un protocolo diferente a KNX, con el objeto de que puedan coexistir en la misma instalación.

Pueden conectarse sistemas como RDSI, IP, u otras tecnologías de gestión de edificios, a través de una adecuada pasarela. Estas pasarelas normalmente realizan una comunicación bidireccional, es decir, que se entienden en ambos sentidos, pero en algunos casos esta comunicación es solamente unidireccional, es decir, solo un sistema puede comunicarse con el otro. Todo esto es posible gracias a que el protocolo KNX está basado en la estructura OSI de la Organización Internacional de Estandarización.

2.3.3 Representación esquemática de la instalación

Una vez determinados los componentes que se necesitarán para la realización de la instalación, se realiza la arquitectura de los esquemas con el fin de simplificar y clarificar el diseño del proyecto.

Utilizando la simbología propia del sistema KNX, se representa la instalación con los símbolos de los aparatos de bus empleados, conectándolos a las áreas y las líneas correspondientes. También se representan las conexiones de la línea de distribución eléctrica con los actuadores que lo requieran.

El ejemplo que se propone a continuación se realiza con la simbología del sistema KNX/TP1. Los componentes que se pueden utilizar pueden ser de diferentes fabricantes, como por ejemplo: SIEMENS, ABB, JUNG, LEGRAND, ZENNIO, entre otros.

2.3.3.1 Control de iluminación

Para poder ilustrar un ejemplo de un sistema de control de iluminación mediante KNX/TP1, se plantea el siguiente modelo.

Se pretende realizar la instalación de la iluminación de un piso de oficina de un edificio administrativo, la cual posee dos oficinas y una sala de reuniones, de forma que en cada oficina se pueda encender y apagar la iluminación por medio de un pulsador simple; en la sala de reuniones se deberá poder encender, apagar y regular, y en el pasillo se encenderá y se apagará cada vez que se detecte movimiento. Durante el día, no se podrá encender la luz del pasillo aunque exista movimiento. A la entrada del piso se dispondrá de un pulsador simple que podrá apagar toda la iluminación cuando se salga del piso.

El funcionamiento de la instalación es el siguiente:

- **Pulsador de las oficinas:** En la parte superior de la tecla, con cada pulsación se encenderá o se apagará la iluminación central de la oficina;

- **Pulsador de la sala de reuniones:** En la parte superior de la tecla, con cada pulsación corta se enciende la luz y con una pulsación larga se regula la iluminación de forma ascendente. En la parte inferior de la tecla, con cada pulsación corta se apaga la luz y con una pulsación larga se regula la iluminación de forma descendente;
- **Pulsador de la entrada:** Actuando en la parte superior e inferior de la tecla se apagan todas las luces del piso;
- **Detector de movimiento:** Se ajustará el funcionamiento del detector de movimiento para que solo detecte el nivel bajo de luz, y también se ajustará el tiempo que deberá estar encendida la iluminación;
- **Salida Binaria:** Se instalará una salida por oficina para realizar el ON/OFF de la iluminación;
- **Actuador regulador:** Se instalará en la sala de reuniones para poder regular la iluminación.

Las direcciones de grupo para este sistema se plantean de dos niveles tal como se mencionó en la sección anterior *Tecnología KNX* en el apartado 2.2.2.3.3 *Direccionamiento - Dirección de Grupo*, y queda la siguiente manera:

Direcciones de grupo	Función	Descripción
0/1	ON/OFF	Lámpara oficina 1
0/2	ON/OFF	Lámpara oficina 2
0/3	ON/OFF	Lámpara sala de reuniones
0/4	REGULACIÓN	Lámpara sala de reuniones
0/5	ON/OFF	Lámpara pasillo
0/6	OFF	Apagado general

TABLA 16.- Direcciones de grupo para un control de iluminación.

La representación esquemática de la conexión de los equipos puede observarse en la Figura 40. Haciendo énfasis en lo que se resaltó en capítulos anteriores, se plantea la instalación de un sistema en un bus KNX, utilizando una fuente de alimentación que es la encargada de mantener ambos cables del bus a una tensión adecuada. También se agregó al diagrama una Interfaz Serial RS232 para la programación correspondiente a los equipos. Se

asigna una dirección física a cada uno de los elementos del sistema. Cada elemento posee su Unidad de Acoplamiento al bus, como puede observarse en el diagrama. Se plantea este ejemplo donde solo existe un área y una línea, y no es necesario implementar acopladores de área ni de línea.

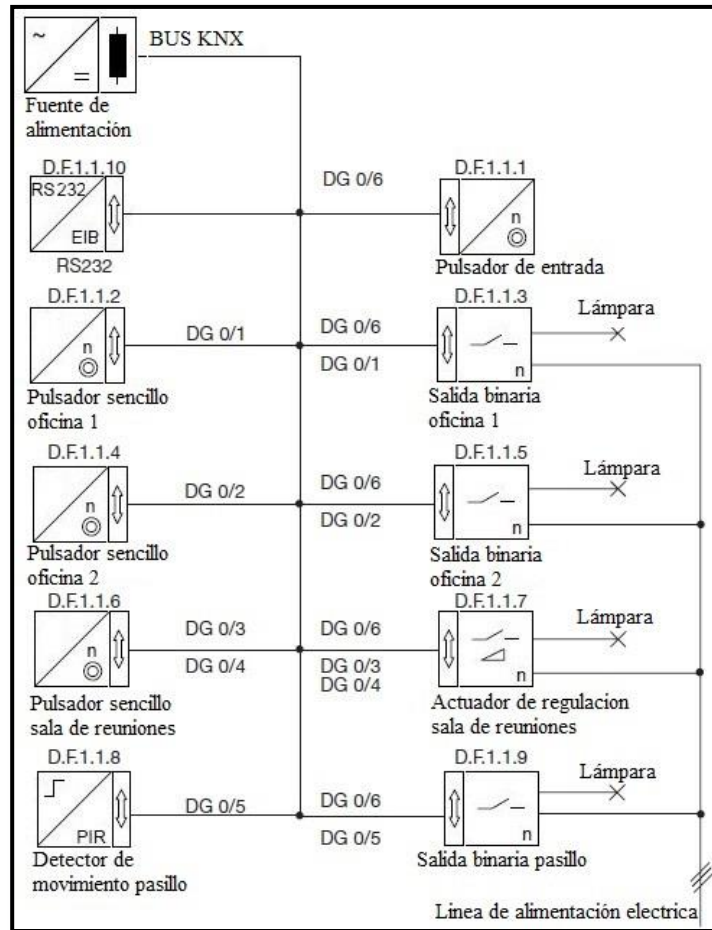


FIGURA 40.- Representación esquemática del control de iluminación.

Cuando el pulsador de la oficina 1, al cual se le asignó la dirección física 1.1.2, se active para apagar o encender, este, mediante su Unidad de Acoplamiento al bus, enviará un telegrama si el bus está desocupado, hacia su dirección de grupo asociada, en este caso 0/1 como se puede observar en la Tabla 16. A esta dirección está referido el Actuador de Conmutación o Actuador de Salida Binaria de la oficina 1 al cual se le asignó la dirección física 1.1.3. Este actuador, mediante su Unidad de Acoplamiento al bus, interpretará el telegrama enviado por el pulsador y procederá a activar o a desactivar la luz según sea el

caso; posteriormente, este acoplador enviará un acuse de recibo con el fin de verificar si el telegrama fue recibido con éxito. Para la oficina dos, el caso es se ejecuta de manera análoga.

El pulsador de la sala de reuniones, al cual se le asignó la dirección física 1.1.6, dependiendo de cómo se realice la pulsación, enviará la orden de apagar/encender (dirección de grupo 0/3) o regular la iluminación (dirección de grupo 0/4) hacia el Actuador de Regulación del salón con dirección física 1.1.7, el cual se encargará posteriormente de interpretar la orden y realizar la respectiva acción con la lámpara.

El detector de movimiento del pasillo al cual se le asignó la dirección física 1.1.8, solo cuando sea de noche y cuando detecte movimiento, enviará la orden hacia el Actuador de Salida Binaria del pasillo con dirección física 1.1.9, que es el dispositivo que tiene su dirección de grupo asociada, y será el encargado de encender la lámpara en las condiciones anteriormente mencionadas.

Por último, cuando se active el Pulsador de entrada, al cual se le asignó la dirección física 1.1.1, este enviará la orden de apagar todas las lámparas del sistema (dirección de grupo 0/6). Este telegrama se enviará a los cuatro actuadores del sistema. Como puede observarse, a los actuadores se les puede asociar más de dos direcciones de grupo.

2.3.3.2 Control de ventanas y persianas

Para la misma oficina del ejemplo del apartado anterior se desea realizar la instalación de persianas motorizadas, donde se pueda controlar individualmente la subida y bajada de cada persiana, así como el ajuste de sus láminas, por medio de un pulsador simple. Cuando la velocidad del viento sea muy alta, todas las persianas se deberán bajar como medida de seguridad. También será posible subir y bajar todas las persianas a la vez de forma centralizada, por medio de otro pulsador.

El funcionamiento de la instalación es el siguiente:

- **Pulsador individual:** Permitirá la subida y la bajada de la persiana y el ajuste de sus láminas para cada una de las áreas. Con una pulsación corta en la parte superior o inferior de la tecla, se regulan las láminas; con una pulsación larga en la parte superior de la tecla, sube la persiana, y con una pulsación larga en la parte inferior de la tecla, baja la persiana;
- **Pulsador centralizado:** Desde este pulsador se enviará una orden centralizada de subida y bajada de todas las persianas del piso;
- **Entrada binaria:** En la entrada binaria se conectará un anemómetro que, cuando detecte una velocidad alta del viento, enviará una orden para bajar todas las persianas del piso;
- **Actuadores de persiana:** Es el componente que controla los motores de las persianas. Se instalará uno por persiana y recibirán las órdenes de los diferentes pulsadores para su actuación.

Las direcciones de grupo para este sistema se plantean de dos niveles, y queda la siguiente manera:

Direcciones de grupo	Función	Descripción
0/1	Subir/bajar	Persiana oficina 1
0/2	Subir/bajar	Laminas oficina 1
0/3	Subir/bajar	Persiana oficina 2
0/4	Subir/bajar	Laminas oficina 2
0/5	Subir/bajar	Persianas sala de reuniones
0/6	Subir/bajar	Laminas sala de reuniones
0/7	Subir/bajar	Todas las persianas
0/8	Bajar	Todas las persianas

TABLA 17.- Direcciones de grupo para un control de ventanas.

En la siguiente figura se puede observar la representación esquemática de un sencillo control de ventanas de un piso de un edificio administrativo, el cual posee dos oficinas y una sala de reuniones, donde cada elemento KNX se comunicará entre ellos, mediante la programación de sus direcciones de grupo.

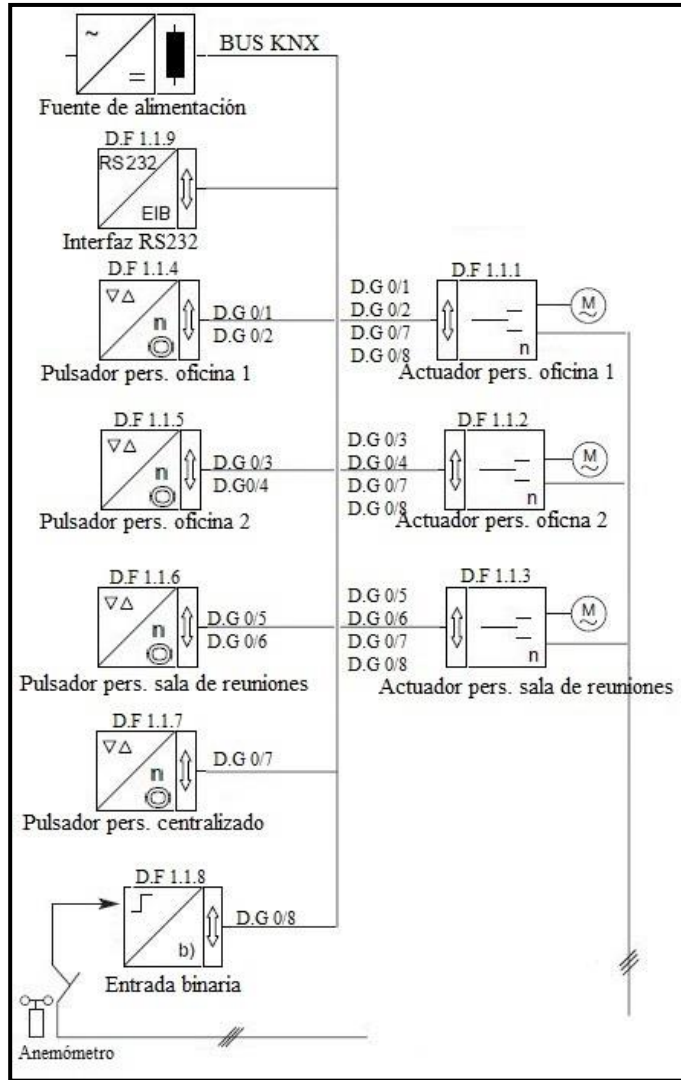


FIGURA 41.- Representación esquemática de control de ventanas.

2.3.3.3 Control de climatización

Se desea realizar la instalación de un sistema de climatización en el piso de oficinas anteriormente citado, donde las oficinas 1 y 2 serán climatizadas por el mismo aire acondicionado y la sala de reuniones por otro. El sistema de climatización y el control de temperatura se implementará mediante aires acondicionados tipo Split. En caso que se abra alguna ventana, el aire acondicionado deberá ser desconectado. La selección de la temperatura deseada será gobernada por un pulsador cuádruple. Así mismo, se podrá conectar y desconectar el aire acondicionado de forma manual.

El funcionamiento de la instalación es el siguiente:

- **Pulsador cuádruple:** En cada uno de los cuatro pulsadores se asignan las siguientes funciones:
 - P1: temperatura 1. Al actuar sobre este pulsador todos los termostatos se ajustan a 18°;
 - P2: temperatura 2. Al actuar sobre este pulsador, todos los termostatos se ajustarán a 21°;
 - P3: temperatura 3. Al actuar sobre este pulsador, todos los termostatos se ajustarán a 24°;
 - P4: apagado general de todo el sistema de aire acondicionado.
- **Entrada binaria:** Se instalará una entrada por oficina, que detectará la apertura de ventana por medio de un contacto magnético y enviará la orden de apagar o encender, según sea el caso, a la interfaz de aire acondicionado para el control del sistema de refrigeración, cada vez que se abra o se cierre la ventana.
- **Termostato:** Se instalará un termostato para las oficinas y uno para la sala de reuniones; cada uno de ellos controlará el nivel de temperatura de cada área, y enviará órdenes para regular la temperatura a la interfaz de aire acondicionado.

Las direcciones de grupo para este sistema se plantean de dos niveles tal como se mencionó en la sección anterior *Tecnología KNX* en el apartado 2.2.2.3.3 *Direccionamiento - Dirección de Grupo*, y queda la siguiente manera:

Direcciones de grupo	Función	Descripción
0/1	REGULACIÓN	Aire acondicionado oficinas
0/2	REGULACIÓN	Aire acondicionado sala de reuniones
0/3	OFF	Aire acondicionado oficinas y sala reuniones
0/4	OFF/ON	Aire acondicionado oficinas
0/5	OFF/ON	Aire acondicionado sala de reuniones
0/6	ON	Selección temperatura 18
0/7	ON	Selección temperatura 21
0/8	ON	Selección temperatura 24

TABLA 18.- Direcciones de grupo para un control de ventanas.

En la siguiente figura se puede observar la representación esquemática de un sencillo control de temperatura de un piso de un edificio administrativo, el cual posee dos oficinas y una sala de reuniones, donde cada elemento KNX se comunicará entre ellos, mediante la programación de sus direcciones de grupo.

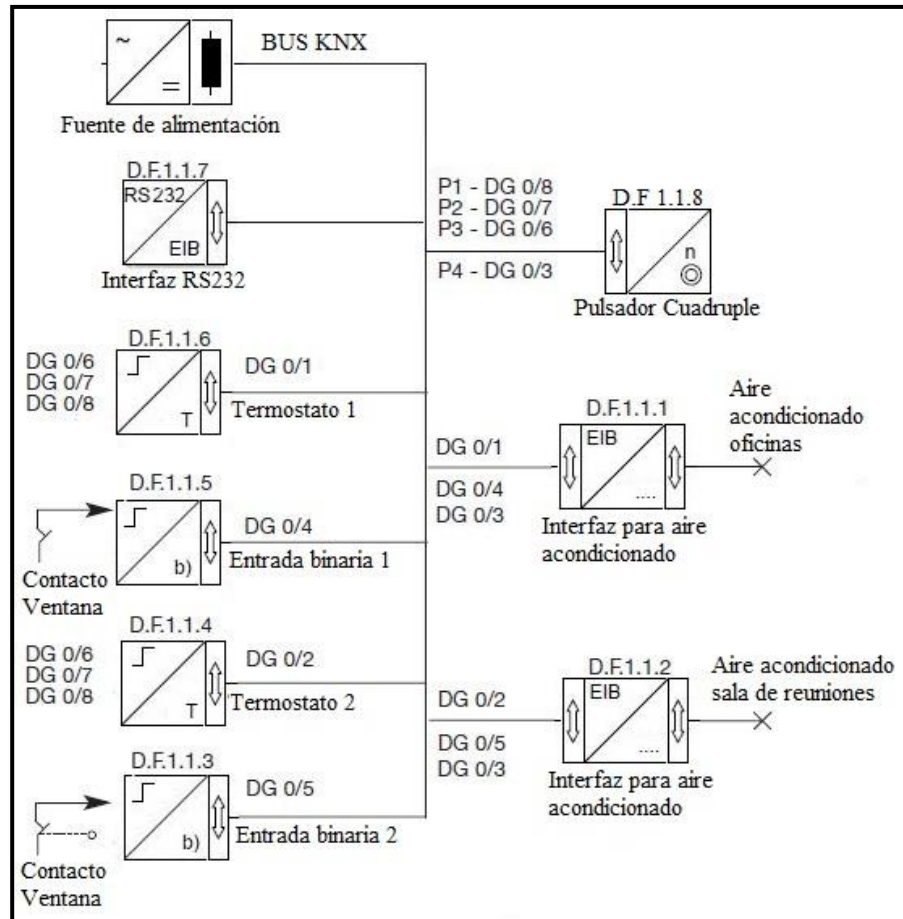


FIGURA 42.- Representación esquemática de control de temperatura.

2.4 LEED

LEED es un sistema de certificación de edificios sostenibles que nace en la USGBC, verifica que un edificio casa o comunidad está diseñada y construida usando estrategias que apuntan a un alto estándar en áreas de salud humana y medioambiental, logrando objetivos básicos tales como desarrollo sustentable del sitio, eficiencia de agua, eficiencia energética, selección de materiales y calidad ambiental interior.



FIGURA 43.- Categoría de créditos LEED. Fuente: [48].

La certificación energética es obtenida por medio de una evaluación realizada donde se califica la construcción en base a puntos, un total de 110 puntos pueden ser obtenidos según una serie de categorías o temas a considerar. Las mismas podrán ser obtenidas en distintos niveles tales como Certificación LEED, Certificación LEED plata, Certificación LEED oro, y Certificación LEED platinum.

Los temas que se consideran para lograr obtener los distintos puntos dentro de la certificación energética LEED son los siguientes:

- Sitios sustentables (máximo 21 puntos): En esta categoría se premia decisiones inteligentes que son tomadas en base a las posibilidades de transporte, el control de la escorrentía de aguas pluviales y promueve la reducción de la erosión, la contaminación lumínica, el efecto isla de calor y la contaminación relacionada con la construcción;
- Eficiencia en aguas (máximo 11 puntos): El objetivo principal de esta categoría es fomentar el uso eficiente del agua, interior y exteriormente;

- Energía y atmosfera (máximo 37 puntos): Esta categoría promueve una amplia variedad de estrategias de ahorro de energía. Incentivando que se realice el monitoreo del uso de energía, construcción y diseño eficientes, aparatos, sistemas e iluminación eficiente, el uso de recursos de energía limpia y renovables, generadas en el sitio o fuera de él y otras innovadoras medidas con respecto al uso óptimo de la energía;
- Materiales y recursos (máximo 14 puntos): Esta categoría fomenta la selección de productos y materiales crecidos, cosechados, producidos y transportados eficientemente. Promueve la reducción de desechos así como el reuso y reciclaje y particularmente resguarda la reducción de desechos en la fuente del producto;
- Calidad ambiental interior (máximo 17 puntos): En esta categoría se promueve el uso de estrategias que mejoren la calidad del aire interior, así como dar acceso a la luz natural, vistas y el mejoramiento acústico;
- Prioridad regional (máximo 4 puntos): Los consejos regionales, sedes y afiliados de la USGBC han identificado los asuntos más importantes que apuntan a las perspectivas dentro de sus propios territorios;
- Innovación en diseño (máximo 6 puntos): Los puntos extras se otorgan a tecnologías y estrategias de innovación, que mejoren la funcionalidad del edificio fuera de los otros créditos de LEED. También se pueden obtener puntos extras al incluir un profesional acreditado LEED en el equipo de trabajo del proyecto.



FIGURA 44.- Niveles LEED. Fuente: [48].

Como se observa en los puntos anteriormente mencionados, en las distintas categorías que se evalúan en la certificación energética LEED, es claro que la inclusión de un sistema inmótico para la automatización y control en una edificación es de gran valor, ya que la misma contribuye en la obtención de una importante cantidad de puntos, por lo que se puede decir que la inmótica esta inmensamente relacionada con la certificación energética.

Es significativo considerar la obtención de esta certificación debido a que es la validación por parte de terceros del rendimiento de una construcción. Los proyectos certificados LEED combinan el rendimiento ambiental, económico y el rendimiento orientado a los ocupantes. Estas construcciones son menos costosas de operar y mantener, ahorran agua y energía. Además, tienen tasas más altas de arrendamiento que los edificios convencionales en sus mercados, son más saludables y seguras para los ocupantes y son una representación física de los valores de las organizaciones que las poseen y las ocupan.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA Y DESARROLLO

El desarrollo de este proyecto se divide en dos etapas: (a) Estudio documental y recopilación de información, (b) Diseño de un sistema inmótico integral, simple, flexible y modular para el control de iluminación, climatización y apertura de ventanas para el edificio administrativo de PDVSA agrícola S.A en la sede del estado Lara.

3.1 ESTUDIO DOCUMENTAL

En esta fase se recopiló toda la información y documentación necesaria para realizar los estudios propuestos y abarca la mayor parte del marco teórico. Entre la información correspondiente se puede resaltar:

- Documentación técnica de la tecnología existente para el diseño de edificaciones inteligentes, y sobre los protocolos más comunes que se usan en el área de inmótica;
- Documentación técnica sobre el protocolo KNX, implementado para el diseño;
- Documentación técnica sobre las características y elementos que conforman los diferentes aspectos de los sistemas de control mediante protocolo KNX en función de electricidad, climatización, etc. aplicables a edificios con sistemas inmóticos;
- Documentos generados en la Ingeniería Básica realizada previamente por personal de la empresa;
- Recopilación de información de sistemas de control de iluminación, climatización, apertura de ventanas.

3.2 DISEÑO

Esta etapa comprende el diseño de la Ingeniería de Detalle del sistema inmótico propuesto para el Proyecto SEDE DE PDVSA AGRICOLA con el protocolo KNX, a fin de garantizar los requerimientos mínimos que permiten la automatización y control de iluminación, climatización y apertura de ventanas para el edificio. En esta fase se incluyen datos precisos y definitivos que podrán ser utilizados en las próximas etapas del desarrollo del proyecto, como la procura y la construcción. Se incluyen los siguientes datos:

- Las variables de los sistemas que serán controlados;
- Los equipos a ser utilizados;
- Diseño de planos: Diseño de la arquitectura definitiva de los sistemas, ubicación de equipos, canalizaciones, rutas de cableados, diagrama de conexión de detalles de equipos, plano de ducto de aire acondicionado y de luminarias, entre otros planos definitivos para la construcción e instalación de los sistemas;
- Narrativa de control del sistema con lista de señales;
- Lista definitiva de equipos cables, materiales y demás accesorios, con una estimación de costos de los equipos con un margen de error del 5%.

En el siguiente esquema se señalan las etapas y estructuras de trabajo utilizadas, como fue descrita anteriormente.

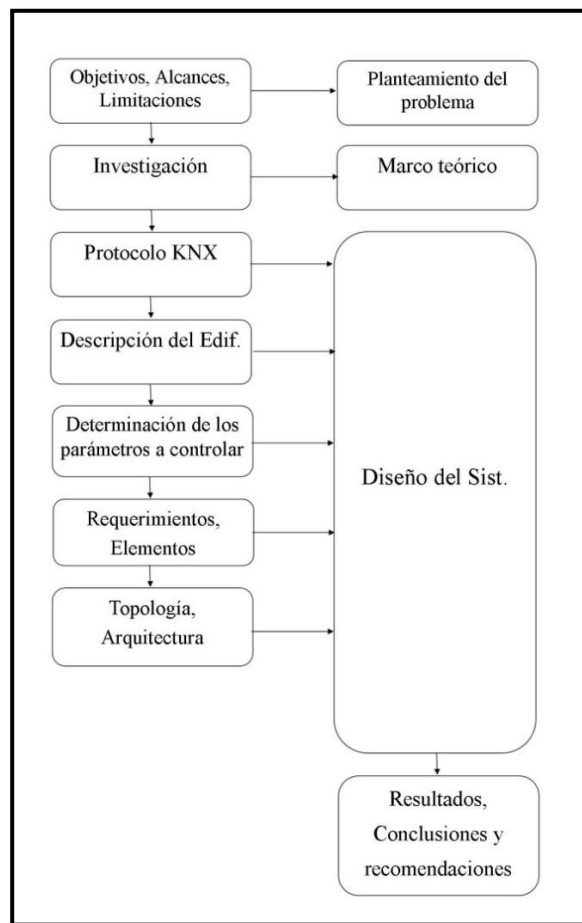


FIGURA 45.- Esquema metodológico.

En conformidad con los objetivos específicos planteados para el proyecto, en la Tabla 19 se muestra por cada objetivo las actividades que generaron y los productos esperados.

Objetivos	Actividades	Productos
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer la diferencia entre domótica e inmótica. • Analizar la tecnología existente para el diseño de edificaciones inteligentes. • Estudiar los protocolos más comunes. • Establecer las características y elementos que conforman las aplicaciones en edificios inteligentes. • Revisar las normas relacionadas con el diseño de edificios inteligentes. • Describir el proceso de certificación LEED. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de información de fuentes tales como libros, tesis, publicaciones, páginas web, etc. • Recopilación de documentación técnica de las tecnologías. • Revisión y análisis de la información recolectada • Redacción del marco teórico. 	Marco teórico.
<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los parámetros específicos a ser controlados por el sistema. • Determinar la tecnología que se requiere para dotar al edificio • Determinar sensores y actuadores. • Diseño del sistema inmótico: topología, arquitectura, dispositivos • Determinar la disposición física de los equipos para su consiguiente instalación • Lista de Equipos y materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de documentación de la ingeniería básica existente • Descripción de la arquitectura del edificio. • Descripción de las actividades a realizar en el edificio por los usuarios. • Descripción de las características del edificio. • Determinación de los parámetros a controlar. • Evaluar y seleccionar las opciones en tecnologías disponibles en el mercado para controlar los parámetros. • Determinar los elementos necesarios en el sistema para cumplir con las funciones que se desean implementar. • Evaluar diversas maneras de estructurar el diseño y seleccionar la más adecuada según la información recolectada. • Elaboración de la arquitectura definitiva del sistema inmótico. • Elaboración de detalles de conexiones de equipos. • Elaboración de planos definitivos: Ubicación de equipos, ruta de canalización, ductos de aire acondicionado, plano de luminarias, etc. • Elaboración de lista final de equipos y materiales con una estimación de costo. 	Diseño

TABLA 19.- Relación de objetivos, actividades y productos.

CAPÍTULO IV LA PROPUESTA

4.1 INTRODUCCIÓN

PDVSA Agrícola S.A. ha seleccionado la ciudad de Barquisimeto, Estado Lara para instalar sus oficinas administrativas y de coordinación para proyectos que se ejecutan en la zona occidental del país.

Actualmente, el personal de PDVSA Agrícola S.A. se encuentra disperso en instalaciones arrendadas, desempeñando muchas funciones en áreas urbanas y aledañas a la ciudad de Barquisimeto. Con la finalidad de integrar todo su personal en una edificación única que mejore las condiciones de trabajo y productividad, ha considerado el diseño y la construcción de un Edificio Sede para sus oficinas, el cual se encontrará ubicado en el Sector Tablón de Caña Chorobobo, Cabudare, carretera vieja Yaritagua, Estado Lara, en terrenos propios.

4.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La nueva edificación administrativa enmarcadas en el alcance del presente proyecto, serán realizadas dentro de las instalaciones de PDVSA Agrícola S.A., parroquia Santa Rosa, la cual está ubicada al lado del Central Río Turbio, Carretera vieja Barquisimeto – Yaritagua, Barquisimeto Estado Lara, tal como puede observarse en las Figuras 47 y 28. La parcela ocupará un área aproximada de 8,92 hectáreas delimitada por las coordenadas indicadas en la Tabla 20, y cuyo sistema de coordenadas será el UTM-Datum SIRGAS REGVEN.

Punto	Coordenadas SIRGAS-REGVEN	
	Norte	Este
P-01	1.112.793,09	474.056,03
P-02	1.112.940,17	474.019,33
P-03	1.112.930,06	473.982,80
P-04	1.112.907,16	473.910,71
P-05	1.113.076,37	473.850,59
P-06	1.113.136,13	473.830,76
P-07	1.113.153,89	473.826,84
P-08	1.113.161,30	473.836,04
P-09	1.113.191,52	473.993,02
P-10	1.113.131,24	474.017,78
P-11	1.113.102,93	474.032,30
P-12	1.113.069,94	474.048,99
P-13	1.113.080,19	474.153,52
P-14	1.112.983,07	474.173,43
P-15	1.112.930,97	474.201,94
P-16	1.112.923,39	474.219,24
P-17	1.112.907,50	474.224,82
P-18	1.112.879,33	474.231,95
P-19	1.112.871,85	474.232,36
P-20	1.112.776,61	474.214,76
P-21	1.112.814,21	473.938,55

TABLA 20.- Coordenadas del área de implementación de las edificaciones.

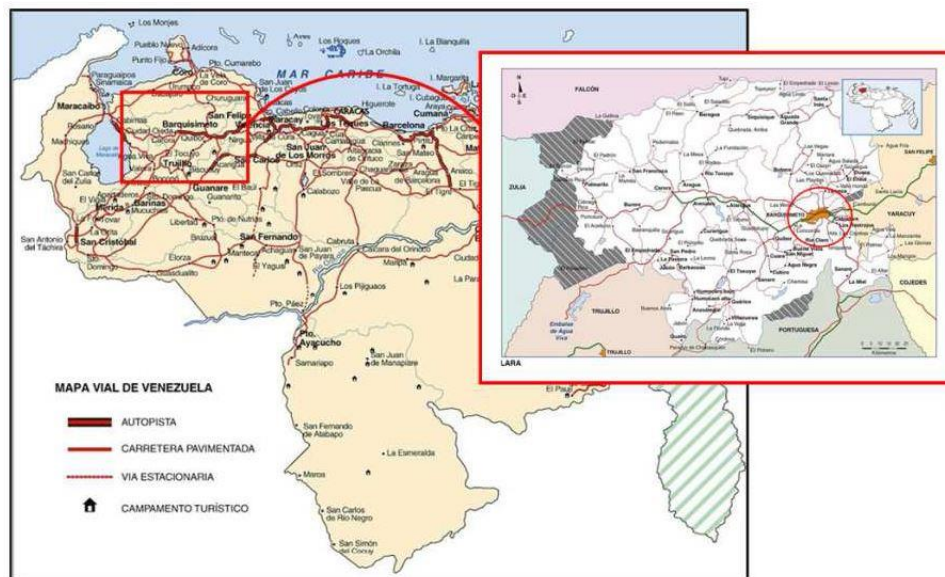


FIGURA 46.- Ubicación geográfica del área en estudio.



FIGURA 47.- Ubicación general del área en estudio. Fuente: Google Earth 2012.

4.3 DATOS METEOROLÓGICOS

En la Tabla 21 se muestran las condiciones medio-ambientales de Barquisimeto que fueron obtenidas del sitio TuTiempo.net, de acuerdo con los datos reportados por la estación meteorológica 804100 (SVBM), la cual se encuentra a unos seis kilómetros de distancia del sitio de la obra.

MEDICIONES		2008	2009	2010	2011	2012	PROMEDIOS
Temperatura. media anual	°C	25.3	25.9	26.1	24.8	24.9	25.40
Temperatura. máxima media anual	°C	30.6	31	31.5		30.6	30.93
Temperatura mínima media anual	°C	20.2	21.1	21.1		20.5	20.73
Humedad media anual	%	65.3	62.7	65		75.80	67.20
Visibilidad media anual	KM	11.2	11.3	11.3	11.4	11.3	11.43
Velocidad del viento media anual	KM/H	13.2			12.2	12.9	12.77
Días con lluvia		84	67	92	114	105	92.40
Días con tormenta		9	22	38	38	32	27.80
Días con niebla		6	5	14	10	8	8.60
Temperatura más alta registrada	°C	38	36	37	36	38	
Temperatura más baja registrada	°C	13	18.4	17.5	16	15	
Velocidad máx. del viento registrada	KM/H	55.4	90	72	72	74.1	
DATOS GEOGRÁFICOS:							
LATITUD: 10.06							
LONGITUD: -69.31							
ALTITUD: 613							

TABLA 21.- Condiciones medio-ambientales del sitio.

La velocidad básica del viento que se utilizará para el diseño estructural será de 100 km/h durante 50 años consecutivos. La norma de diseño de viento será la COVENIN 2003-89: Acciones de viento sobre las construcciones.

4.4 NORMAS Y CÓDIGOS APLICABLES

A continuación se presentan las normas y especificaciones aplicables para el diseño eléctrico.

Identificación	Descripción
ISO/IEC 14543	KNX Estándar internacional
ANSI/ASHRAE 153	KNX Estándar norteamericano
COVENIN – COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES	
COVENIN 200	Código Eléctrico Nacional
COVENIN-2249-1993	Iluminancias en tareas y áreas de trabajo
COVENIN 3159:1995	Calidad del aire. Aspectos generales
PDVSA – PETRÓLEOS DE VENEZUELA SOCIEDAD ANÓNIMA	
PDVSA N-201	Obras Eléctricas
PDVSA N-252	Especificación General para el Diseño de Ingeniería Eléctrica

TABLA 22.- Normas y códigos aplicables al proyecto.

Las instalaciones eléctricas, objeto de este proyecto, deberán cumplir además con los lineamientos establecidos por la USGBC (U.S. Green Building Council), maximizando la eficiencia, el ahorro energético y reduciendo a su mínima expresión el impacto ambiental, con miras a obtener eventualmente la certificación LEED.

4.5 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Las edificaciones de esta sede conforman un complejo administrativo que incluye los siguientes edificios:

- Edificio Administrativo;
- Servicio Médico;
- Centro Recreativo;
- Control de Acceso.

El alcance de este diseño está destinado al control del sistema inmótico del edificio administrativo únicamente. El resto de las edificaciones, por estar físicamente alejadas del edificio administrativo y tener usos y horarios no necesariamente coincidentes con este último, no se tomaron en cuenta como objetivo de este diseño.

El edificio administrativo es el corazón del complejo y será destinado a uso de oficinas; tendrá dos áreas anexas: un comedor y un auditorio, tal como puede observarse en la Figura 48.



FIGURA 48.- Vista desde el Noreste del Edificio Administrativo.

4.6 REQUERIMIENTOS GENERALES

El alcance de este diseño está destinado al control del sistema inmótico del edificio administrativo, el cual consta de: planta baja, nivel mezzanina, piso 1, 2,3 y 4 y una planta techo, además de una de sus áreas anexas a este edificio que será el comedor. Este sistema será el encargado de monitorear y controlar un número de variables presentes en las edificaciones del nuevo Edificio Administrativo y está diseñado

para operar de forma continua las 24 horas los 365 días del año.

El diseño ha sido enfocado hacia un sistema de gestión de edificaciones BMS (Building Management System) basado en el protocolo abierto KNX, encargado de gestionar todas las interfaces e integrar todos los sistemas en él, para así gestionar de forma eficiente toda edificación que esté bajo la supervisión de este sistema.

El sistema está diseñado para cubrir aspectos de confort y la administración de los recursos energéticos dispuestos para este edificio donde lo fundamental es el ahorro y la eficiencia energética (zonificando la climatización, el control automático de la iluminación, etc.). Para ello se dispone de una serie de interfaces que logran estas metas.

El sistema inmótico presenta una red dedicada a los dispositivos (pulsadores, sensores, actuadores, termostatos, etc.) vía bus de comunicación KNX y ésta será integrada a la red LAN de seguridad diseñada previamente en las fases anteriores de ingeniería. La comunicación se llevará a cabo bajo protocolo Ethernet a una velocidad de 10/100/1000 Mbps.

La red LAN de seguridad contempla los siguientes sub-sistemas: sistema de control de acceso, detección de intrusos, circuito cerrado de televisión, y el sistema de detección y alarma de incendios. Todos estos se intercomunicarán bajo protocolo Ethernet, a través de la red LAN del cuarto de equipos ubicado en el nivel Mezzanina del nuevo edificio, por lo que la comunicación e integración se llevará a cabo entre servidores, los cuales intercambiarán los datos que sea necesario.

El diseño contempla disponer de un Gateway (GCI) que funcionará como nodo de comunicación entre la red del sistema inmótico KNX y la red LAN de seguridad.

En cuanto a los dispositivos de la red del sistema inmótico, existirán equipos o interfaces para aplicaciones dentro y fuera de las edificaciones a fin de controlar y monitorear los siguientes aspectos:

- Control de iluminación;
- Control del sistema de acondicionamiento de aire (HVAC y UMAs);
- Control de apertura y/o cierre de ventanas;
- Monitoreo de la calidad de aire (a través de la medición de CO₂, Temperatura y Humedad).

Por otra parte, el sistema también contará con estaciones de trabajo que permitan a los administradores del edificio ver en tiempo real e histórico el comportamiento de todas estas interfaces y equipos.

El sistema inmótico cumple con las siguientes características:

- La arquitectura del sistema es mixta, totalmente escalable y modular;
- La topología de la red del sistema inmótico es tipo Bus;
- Cuenta con un software de gestión y monitorización (BMS) con capacidades de uso local y remota;
- Los equipos y/o dispositivos que conforman el sistema inmótico funcionan con un voltaje de operación interna de 24 VDC, para lo cual se cuenta con fuentes de alimentación que garantizan el voltaje necesario para su alimentación y además permiten la transmisión de los telegramas enviados como señal alterna superpuesta a esta tensión;
- El cable utilizado para el bus es LSOH KNX, de par trenzado doble de 0,8mm de diámetro con un doble apantallamiento: uno de PVC y otro metálico completamente inmune y aislado de los efectos de diafonía, inducción electromagnética e interferencia de radiofrecuencia (RFI), con el fin de mantener la integridad de su operación;

- Los equipos de la red del sistema inmótico tienen la capacidad de ser montados en carril DIN;
- Todos los dispositivos de la red inmótica tales como: sensores, actuadores, pulsadores, termostatos, etc., se comunicarán mediante protocolo KNX/TP1.

4.6.1 Gateway de comunicación

El *gateway* o pasarela de comunicación identificado como (GCI), será el dispositivo de comunicación responsable de integrar la red del sistema inmótico (KNX) con la red LAN de seguridad (Ethernet).

La velocidad de comunicación de este dispositivo con la red LAN de seguridad se estima para este diseño que sea de 100 Mbps, pese a que la red LAN de seguridad puede llegar a manejar velocidades de hasta 1000 Mbps.

En vista de ello, todos los dispositivos, equipos e interfaces que se comuniquen exclusivamente bajo protocolo KNX lo harán a través del *gateway* y desde éste, vía IP, con los servidores correspondientes.

4.6.2 Control de Iluminación

El control de iluminación está basado en el control del tablero de iluminación correspondiente a cada piso, por medio de actuadores de 16 salidas, los cuales mediante la señal recibida (en la red KNX) enviarán una señal hacia los conmutadores dispuestos en cada salida de estos equipos, para encender o apagar de forma automática los circuitos de iluminación pertinentes y así controlar la iluminación en los distintos ambientes de la edificación.

La señal recibida por los actuadores dependerá de otros dispositivos conectados a la red KNX tales como pulsadores, sensores de iluminación, detectores de presencia a través de infrarrojos, etc. Estos dispositivos encenderán o no

los circuitos de iluminación en ambientes ante la presencia de personas en el área o en función de la cantidad de iluminación.

- **Pulsadores:** Enviarán la orden de encender o apagar los circuitos que tengan asignados en la red KNX;
- **Sensores de iluminación:** Monitorizarán las condiciones de iluminación de algunos sectores y enviarán la orden de encender o apagar los circuitos que tengan asignado en la red KNX;
- **Detectores de presencia infrarrojos:** Determinan la presencia de personas en el interior de algún piso o externas del edificio, proporcionando al sistema (por la red KNX) la información necesaria para mantener o no las luces del interior encendidas durante la permanencia de las mismas.

Es importante acotar que el diseño de control de iluminación de este edificio abarcó la modulación de los circuitos de las lámparas LED de 60 W 120 V basado en los criterios establecidos por el departamento de electricidad de Vepica en las bases de diseño, de la ingeniería básica. Se estableció la distribución de cada circuito de manera conveniente para el control preciso de toda la iluminación, tal como se puede observar en los planos anexos. La distribución y canalización de estos circuitos eléctricos serán especificadas en detalle por la disciplina de electricidad. Este diseño solo establece la distribución lógica de cada circuito eléctrico.

Además, se debe mencionar que el cliente solicitó el uso de paneles solares, los cuales no serán desarrollados en el alcance de este diseño. El esquema de sustentación de energía fotovoltaica se requiere que sea de la siguiente manera:

Para la iluminación interior del edificio administrativo, se establece el uso de energía fotovoltaica como la fuente principal para este sistema, y se obtendrá a través de paneles dispuestos en las áreas de los techos de las edificaciones que conforman toda la sede, para cubrir total o parcialmente el sistema de iluminación interna sólo

durante la jornada diaria de trabajo, y en horas diurnas únicamente. El respaldo y/o complemento de este sistema de iluminación estará amparado en la propia red de servicio eléctrico suministrado por la empresa que surte el servicio en la zona, en este caso CORPOELEC. En el evento de una falla de este suministro, la energía será suministrada por una planta de emergencia destinada para este fin.

De igual manera, se utilizará energía fotovoltaica a través de sistemas fotovoltaicos individuales para cubrir parte de la iluminación exterior en horas nocturnas, las cuales tendrán su propio sistema de sustentación.

4.6.3 Control de UMAs y HVAC

El edificio administrativo será acondicionado mediante un sistema central con unidades generadoras de agua helada o “Chillers” enfriadas por aire.

El sistema de bombeo de agua helada será de flujo variable. Las unidades de manejo de aire (UMAs), enfriadas por agua helada, serán de flujo de aire constante o de flujo de aire variable según sea el caso, siendo estas últimas, unidades manejadoras de agua dotadas con motores de dispositivos variadores de frecuencia (VDF).

Dentro de la edificación se encontrará el Cuarto IT ubicado en el nivel Mezzanina que debe operar 24h/día 7 días/semana, por lo que será acondicionado con equipos de expansión directa de flujo constante.

Las condiciones interiores de diseño se basaron en los criterios establecidos por el departamento de Aire Acondicionado del proyecto y en el estándar ASHRAE Std. 55 2010, que proporciona los requisitos mínimos aceptables para los ambientes interiores, en función del tipo de vestimenta, del uso local y de la magnitud de carga a manejar.

A partir de las consideraciones expuestas en los párrafos anteriores y considerando el uso y ocupación de los espacios de las edificaciones, se establecen las condiciones interiores de diseño que se muestran en la Tabla 23.

Ambiente	Condiciones interiores	
	Rango de temperatura	Humedad relativa
	°C (°F)	%
Oficinas privadas	22,0-24,0 (71,6-75,2)	60-40
Oficinas generales	23,0-25,0 (73,4-77,0)	60-40
Área de pasillos	23,0-25,0 (73,4-77,0)	60-40
Salas de reuniones	23,0-25,0 (73,4-77,0)	60-40
Comedor	23,0-25,0 (73,4-77,0)	65-50
Centro de datos	21,1-22,2 (70,0-72,0)	55-45

TABLA 23.- Condiciones interiores de diseño.

El proyecto adoptará las siguientes modalidades para el control de las condiciones interiores.

4.6.3.1 Sistemas de agua helada de flujo variable y flujo de aire variable

En estos sistemas se tiene un control de la temperatura, tanto variando la cantidad de agua helada que entra a la UMA (flujo de agua variable), como variando la velocidad del ventilador dentro de la UMA (flujo de aire variable). Se estableció una temperatura de ambiente fija, y en función de estas variables se mantiene la temperatura de diseño en un valor de 24 °C con una tolerancia de +/-1 °C.

Existirán dos sensores de temperatura, uno en el ducto de suministro a la salida de la unidad manejadora de aire (UMA), el cual monitoreará la temperatura de aire de suministro. El otro sensor será ubicado en el ambiente servido o en el ducto de retorno a la UMA. Estos instrumentos enviarán la información por el bus KNX hacia un

actuador desde donde se controlará la válvula de dos (2) vías que regulará la entrada de agua helada a la UMA, y hacia otro actuador que regulará la cantidad de flujo de aire inyectada por la misma, mediante un dispositivo variador de frecuencia (VFD) en los motores de los ventiladores; este último control se realizará de dos modalidades según se trate de ambientes de oficinas abiertos, tipo cubículos, o ambientes separados cerrados como oficinas privadas y salas de conferencias, lo cual será detallado a continuación:

4.6.3.3.1 *Ambientes abiertos*

Existirá un sensor que monitoreará la temperatura en los ambientes servidos por UMA, el cual enviará esta información mediante bus KNX hacia un actuador que controlará la velocidad de los motores de los ventiladores, de modo de variar el flujo de aire para mantener las condiciones de confort del ambiente.

Las UMAs que serán de este tipo (sistemas de agua helada de flujo de agua variable y flujo de aire variable en ambientes abiertos) según las bases y criterios de diseño HVAC del Departamento de Aire Acondicionado de Vepica son:

Identificación de equipos (TAG)	Descripción
100-P0-UMA-002A	UMA del comedor (1 de 2)
100-P0-UMA-002B	UMA del comedor (2 de 2)
100-P1-UMA-002	UMA de oficinas piso 1 (1 de 3)
100-P1-UMA-003	UMA de oficinas piso 1 (2 de 3)
100-P1-UMA-004	UMA de oficinas piso 1 (3 de 3)
100-P2-UMA-002	UMA de oficinas piso 2 (1 de 3)
100-P2-UMA-003	UMA de oficinas piso 2 (2 de 3)
100-P2-UMA-004	UMA de oficinas piso 2 (3 de 3)
100-P3-UMA-002	UMA de oficinas piso 3 (1 de 3)
100-P3-UMA-003	UMA de oficinas piso 3 (2 de 3)
100-P4-UMA-002	UMA de oficinas piso 4 (1 de 3)
100-P4-UMA-003	UMA de oficinas piso 4 (2 de 3)
100-P4-UMA-004	UMA de oficinas piso 4 (3 de 3)

TABLA 24.- UMAs de flujo de agua variable y flujo de aire variable en ambientes abiertos.

4.6.3.3.2 *Ambientes separados*

En estos ambientes se colocarán cajas de volumen variable (VAV) que serán controladas por un termostato situado en cada ambiente. Se modulará la apertura o cierre de las compuertas (dampers) de las cajas VAV mediante actuadores; además, se colocará un sensor de presión en el ducto principal de suministro, aguas arriba de las cajas VAV, que indicará el flujo necesario de aire de suministro de la UMA en función de las compuertas que hayan sido abiertas o cerradas. Otro actuador modificará la velocidad del ventilador de la UMA, para mantener las condiciones de confort en el ambiente. La comunicación de estos equipos será mediante el bus KNX.

Las UMAs que serán de este tipo (sistemas de agua helada con flujo de agua variable y flujo de aire variable en ambientes separados) según las bases y criterios de diseño HVAC del Departamento de Aire Acondicionado de Vepica son:

Identificación de equipos (TAG)	Descripción
100-P1-UMA-001	UMA de sala de reuniones piso 1
100-P2-UMA-001	UMA de sala de reuniones piso 2
100-P3-UMA-001	UMA de sala de reuniones piso 3
100-P4-UMA-001	UMA de sala de reuniones piso 4

TABLA 25.- UMAs de flujo de agua variable y flujo de aire variable en ambientes cerrados.

4.6.3.4 **Sistemas con flujo de aire constante**

En estos sistemas se tiene un control de la temperatura, variando la cantidad de agua helada que entra a la UMA (flujo de agua variable), y la velocidad del ventilador dentro de la UMA es constante (flujo de aire constante). Se estableció una temperatura de ambiente fija, y en función de esta variable se mantiene la temperatura de diseño en un valor de 24 °C con una tolerancia de +/-1 °C.

Según se trate de equipos de agua helada o de expansión directa, operarán de la siguiente forma:

4.6.3.4.1 UMAs de agua helada con flujo de aire constante

Existirá un sensor de temperatura ubicado en el ambiente o en el ducto de retorno a la unidad manejadora de aire (UMA). Este instrumento enviará la información por el bus KNX hacia un actuador desde donde se controlará la válvula de dos (2) vías que regulará la entrada de agua helada a la UMA, de modo de variar el flujo de agua para mantener las condiciones de confort del ambiente. Las UMAs que serán de este tipo según las bases y criterios de diseño HVAC del Departamento de Aire Acondicionado de Vepica son:

Identificación de equipos (TAG)	Descripción
100-P0-UMA-001	UMA de PB recepción

TABLA 26.- UMAs de flujo de agua variable y flujo de aire constante.

4.6.3.4.2 Equipos de expansión directa con flujo de aire constante

En estos sistemas de expansión directa de flujo de refrigerante constante y volumen de aire constante, existirá un solo termostato ubicado en el ambiente, el cual controlará el encendido y apagado de los compresores de refrigerante mediante actuadores. La comunicación entre estos equipos será por el bus KNX. Las UMAs que serán de este tipo según las bases y criterios de diseño HVAC del Departamento de Aire Acondicionado de Vepica son:

Identificación de equipos (TAG)	Descripción
100-P0-UEA-001A	Equipo de precisión para cuarto de IT. Unidad manejadora de aire (Evaporadora).
100-P0-UCA-001A	Equipo de precisión para cuarto de IT. Unidad manejadora de aire (Condensadora).
100-P0-UEA-001S	Equipo de precisión para cuarto de IT. Unidad manejadora de aire (Evaporadora de Respaldo).
100-P0-UCA-001S	Equipo de precisión para cuarto de IT. Unidad manejadora de aire (Condensadora de Respaldo).

TABLA 27.- Equipos de expansión directa flujo de agua variable y flujo de aire constante.

Los equipos de HVAC utilizados en el sistema de climatización como Chillers, UMAs y equipos de expansión directa, serán especificados en detalle por la disciplina de Equipos.

4.6.4 Control de ventanas

El control de ventanas está basado en el control de motores para la apertura o cierre de las mismas, por medio de actuadores de 16 salidas, los cuales, mediante la señal recibida (en la red KNX), enviarán una señal hacia los conmutadores dispuestos en cada salida de este equipo, para realizar el accionamiento del motor en el sentido correspondiente según sea el caso.

La señal recibida por los actuadores dependerá también de otros dispositivos conectados a la red KNX tales como pulsadores de ventanas, contactos magnéticos de ventanas, entradas binarias, etc., los cuales se detallan a continuación:

- **Pulsadores de ventanas:** Estos dispositivos enviarán la orden de abrir o cerrar ventanas hacia los actuadores por la red KNX.;
- **Contactos magnéticos:** Estos dispositivos serán los responsables de monitorear las condiciones de apertura y/o cierre de las ventanas y enviarán una señal hacia las entradas binarias;
- **Entradas binarias:** Estos dispositivos serán los responsables de traducir la información proporcionada por los contactos magnéticos y en función de esto enviar la información por la red KNX.;
- **Estaciones meteorológicas:** Estos dispositivos serán los encargados de detectar la presencia de lluvia y de viento por encima del habitual en la zona, a fin de informar al sistema de estos eventos para así tomar acciones sobre las ventanas. Si están abiertas y el nivel de lluvia y viento es muy alto, estos detectores enviarán la orden de cerrar las ventanas a los

actuadores correspondientes por medio de la red KNX.

El fabricante de las ventanas será el responsable de la selección, suministro e instalación de los motores necesarios para mover las ventanas, ya que estos deben ser adquiridos como un solo conjunto de manera que los equipos sean instalados de manera correcta, y cumplan con los requerimientos de fuerza de empuje necesarios para abrir y cerrar las ventanas de manera efectiva.

4.6.5 Monitoreo de la Calidad de Aire

El monitoreo de la calidad del aire se llevará a cabo a través de la medición de tres variables fundamentales: la temperatura, la humedad y la cantidad de dióxido de carbono presentes en el ambiente; esta medición se realizará a través de una unidad única que permite la medición de estas tres variables y que será identificada como (UCA). Se colocarán varias y estarán dispuestas en diversas partes de las instalaciones, Serán las encargadas de medir localmente las condiciones del aire en cada área.

Los datos tomados por este equipo serán transmitidos hacia el Gateway (GCI) de la red KNX y desde este último, mediante protocolo Ethernet, hacia el servidor principal. El software central alertará sobre alguna condición fuera de los parámetros estándar y enviará las instrucciones para corregir cualquier eventualidad. Esto se llevará a cabo tomando acciones sobre las UMAs, permitiendo que acceda más aire fresco en sus entradas, para así sacar el aire viciado, o abriendo las ventanas de la edificación para que circule más aire fresco, con el fin de garantizar que se cumpla con lo establecido en la norma ASHRAE 62.1-2010 Apéndice C, donde se especifica la mínima ventilación requerida y otras medidas para edificios destinados a proporcionar una calidad de aire interior de confort para los ocupantes y que reduzca al mínimo los efectos adversos para la salud.

4.7 NARRATIVA DE CONTROL DEL SISTEMA INMÓTICO

El objetivo del presente punto es presentar la descripción de la narrativa de control de los instrumentos y equipos que conforman el sistema inmótico, contemplado dentro del Edificio Administrativo de PDVSA Agrícola, con el fin de garantizar el funcionamiento del sistema, y optimizar las funciones del edificio a través del protocolo KNX, con el objetivo principal de conseguir un ahorro energético, confort para las personas y un control de sistemas específicos del inmueble. La narrativa de control se realizó para la planta baja. El comportamiento en el resto de la edificación es análogo.

Esta narrativa de control se establece para realizar la configuración del sistema en el software ETS. Para ello, se debe definir el correcto emplazamiento de los componentes en el bus y la configuración de las direcciones tanto físicas como de grupo. Esto debe ser realizado por profesionales sub-contratados que posean certificación KNX PARTNET. La narrativa de control debe incluir las señales que se enviarán los componentes del sistema a través del protocolo KNX, su ubicación en el edificio y las conexiones lógicas de dichos componentes.

4.7.1 *Descripción del control de iluminación de Planta baja*

El sistema de control de iluminación, como se observa en la siguiente figura, requiere de tres tipos de sensores: pulsadores, detectores de presencia y sensores de luminosidad, los cuales se comunican bajo protocolo KNX con los actuadores de iluminación.

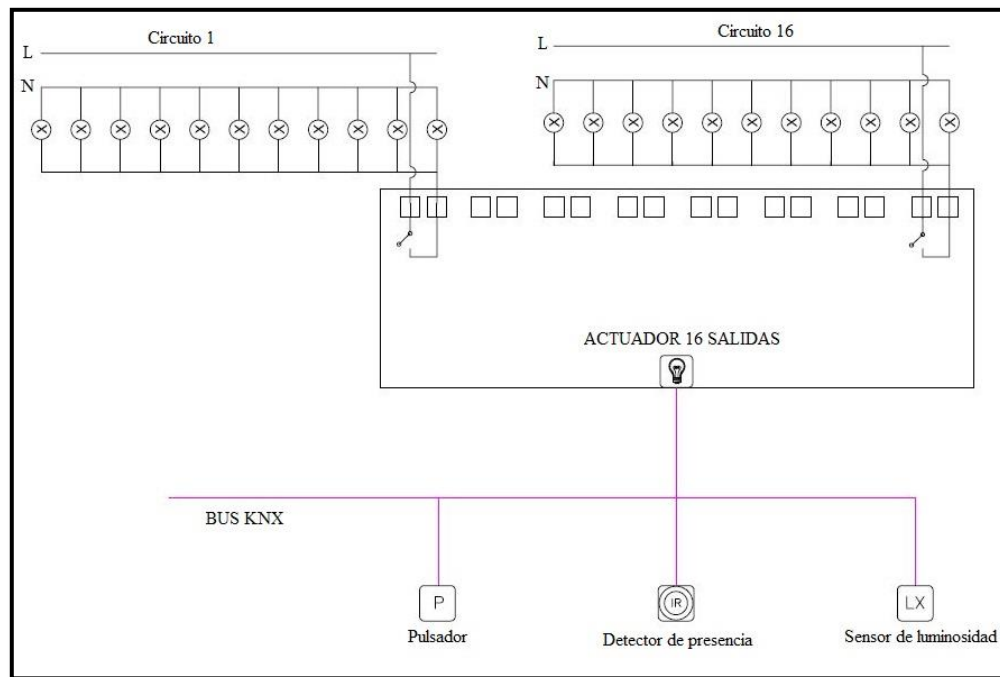


FIGURA 49.- Diagrama de conexión del control de iluminación.

Los actuadores de iluminación seleccionados son marca JUNG modelo 2316.16 RECHE. Poseen 16 salidas y están dispuestos para controlar 16 circuitos. Cada circuito incluye aproximadamente 8 lámparas LED de 60 W. El diseño contempla 28 circuitos para las áreas de Planta Baja, y Mezzanina, por lo que se implementó con 2 actuadores. El resto de las salidas (cuatro) estarán dispuestas para alguna modificación a futuro.

Como se observó en el diagrama anterior, cualquiera de los tres sensores puede dar la orden de encender y/o apagar el conjunto de circuitos para los cuales fueron asignados, por lo que se definen los siguientes servicios.

4.7.1.1 Servicio: Encendido y apagado por sensor de luminosidad

Este servicio se encarga de encender y/o apagar una serie de circuitos en función del nivel de luminosidad.

Existen niveles de iluminación recomendados para cada espacio, que guardan relación con las actividades que se desarrollan en ese sitio. Este parámetro se denomina “Nivel de Luminosidad” y su unidad de medida es el lux (lx).

Para este diseño se tomó el valor de 100 lx en todas las áreas, basados la norma COVENIN-2249-1993 (iluminancias en tareas y áreas de trabajo, donde se establecen valores recomendados de nivel de luminosidad media en servicio para actividades y tareas visuales específicas para áreas de trabajo en condiciones normales, apartado correspondiente a interiores destinados a uso comercial, institucional o reuniones públicas)

La siguiente tabla especifica los sensores, actuadores y señales correspondientes a este servicio.

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
EALX-001	Encender o apagar circuito N°: 1	0019-SLX001	Comedor	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)
EALX-002	Encender o apagar circuito N°: 2	0019-SLX002	Comedor	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)
EALX-003	Encender o apagar circuitos N°: 16,17	0000-SLX001	Edif. Adm PB	0021-ADL001 0021-ADL002	Recepción (tablero de iluminación)
EALX-004	Encender o apagar circuito N°: 8	0000-SLX001	Edif. Adm PB	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)
EALX-005	Encender o apagar circuitos N°: 7,13	0000-SLX003	Edif. Adm PB	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)
EALX-006	Encender o apagar circuitos N°: 11,15	0000-SLX004	Edif. Adm PB	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)

TABLA 28.- Lista de señales servicio Encendido y apagado por sensor de luminosidad.

Como lo indica la tabla anterior, cuando cualquiera de los sensores dispuestos detecte que la luminosidad se encuentra por debajo o por encima del umbral ajustado (100 lx), enviarán un telegrama por el bus KNX hacia el actuador de iluminación que procederá a encender o apagar el circuito correspondiente indicado por el telegrama recibido.

Los sensores de iluminación implementados son marca JUNG modelo 2095 LUX, los cuales poseen un rango de operación entre 0-2000 lx

4.7.1.2 Servicio: Encendido y apagado por detectores de presencia

Este servicio se encarga de encender y/o apagar una serie de circuitos en función de la detección de presencia.

La iluminación se activará cuando se acceda al área de detección. La luz se desconecta cuando no se necesita, cuando en el área de detección deja de registrarse movimiento y el tiempo de retardo a la desconexión ha transcurrido. Estos tiempos de retardo se han seleccionado en 30 segundos para los baños, 10 minutos en el resto del piso. Cada vez que se detecte movimiento el tiempo de retardo vuelve a empezar.

La siguiente tabla especifica las señales, sensores, y actuadores correspondientes a este servicio:

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
EADP-001	Encender o apagar circuito: 18	0000-DPT001	Baño damas PB	0021-ADL002	Recepción (tablero de iluminación)
EADP-002	Encender o apagar circuito: 19	0000-DPT002	Baño caballeros PB	0021-ADL002	Recepción (tablero de iluminación)
EADP-003	Encender o apagar circuitos: 14	0000-DPT003	Recepción	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
EADP-005	Encender o apagar circuito: 22	0022-DPT001	Baño logística damas Mezzanina	0022-ADL001	Mezzanina (tablero de iluminación)
EADP-006	Encender o apagar circuito: 23	0022-DPT002	Baño logística caballeros Mezzanina	0022-ADL001	Mezzanina (tablero de iluminación)
EADP-007	Encender o apagar circuito: 20	0022-DPT003	Baño damas Mezzanina	0022-ADL001	Mezzanina (tablero de iluminación)
EADP-008	Encender o apagar circuito: 21	0022-DPT004	Baño caballeros Mezzanina	0022-ADL001	Mezzanina (tablero de iluminación)
EADP-009	Encender o apagar circuitos: 26,28	0022-DPT005	Mezzanina	0022-ADL001	Mezzanina (tablero de iluminación)
EADP-009	Encender o apagar circuitos: 25	0022-DPT006	Mezzanina	0022-ADL001	Mezzanina (tablero de iluminación)
EADP-007	Encender o apagar circuitos: 3	0019-DPT001	Comedor	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)
EADP-007	Encender o apagar circuitos: 5	0019-DPT002	Comedr	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)

TABLA 29.- Lista de señales servicio Encendido y apagado por detectores de presencia.

Como lo indica la tabla anterior, cuando cualquiera de los sensores dispuestos detecte o no la presencia en su zona de cobertura, enviará un telegrama por el bus KNX hacia el actuador de iluminación que procederá a encender o apagar el circuito correspondiente indicado por el telegrama recibido.

Los detectores de presencia dispuestos en el diseño son marca JUNG modelo DWPM K 360. Son detectores del tipo Passive Infrared (PIR), con ángulo de detección de 360° y un radio de detección de aproximadamente 20 metros. Están basados en la diferencia de calor emitido por los seres humanos en movimiento respecto al del espacio vacío.

4.7.1.3 Servicio: Encendido y apagado por pulsadores

Este servicio se encarga de encender y/o apagar una serie de circuitos en función de la orden de un pulsador.

La siguiente tabla especifica los sensores, actuadores y señales correspondientes a este servicio.

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
EAPU-001	Encender o apagar circuitos N°: 6,24	0000-PDL001	Entrada Edificio Administrativo	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)
EAPU-002	Encender o apagar circuito N°: 4	0019-PDL001	Cocina	0021-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)
EAPU-003	Encender o apagar circuito N°: 27	0011-PDL001	Cuarto de IT	0022-ADL001	Mezzanina (tablero de iluminación)
EAPU-004	Apagado general	0000-PDL001	Entrada Edificio Administrativo	0021-ADL001 0021-ADL002 0022-ADL001	Recepción (tablero de iluminación)

TABLA 30.- Lista de señales servicio Encendido y apagado por pulsadores

Como lo indica la tabla anterior, cuando cualquiera de los pulsadores dispuestos sea activado, enviará un telegrama por el bus KNX hacia el actuador de iluminación, el cual procederá a encender o apagar el circuito correspondiente indicado en el telegrama recibido.

Los pulsadores dispuestos en el diseño son marca JUNG modelo AS 590-5 WW, los cuales poseen teclas dobles, para poder configurar el apagado y encendido de 2 circuitos por pulsador.

4.7.2 Descripción del control de climatización de Planta Baja

El sistema de control de climatización requiere de sensores termostatos, los cuales están dispuestos para controlar la temperatura del ambiente servido por UMAs,

con una temperatura fija de diseño. Compara los valores medidos con el valor teórico de diseño, y si excede este último, procede a enviar señales por el bus KNX hacia el actuador de la UMA para que se regulen los parámetros de ésta y se mantenga constante la temperatura de consigna.

Estos termostatos poseen dos estados como se puede observar en la tabla siguiente. El cambio de estado, para este diseño, viene dado por la apertura de ventanas. El módulo de entradas binarias le indicará al termostato si existen ventanas abiertas, para que cambie de estado; esto debido a que cuando las ventanas estén abiertas se hace necesario que el aire acondicionado disminuya su trabajo.

Termostato (TAG)	Estado	Temperatura(°C)
0019-STA001	Estado 1	21+/-1
0019-STA002	Estado 2	25+/-1

TABLA 31.- Estados de operación de los termostatos

Los actuadores de UMA implementados son marca Zennio modelo MAXinBOX FC FAN, destinados a cubrir las necesidades de control de la climatización en entornos KNX con unidades manejadoras de aire. La velocidad del ventilador se controla a través de una señal analógica de 0-10 VDC, mientras que las válvulas de los conductos del agua se controlan a través de salidas binarias.

Los termostatos son de marca JUNG modelo TR UD LS 231, que permiten la medición y regulación de la temperatura ambiente, y la medición y regulación de la temperatura en el ducto. Se les puede programar al menos dos estados de operación.

En la Planta Baja, para el control de climatización, se definen los siguientes servicios:

4.7.2.1 Servicio: Control de climatización UMAs de flujo de aire constante

Este servicio se encarga de regular las UMAs de flujo de aire constante y flujo de agua variable.

La UMA de este tipo es la que sirve aire hacia Recepción y Planta Baja, y está ubicada en Mezzanina. Puede observarse en el plano de ductos de HVAC en el anexo.

TAG	Ubicación
100-P0-UMA-001	Mezzanina

TABLA 32.- UMAs de flujo de aire constante en PB

La siguiente tabla especifica los sensores, actuadores y señales correspondientes a este servicio.

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
RVA-001	Regulación de la válvula de entrada de agua 100-P0-UMA001	0021-STA001	Mezzanina	0022-ADU003	Mezzanina

TABLA 33.- Lista de señales servicio Control de climatización de UMA constante.

El termostato 0021-STA001, cuyo estado de operación será siempre el Estado 2 (25°C +/-1 °C), enviará una señal RVA-001 hacia el actuador 0022-ADU003, ubicado en la UMA 100-P0-UMA001, con la información necesaria para que este abra o cierre la electroválvula de entrada de agua a la UMA, según los parámetros que serán establecidos en detalle por el Departamento de Aire Acondicionado.

4.7.2.2 Servicio: Control de climatización UMAs de flujo de aire variable

Este servicio se encarga de regular las UMAs de flujo de aire y agua variables. A diferencia del servicio anterior, la regulación es tanto en la válvula de entrada de agua como en la velocidad del motor.

Las UMAs de este tipo, como se identifica en la tabla siguiente, son las que sirven aire hacia el comedor, y están ubicadas en Mezzanina; pueden observarse en el plano de ductos de HVAC en el anexo.

TAG	Ubicación
100-P0-UMA-002A	Mezzanina
100-P0-UMA-002B	Mezzanina

TABLA 34.- UMAs de flujo de aire variable en PB

La siguiente tabla especifica los sensores, actuadores y señales correspondientes a este servicio.

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
RVA-002A	Regulación de la válvula de entrada de agua 100-P0-UMA002A	0019-STA001	Comedor	0022-ADU001	Mezzanina
RVA-002B	Regulación de la válvula de entrada de agua 100-P0-UMA002B	0019-STA002	Comedor	0022-ADU002	Mezzanina
RVM-002A	Regulación de la velocidad del motor 100-P0-UMA002A	0022-STD001	Mezzanina	0022-ADU001	Mezzanina
RVM-002B	Regulación de la velocidad del motor 100-P0-UMA002B	0022-STD002	Mezzanina	0022-ADU002	Mezzanina

TABLA 35.- Lista de señales servicio Control del climatización de UMAs variables

El termostato de ambiente 0021-STA001, según el estado en que se encuentre, enviará una señal RVA-002A hacia el actuador 0022-ADU001, ubicado en la UMA 100-P0-UMA002A, con la información necesaria para que éste abra o cierre la electroválvula de entrada de agua a la UMA, según los parámetros que serán establecidos en detalle por el Departamento de Aire Acondicionado.

El termostato del ducto 0021-STD001, según el estado en que se encuentre, enviará una señal RVA-002A hacia el actuador 0022-ADU001, ubicado en la UMA

100-P0-UMA002A, con la información necesaria para que regule las características de la velocidad del motor de la UMA, según los parámetros que serán establecidos en detalle por el Departamento de Aire Acondicionado.

4.7.3 Descripción del control de apertura de ventanas de PB

El sistema de control de apertura de ventanas, como se ve en la Figura 50, depende de tres tipos de sensores: pulsadores, estación meteorológica y unidad de calidad de aire, los cuales se comunican bajo protocolo KNX con los actuadores de ventanas.

Los actuadores de ventanas son marca JUNG modelo 2316.16 RECHE. Poseen 16 salidas y están dispuestos para controlar 8 ventanas, debido a que debe conectarse cada motor en dos salidas, para que gire en ambos sentidos y así controlar la apertura o cierre. El diseño contempla 16 ventanas en el área del comedor de la Planta Baja. En el resto de la Planta Baja no existen ventanas, por este motivo se implementó el uso de 2 actuadores: uno poseerá el control de las ventanas 1 a la 8 y el otro de la 9 a la 16.

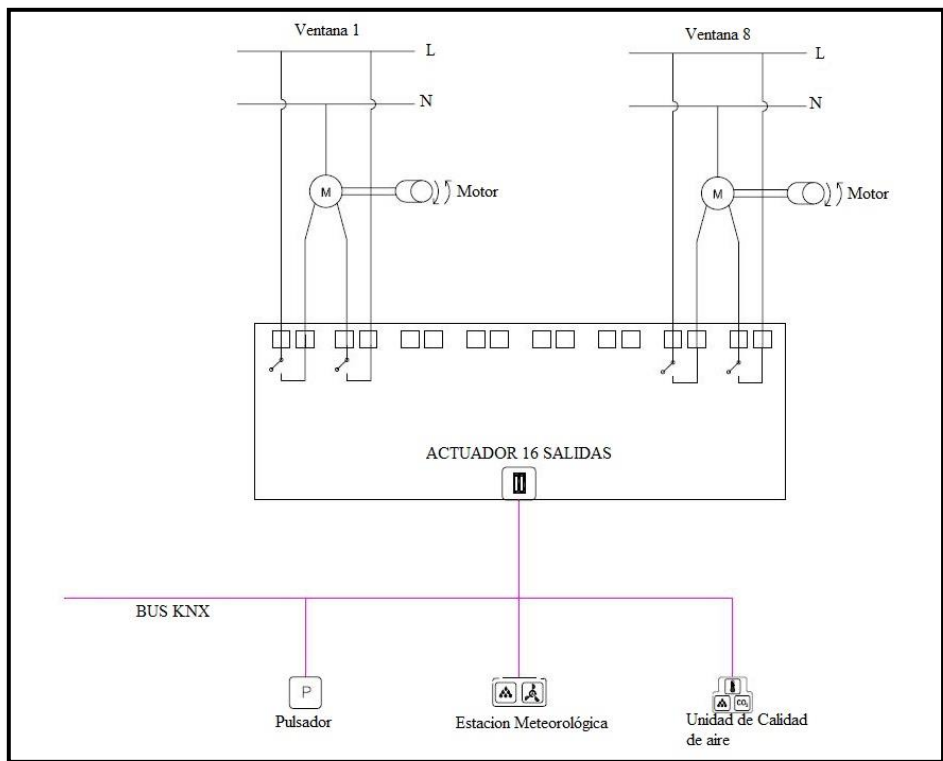


FIGURA 50.- Diagrama de conexión del control de apertura de ventanas

Como se observa en el diagrama anterior, cualquiera de los tres sensores puede dar la orden de abrir o cerrar las ventanas para las cuales fueron asignados. Se definen los siguientes servicios.

4.7.3.1 Servicio: Apertura y cierre de ventanas por orden del pulsador

Este servicio se encarga de abrir y cerrar las ventanas según sea la orden que se envía desde un pulsador de ventanas. La siguiente tabla especifica los sensores, actuadores y señales correspondientes a este servicio.

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
ACV-001	Abrir o cerrar ventanas: 1 a 8	0019-PDV001	Cocina	0019-ADV001	Comedor
ACV-002	Abrir o cerrar ventanas: 9 a 16	0019-PDV002	Cocina	0019-ADV002	Comedor

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
CET-001	Indicar que las ventanas 1 a la 8 están abiertas, para que el termostato cambie de estado	0019-MEB001	Comedor	0019-STA001	Comedor
CET-002	Indicar que las ventanas 9 a la 16 están abiertas, para que el termostato cambie de estado	0019-MEB002	Comedor	0019-STA002	Comedor

TABLA 36.- Lista de señales servicio Apertura de ventanas por pulsadores

Como se observa en la tabla anterior, cuando el pulsador 0019-PDV001 sea activado, enviará un telegrama por el bus KNX hacia el actuador de ventanas 0019-ADV001 que procederá a abrir o cerrar las ventanas de la 1 a la 8; del mismo modo, cuando el pulsador 0019-PDV002 sea activado, enviará un telegrama por el bus KNX hacia el actuador de ventanas 0019-ADV002 que procederá a abrir o cerrar las ventanas de la 9 a la 16. Además, en la tabla se observan las señales que envían los módulos de entrada binaria a los termostatos, para que estos cambien su estado de operación en el momento que se detecte una apertura de ventana.

Los pulsadores de ventana dispuestos son marca JUNG modelo AS 5232, los cuales poseen dos teclas para poder configurar la apertura o cierre del conjunto de ventanas, como se mencionó anteriormente.

4.7.3.2 Servicio: Apertura y cierre de ventanas por orden de UCA

Este servicio se encarga de abrir las ventanas debido a que la condición de calidad de aire medida en el ambiente es perjudicial para la permanencia de personas y se requiere que el aire sea renovado de inmediato.

La concentración de CO₂ en el aire se mide en partes por millón (ppm). Una calidad del aire buena no supera el valor límite de 1000 ppm, de acuerdo a la norma

venezolana COVENIN 3159 Calidad del aire. En caso de superarse los valores definidos en la norma, el sistema procede a abrir las ventanas de forma automática.

La siguiente tabla especifica los sensores, actuadores y señales correspondientes a este servicio.

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
AVC-001	Abrir ventanas de la 1 a la 8	0019- UCA001	Comedor	0019- ADV001	Comedor
AVC-002	Abrir ventanas de la 9 a la 16	0019- UCA002	Comedor	0021- ADL002	Comedor
CVC-001	Cerrar ventanas de la 1 a la 8	0019- UCA001	Comedor	0019- ADV001	Comedor
CVC-002	Cerrar ventanas de la 1 a la 8	0019- UCA002	Comedor	0021- ADL002	Comedor
CET-001	Indicar el estado de las ventanas 1 a la 8 para que el termostato cambie de estado de operación	0019- MEB001	Comedor	0019- STA001	Comedor
CET-002	Indicar el estado de las ventanas 9 a la 16 para que el termostato cambie de estado de operación	0019- MEB002	Comedor	0019- STA002	Comedor

TABLA 37.- Lista de señales servicio Apertura de ventanas por unidad de calidad de aire.

Como lo indica la tabla anterior, cuando las unidades de calidad de aire midan un nivel de concentración de CO₂ superior al establecido (1000ppm), se enviará un telegrama por el bus KNX hacia los actuadores que procederán a abrir todas las ventanas. Cuando se establezca en el ambiente una condición de calidad de aire menor a 1000ppm de CO₂, el sistema procederá a cerrar todas las ventanas.

Es importante mencionar que esta orden de apertura tiene asignada mayor prioridad que los servicios de control de ventanas por pulsador y estación meteorológica, es decir, hasta que no se obtenga la concentración de CO₂ adecuada no se podrá cerrar o abrir las ventanas desde otro servicio.

Las unidades de calidad de aire dispuestas son marca ELSNER modelo KNX AQS, y medirán la concentración de CO₂ en el comedor.

4.7.3.3 Servicio: Apertura y cierre de ventanas por estación meteorológica

Este servicio se encargará de abrir y cerrar las ventanas en función de las condiciones climáticas

La estación meteorológica envía al sistema Medición y evaluación de datos meteorológicos: velocidad del viento, precipitaciones, dirección del viento, crepúsculo, hora, temperatura, humedad del aire, y algún otro parámetro que se requiera.

Se abren las ventanas cuando la temperatura en el exterior del edificio se encuentre por debajo de 25 °C, con el fin de lograr un ahorro energético. Se cierran las ventanas cuando las condiciones climáticas puedan perjudicar el interior del edificio.

La siguiente tabla especifica los sensores, actuadores y señales correspondientes a este servicio.

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
CVE-001	Cerrar ventanas de la 1 a la 8	0006-EMT001	Techo	0019-ADV001	Comedor
CVE-002	Cerrar ventanas de la 9 a la 16	0006-EMT001	Techo	0021-ADL002	Comedor
AVE-001	Abrir ventanas de la 1 a la 8	0019-UCA001	Comedor	0019-ADV001	Comedor
AVE-002	Abrir ventanas de la 9 a la 16	0019-UCA002	Comedor	0021-ADL002	Comedor
CET-001	Indicar el estado de las ventanas 1 a la 8 para que el termostato cambie de estado de operación	0019-MEB001	Comedor	0019-STA001	Comedor

Señal		Sensor		Actuador	
TAG	Descripción	TAG	Ubicación	TAG	Ubicación
CET-002	Indicar el estado de las ventanas 9 a la 16 para que el termostato cambie de estado de operación	0019-MEB002	Comedor	0019-STA002	Comedor

TABLA 38.- Lista de señales servicio Cierre de ventanas por estación meteorológica.

La Estación meteorológica dispuesta para el diseño es marca JUNG modelo 2225 WSU. La estación meteorológica enviará un telegrama por el bus KNX hacia los actuadores de ventanas para que se proceda a cerrarlas cuando la velocidad del viento supere 100 km/h y/o cuando se detecte una precipitación por más de 2 minutos; cuando la estación meteorológica detecte que la temperatura esté cercana al estado de operación configurado para los termostatos, se procederá a abrir las ventanas.

Todos los sensores mencionados anteriormente regulan la apertura y cierre de ventanas, y en consecuencia, el estado de la climatización; en las siguientes figuras se muestran los diagramas de conexiones del control de aire acondicionado que se estableció para el diseño, tanto de UMAs constantes como variables, en relación con la apertura y cierre de las ventanas.

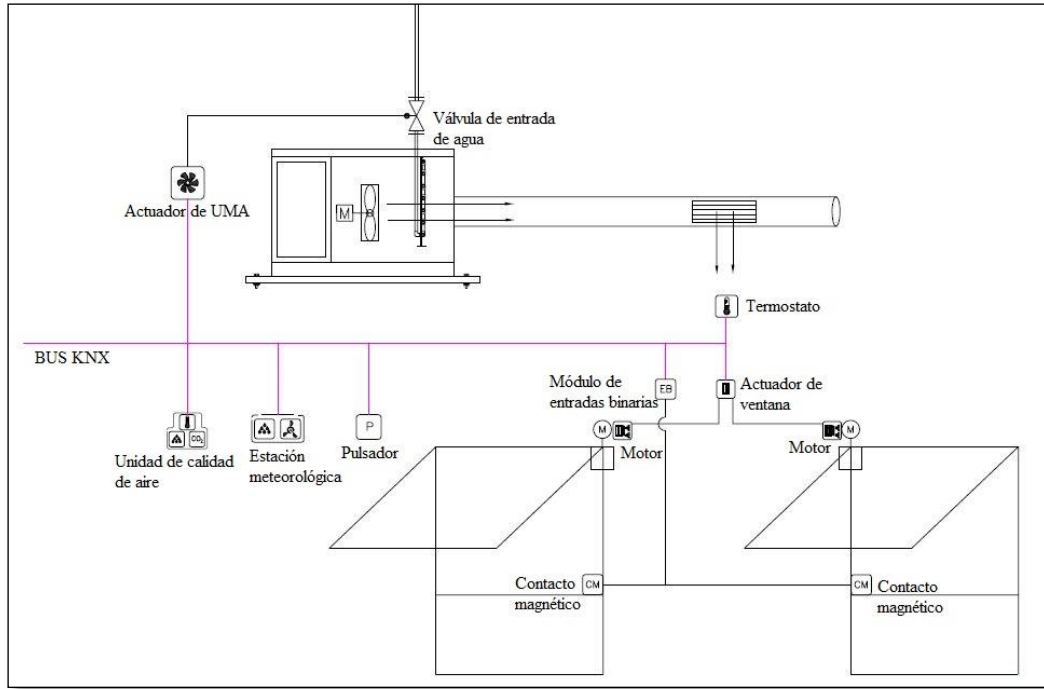


FIGURA 51.- Diagrama de conexión del control de climatización UMAs constantes.

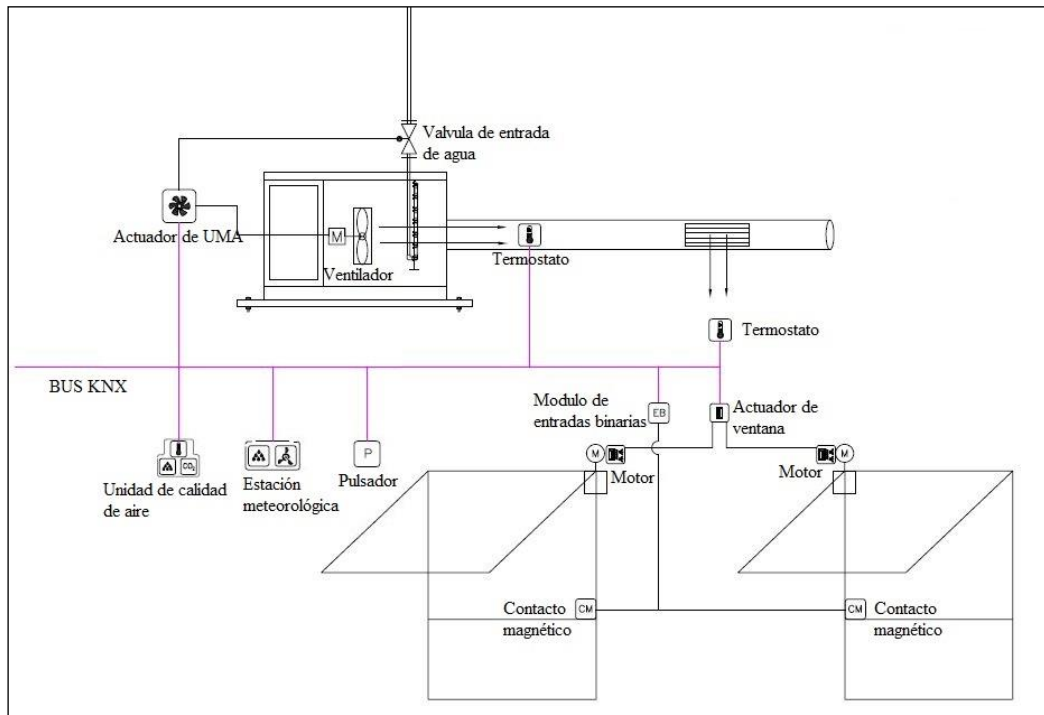


FIGURA 52.- Diagrama de conexión del control de climatización UMAs variables.

En los anexos adjuntos, se muestran en detalle la lista de materiales requerida para el sistema planteado, además de los planos obtenidos en este proyecto, como lo son: arquitectura del sistema inmótico, ubicación de equipos, ruta de canalización, ducto de aire acondicionado, ubicación de luminarias, detalle de conexionado de equipos, entre otros.

4.7 ANÁLISIS DE FACTORES ECONÓMICOS DE LOS SISTEMAS APLICADOS AL EDIFICIO

El análisis de los factores económicos de los sistemas se centra en la identificación de los costos asociados a:

I. Los Servicios Profesionales: Se refiere a los costos correspondientes a la gerencia del proyecto, el desarrollo de la ingeniería, a la asistencia técnica especializada.

II. Procura: Se refiere a los costos relativos a la adquisición de los equipos y materiales, incluyendo la nacionalización y transporte de ellos al sitio de la obra.

III. Construcción: Se refiere a los costos asociados a la movilización, la desmovilización, la instalación y montaje de los equipos y materiales, y la construcción de sus respectivas facilidades, los cuales son necesarios para la correcta y completa la implementación y puesta en operación de los sistemas referidos.

A continuación, se presentan los principales costos considerados en esta propuesta:

BSF	US\$
------------	-------------

I. SERVICIOS PROFESIONALES

5.400.000,00	
---------------------	--

a) Gerencia del Proyecto	675.000,00	
b) Ingeniería	4.455.000,00	
c) Asistencia técnica especializada	270.000,00	

II. PROCURA

	82.500,00
--	------------------

a) Equipos (ver detalle abajo)		75.000,00
--------------------------------	--	-----------

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	FABRICANTE	MODELO	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
1	FUENTE DE ALIMENTACION	6	JUNG	2002REG	230	1.380
2	ACOPLADOR KNX	4	JUNG	2142REG	375	1.500
3	INTERFAZ USB	1	ZENNIO	ZN15Y	175	175
4	ACTUADOR DE LUMINARIAS Y VENTANAS	40	JUNG	2316.16 RECHE	725	29.000
5	UNIDAD DE MEDICION DE CALIDAD DE AIRE	20	ELSNER	KNX AQS	260	5.200
6	TERMOSTATO	47	JUNG	TR UD LS 231	160	7.520
7	DETECTOR DE PRESENCIA	64	JUNG	DWPM K 360	150	9.600
8	SENSOR DE LUMINOSIDAD	26	JUNG	2095 LUX	65	1.690
9	MODULO DE ENTRADAS BINARIAS	22	ABB	BE/S 8X2.1	100	2.200
10	PULSADOR	25	JUNG	AS 5232	85	2.125
11	GATEWAY DE COMUNICACIÓN	1	JUNG	IPS 200 REG	230	230
12	ACTUADOR DE DAMPER	12	SIEMENS	G181.1E/KN - VAV	210	2.520
13	SENSOR DE PRESIÓN	12	SIEMENS	QBM2030-1U	83	996
14	ESTACION METEOROLÓGICA	1	JUNG	WSK 100 REG	348	348
15	ACTUADOR DE UMA	19	ZENNIO	MAXINBOX FC FAN	250	4750

b) Materiales (ver resumen abajo)		7.500,00
-----------------------------------	--	----------

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
1	CANALIZACIONES (BANDEJAS, "CONDUITS" Y ACCESORIOS)	1	SG	5.800	5.800
2	CABLE KNX	600	m	150	900
3	CABLES EN GENERAL	1	SG	500	500
4	CONECTORES EN GENERAL	1	SG	300	300

III. CONSTRUCCIÓN

24.975.000,00

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (BSF)	PRECIO TOTAL (BSF)
1	MOVILIZACIÓN Y OBRAS PROVISIONALES	1	SG	270.000	270.000
2	INSTALACIÓN Y MONTAJE	1	SG	24.300.000	24.300.000
2	ARRANQUE Y PUESTA EN MARCHA	1	SG	405.000	405.000

BSF

US\$

IV. TOTAL PROYECTO

30.375.000,00

82.5000,00

Es importante destacar que para la determinación de los costos asociados a los Servicios Profesionales y a la Construcción se buscó apoyo en la Unidad de Estimación de Costos de VEPICA quienes poseen data reciente de trabajos de magnitud y complejidades similares.

Finalmente, para valorar la rentabilidad de la inversión que este proyecto demanda, se pueden emplear métodos financieros, como lo puede ser la Tasa Interna de Retorno o de Rentabilidad (TIR), sin embargo, esto no forma parte de los objetivos del presente trabajo. No obstante, es conveniente y oportuno señalar algunos factores que favorecen a la rentabilidad del proyecto como los son: ahorros en los costos de operación y mantenimiento, ya que se obtiene un ahorro de energía debido al incremento de la eficiencia de los sistemas de Iluminación y Aire Acondicionado; adicionalmente se logra un incremento de la vida útil de la edificación y sus facilidades. El uso de esta tecnología brinda como beneficio colateral, confort térmico y visual a los usuarios, lo cual se traduce en un incremento importante de rendimiento laboral, sin embargo, cuantificar este beneficio, en términos monetarios, no es tarea fácil a través de métodos tradicionales.

CONCLUSIONES

A raíz del desarrollo de este trabajo, se pueden establecer algunas conclusiones:

- La domótica y su concepto de integración de todas las instalaciones del hogar dentro de un mismo sistema, es una tecnología que toma cada vez más y más fuerza, es por eso que debe ser aprovechada y promovida en nuestro país, lo cual implicaría un gran progreso tecnológico;
- La domótica integra el control y supervisión de los elementos existentes en la vivienda, relacionándolos mediante un sistema centralizado o distribuido;
- La inmótica es la automatización de edificios, brindando servicios avanzados de control, integrando todas las funciones que deben cumplir las edificaciones;
- De manera general, la domótica y la inmótica, racionalizan los consumos, incrementa la seguridad y aumenta la comodidad de una edificación, por ende los pilares fundamentales dentro de esta tecnología son, ahorro energético, confort, seguridad y comunicaciones;
- La incorporación de mecanismos inteligentes para la operación de las edificaciones permite obtener espacios de trabajo confortables y de calidad, lo cual redundará en beneficios de los usuarios aumentando significativamente su productividad. En conjunto con los ahorros energéticos asociados, la incorporación de la tecnología ofrece considerables beneficios;
- Los protocolos abiertos permiten llevar a la práctica el concepto de integración de sistemas, ya que no tienen restricciones de trabajo con ningún tipo de dispositivo para el control de los sistemas;
- El protocolo KNX equivale a un sistema distribuido en donde el traslado de información y la red eléctrica se encuentran separados, y no se requiere de un controlador principal, ya que todos los dispositivos se conectan directamente a

un bus de comunicaciones y contienen su propio microprocesador y electrónica de acceso al medio;

- KNX garantiza la compatibilidad de productos de más de 170 fabricantes internacionales certificados por la Asociación, brindando así mayor prestación en sistemas inmóticos y facilidades en la implementación;
- El diseño de automatización para el sistema planteado, cumple con las especificaciones y funcionalidades requeridas por el cliente;
- La utilización de sistemas de automatización permiten la interrelación entre las distintas variables que se pueden controlar en una edificación, en el caso de este proyecto, el control de climatización está directamente relacionado con el control de apertura y cierre de ventanas, tomando en cuenta la calidad de aire dentro del edificio y la temperatura externa a este, de tal manera que si se registra una temperatura externa cercana a la temperatura de diseño dentro del edificio, se aprovecha el ingreso del aire exterior y se reduce el trabajo de los equipos de aire acondicionado, así como también abrir las ventanas si se detecta una calidad de aire perjudicial para el ser humano, entre otros aspectos importantes mencionados en la narrativa de control del sistema inmótico;
- El control de iluminación de este proyecto contempla la regulación de la iluminación en función de la luz natural, trabajando con sensores de luz exteriores para la correspondiente regulación en el interior, para garantizar el mayor ahorro energético;
- Se estableció el diseño cumpliendo con las condiciones necesarias para el óptimo funcionamiento del sistema según las normas establecidas por el protocolo KNX, tomando en cuenta que no debe rebasar o extralimitar las distancias mínimas recomendadas entre componentes bus, fuente de alimentación, así como cada línea y área deben contar con su propia fuente de alimentación y en lo posible no ocupar más de 64 dispositivos en la misma línea.

- Los equipos se encuentran ubicados en lugares estratégicos del edificio, que no alteran el diseño arquitectónico de la edificación y permiten un acceso fácil a los dispositivos;

RECOMENDACIONES

En base a la experiencia obtenida a raíz del trabajo realizado, se pueden hacer algunas recomendaciones para proyectos de este tipo que se realicen en un futuro, viendo que es importante:

- Conocer los aspectos comerciales y técnicos del cliente antes de realizar el diseño de un sistema inmótico, a fin de elegir la tecnología más apropiada para el desarrollo del proyecto;
- Conocer las variables que el cliente desea controlar para ofrecer el diseño más eficiente que establezca un apropiado control de los sistemas, tomando en cuenta la interrelación de todas variables solicitadas;
- Elaborar en la etapa temprana del proyecto las bases y criterios de diseño del sistema inmótico, en los que se definan las condiciones y particularidades técnicas, y se establecen las Normas que rigen y respaldan el diseño, entre otros;
- Verificar en el sitio de la obra la ubicación de los equipos, las rutas de cables, las canalizaciones, entre otros para evitar problemas e interferencias en la instalación de los componentes del sistema;
- Realizar las pruebas individuales para los elementos que forman parte del sistema de control, a los fines de identificar posibles desperfectos físicos o de programación, previo a la iniciación de trabajos en obra;
- Los cables del bus KNX deben ir separados a no menos de 4cm de los cables de la red de alimentación eléctrica, a fin de evitar posibles interferencias;

- Todos los dispositivos del sistema inmótico deben estar bien identificados así como también, debe llevarse un registro histórico de cada componente bus, a los fines de facilitar el trabajo de mantenimiento;
- Se debe tener presente que los procesos de instalación, programación y mantenimiento del sistema inmótico deben ser llevados a cabo por personal calificado, en este caso, con certificación KNX partner, para el cumplimiento de este objetivo lo típico es manejarlo a través de un subcontrato;
- Los empalmes de los sistemas inmóticos deben realizarse sólo con los respectivos terminales y conectores aprobados para este fin;
- Se recomienda que dentro del campo de detección de los sensores de movimiento de presencia, y termostatos no se encuentren aparatos que produzcan calor;

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Castro Gil, Manuel-Alonso, Díaz Orueta, Gabriel, and Mur Pérez, Francisco. “*Comunicaciones industriales: sistemas distribuidos y aplicaciones*”. España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. 2007.
- [2] Núñez, Antonio. “*Domótica e inmótica KNX: guía práctica para el instalador*”. España: Ediciones Experiencia, 2011
- [3] Ortiz Yáñez, Rubén. “*El control eléctrico en los sistemas de edificios inteligentes*”. México: Instituto Politécnico Nacional, 2010.
- [4] José M. Huidrobro Moya, Ramón J. Millán Tejedor. “*Domótica. Edificios Inteligentes*”. Creaciones Copyright S.L. 2004.
- [5] Romero, Cristóbal, Vázquez, Francisco y de Castro, Caros, 2006. “*Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes*”. Segunda Edición Alfaomega Grupo Editor, S.A., México 2007. 416 pág.
- [6] Porras P., Carlos E. “*Estudio y diseño de un sistema inmótico para su aplicación en el Edificio de Laboratorios de la Universidad Católica Andrés Bello*”. (Tesis). Universidad Católica Andrés Bello. (2012)
- [7] Fritz W., Abrante B. “*Diseño e implementación de un sistema domótico de manejo remoto utilizando internet y tecnología celular*”. (Tesis). Universidad Católica Andrés Bello. (2005)
- [8] Fabara D., Carlos A. “*Diseño y simulación del sistema inmótico del Hospital un Canto a La Vida*”. (Tesis). Escuela Politécnica Del Ejercito departamento de eléctrica y electrónica. Sangolqui Ecuador. (2006)
- [9] El Proyecto Domótico. Metodología para la elaboración de proyectos y Aplicaciones domóticas. Valdivieso, Carlos Fernández y Matías Maestro, Ignacio R. Madrid 2004, p19.
- [10] Asociación Española de Domótica: “Que es Domótica” [En línea] [Citado el 26-08-2015]
Disponible: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>

[11] Asociación Española de Domótica: “Que es Domótica” [En línea] [Citado el 26-08-2015]

Disponible: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-inmotica>

[12] Cobos, Loayza, y Garay. “*Diseño inmótico para ahorro energético, seguridad y control de las instalaciones para el nuevo edificio de la FIEC*”. (Trabajo de titulación de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil Ecuador. (2006)

[13] El sector de la domótica, Reformas y Rehabilitación. (2011) [En línea] [Citado el 22-09-2015]

Disponible: <http://www.reformas-y-rehabilitaciones.es/blog/el-sector-de-la-domotica>

[14] Iniciación a la domótica. Editexbooks. 2009 [En Línea] [Citado el 22-09-2015]

[15] Aguirre, Stefania y Mogollón, Edison. “*Diseño e implementación del sistema inmótico para el control de iluminación en el aeropuerto de Latacunga basado en la tecnología Lonworks*”. (Trabajo de titulación de ingeniero electrónico). Escuela politécnica del ejército. Ecuador. (2011)

[16] Loja G., Milton J. “*Estudio y diseño inmótico para el edificio de biblioteca de la universidad Politécnica Salesiana sede Cuenta, Implementando la tecnología KNX para el control de iluminación, control de accesos y control de seguridad técnica*”. (Tesis) Universidad Politécnica Salesiana. (2013)

[17] La domótica un bien para todos [en línea]. España 2010 [Citado el 24-08-2015]

Disponible:

http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_30/ISABEL_YANEZ_1.pdf

[18] Durán A., Ana. “*Instalación domótica de una vivienda unifamiliar*” (Proyecto Fin de Carrera). Escuela Técnica Superior de Ingeniería, España (2009)

[19] Lema, Quintuña y Villa. “*Diseño e implementación de un sistema domótico mediante la utilización de tecnologías celular e internet*” (Tesis). Universidad Politécnica Salesiana, Ingeniería de sistemas. (2008)

- [20] Betancourt M., Andrés M. “*Diseño e implementación de un sistema modular para el control de iluminación, temperatura e inundación, en un ambiente de oficinas*”. (Tesis). Universidad Central de Venezuela. (2008)
- [21] Marval S., Salvador M. “*Automatización de los sistemas de aire acondicionado y luminarias del edificio de la escuela de Ingeniería Mecánica de la UCV mediante el uso de un controlador lógico programable*”. (Tesis). Universidad Central de Venezuela. (2008)
- [22] Galeano G., Julián. “*Diseño de un sistema domótico de altas prestaciones destinado a viviendas residenciales*”. (Trabajo final de carrera). Universitat Politècnica de Catalunya. (2011) [Citado el 24-08-2015]
Disponible: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/2859>
- [23] S.L.Jin, W.S. Yu, S.C. Chung, A. “*Comparative Study of Wireless Protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee and Wi-Fi, Industrial Electronics Society*”. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE. 2007
- [24] Sánchez Emilio “*Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino*” (proyecto final de carrera). Escola Tècnica Superior d’Enginyeria Informàtica Universitat Politècnica de València (2012).
- [25] Orbe A., Marcos H. “*Diseño de un edificio inteligente*” (Tesis Magister en Telemática). Universidad de Cuenca (2012).
- [26] H. Michael Newman “*Preguntas más frecuentes sobre el estándar BACnet, ANSI/ASHRAE 135-1995*” [En Línea] [Citado el 22-09-2015]
Disponible: <http://www.bacnet.org/FAQ/HPAC-3-97.html>
- [27] “*Introduction to BACnet for Building Owners and Engineers by members of the BACnet International Education Committee*”. [En Línea] [Citado el: 28-10-2015]
Disponible:<http://www.bacnetinternational.org/introductiontobacnet>
- [28] “*BACnet – A tutorial overview by Past Chairman Mike Newman*”. [En Línea] [Citado el 29-10-2015]
Disponible: <http://www.bacnet.org/Tutorial/HMN-Overview/sld001.htm>

[29] “*BACnet/IP by Joel Bender and Mike Newman of Cornell University*”. [En Línea] [Citado el 29-10-2015]

Disponible: <http://www.bacnet.org/Tutorial/BACnetIP/index.html>

[30] “*Aplicaciones de la Automática en Edificios Tema 4 BACnet*” Dr. Alberto Brunete Universidad Carlos III de Madrid [En Línea] [Citado el 30-10-2015]

Disponible: <http://albertobrunete.es/joomla/images/buildautomat/T4%20-%20BACNET.pdf>

[31] Ing. Jaramillo J., Iván “*Implementación de un sensor inteligente de temperatura soportado sobre el protocolo BACnet*” (Paper) Universidad Nacional de Colombia.

[32] “*BACnet 101- Introduction to BACnet.*” Control Solutions Inc., Minnesota. Member of BACnet International. [En Línea] [Citado el 30-10-2015]

Disponible: http://www.csimn.com/CSI_pages/BACnet101.html

[33] BACnet MS/TP [En Línea] [Citado el 30-10-2015]

Disponible: http://automationwiki.com/index.php/BACnet_MSTP

[34] “*Manual de usuario BACnet*” BACnet CFW-11 Manual del usuario, fecha de publicación 02/2014, Nro. Del documento: 10000857014/02

[35] “*Aplicaciones de la Automática en Edificios Tema 4 KNX*” Dr. Alberto Brunete Universidad Carlos III de Madrid [En Línea] [Citado el 27-08-2015]

Disponible: <http://albertobrunete.es/joomla/images/buildautomat/T4%20-%20KNX.pdf>

[36] “*Tutorial Virtual de Javier Barragán*” Dr. Javier Barragán Piña Universidad de Huelva España [En línea] [Citado el 12-10-2015]

Disponible: <http://uhu.es/antonio.barragan/content/knxuib>

[37] “*Instalaciones automatizadas en viviendas y edificios Bus de instalación Europeo EIB*” [En Línea] [Citado el 12-10-2015]

Disponible: http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/dom/eib/eib_basico.pdf

[38] Albert Hijano Badillo “*Proyecto de instalación eléctrica y domótica en una vivienda unifamiliar*” (proyecto final de carrera). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) España (2011).

[39] “*El sistema EIB*” [Citado el 12-10-2015]

Disponible: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11371/fichero/Volumen1%252FCapitulo3.pdf>

[40] “Curso domótica sistema KNX/EIB” Politécnico H. Lanz. Granada [Citado el 12-10-2015]

Disponible:

<http://ieshlanz.com/departamentos/electricidad%20y%20electronica/informacion%20pruebas%20libres%20de%20equipos%20e%20instalaciones%20electrotecnicas/apuntes%20y%20examenes%20de%20instalaciones%20automatizadas/curso%20domotica%20eibkonex.pdf>

[41] “Bus EIB” [En Línea] [Citado el 20-11-2015]

Disponible: http://odisea.ii.uam.es/esp/recursos/bus_eib.htm

[42] J.M. Maestre “Domótica para ingenieros” Editorial: Paraninfo. España

Disponible:

<https://books.google.co.ve/books?id=BAHsBgAAQBAJ&pg=PA32&lpg=PA32&dq=objetos+de+comunicacion+EIB&source=bl&ots=CjC3F75z4y&sig=GitP1gqIdZyxQdsMN8KGMo45fDE&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjxrePoxMzJAhVDVj4KHbp9D7YQ6AEISTAJ#v=onepage&q=objetos%20de%20comunicacion%20EIB&f=false>

[43] EIB “Técnicas de proyectos en instalaciones con EIB Principios básicos” 4ta edición Revisada EIBA.

[44] ABB i-bus KNX Fuente de alimentación KNX SV/S Manual del producto

[45] ABB i-bus KNX Acoplador de líneas LK/S 4.2 Manual del producto

[46] “Componentes KNX” [En Línea] [Citado el 20-11-2015]

Disponible: http://www.knxcomponentes.com/105-thickbox_default/k-bus-rs232-interface.jpg

[47] Zennio KNX USB interface zn1sy-usbp. Manual del producto

[48] “Certificación LEED” [En Línea] [Citado el 26-01-2016]

Disponible: www.usgbc.org/leed

ANEXOS