

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA UN
SISTEMA DE CONTROL HVAC EN UNA CENTRAL TELEFÓNICA**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Electrónico**, que presenta el bachiller:

Miguel Ángel Peralta Gutiérrez

ASESOR: Luis Ángel Velarde Criado

Lima, Marzo del 2014

*Dedico esta Tesis a mis padres,
por demostrarme siempre su amor y apoyo
incondicional sin importar las
circunstancias.*



INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA DE LA CLIMATIZACIÓN EN CUARTOS DE EQUIPO SENSIBLE.....	2
1.1. Potencialidades de los Sistemas HVAC a nivel mundial	2
1.2. Impacto de los Sistemas HVAC en la sociedad.....	2
1.3. Central Telefónica en estudio	2
1.4. Importancia de la Central Telefónica para la empresa	3
1.5. Problemas Potenciales de la Central Telefónica	3
CAPÍTULO 2: ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACION PARA APLICACIONES HVAC	5
2.1. Sistemas HVAC	5
2.1.1. HVAC.....	5
2.1.2. Ventajas de los Sistemas HVAC	6
2.1.3. Componentes de los Sistemas HVAC	6
2.2. Estado de la Investigación	8
2.2.1. Confort Térmico	8
2.2.2. Diseño Sostenible de Sistemas Automatizados	9
2.2.3. Aplicaciones de los Sistemas HVAC	9
2.3. Tipos de Sistemas de Comunicación.....	11
2.3.1. Sistema Abierto / Sistema Propietario	11
2.3.2. Estándar / Estándar de-facto	12
2.3.3. Interoperabilidad	12
2.4. Tecnologías de Comunicación para Sistemas de Control HVAC	12
2.4.1. Clasificación.....	12
CAPÍTULO 3: FUNCIONAMIENTO DEL BUS DE COMUNICACION KNX	18
3.1. Objetivos de la Investigación	18
3.1.1. Objetivo General.....	18
3.1.2. Objetivos Específicos	19
3.2. Selección de los parámetros de medición	19
3.3. Consideraciones para la elección del Sistema de Comunicación y equipos de tratamiento de aire.....	19

3.4. Equipos de tratamiento y entrega de aire	20
3.5. Bus de Comunicación KNX.....	20
3.5.1. Principales ventajas	21
3.5.2. Modos de Configuración.....	23
3.5.3. Medios de Comunicación	24
3.6. Aplicación del Bus KNX en el control de temperatura y ventilación	25
3.6.1. Transmisión por línea de bus	25
3.6.2. Topología.....	27
3.6.3. Tecnología de transmisión.....	29
3.6.4. Acceso al bus	30
3.6.5. Esquema de un telegrama y direccionamiento.....	31
3.6.6. Esquema de los componentes bus.....	32
3.6.7. Instalación.....	33
3.6.8. Comunicación con otros sistemas	34
CAPÍTULO 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA KNX PARA EL SISTEMA HVAC	36
4.1. Estudio de las condiciones del ambiente.....	36
4.2. Requerimientos y calor disipado por equipo.....	37
4.3. Cálculo de la carga HVAC	40
4.4. Selección de la unidad de aire acondicionado.....	46
4.5. Lógica de funcionamiento y consideraciones	47
4.6. Planificación del proyecto	48
4.6.1. Requerimientos del usuario	48
4.6.2. Determinación de la funcionalidad del sistema	48
4.6.3. Relación entre funciones y componentes del sistema.....	50
4.6.4. Comunicación con otras redes	50
4.7. Diseño del sistema.....	50
4.8. Cableado de preparación e instalación de los componentes bus.....	55
4.9. Representaciones funcionales.....	57
4.10. Programación de los componentes bus.....	60
4.11. Resultados y pruebas del diseño.....	69
4.12. Análisis de costos e impuestos de importación.....	70
4.13. Evaluación de la viabilidad y rentabilidad del proyecto.....	71

CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	76
ANEXOS.....	86



INTRODUCCIÓN

La implementación de un sistema HVAC aplicado un centro de datos y telefonía, donde operan distintos equipos electrónicos que en conjunto son el medio principal de comunicación en determinada empresa, es un tema de suma importancia, ya que se hace uso de equipos de aire acondicionado obsoletos que operan ininterrumpidamente, lo que trae como consecuencia un alto consumo de energía y alto riesgo de fallo.

Esta central está ubicada en una ciudad donde se presentan temperaturas elevadas de día y temperaturas adecuadas para el funcionamiento de los equipos de noche, característica del clima de este lugar que podría ser aprovechada para reducir costes en el consumo de energía.

Por otro lado, estos equipos de aire acondicionado son manipulados y supervisados por personal técnico a diario, situación que podría evitarse implementando un sistema inteligente con la opción de ser monitoreado remotamente.

El objetivo del presente estudio es el diseño del sistema de comunicación para controlar la temperatura y humedad de la central telefónica. Para ello se utiliza un bus para comunicar los diferentes actuadores y controladores que conforman el sistema de control.

En el primer capítulo se presenta las potencialidades de los sistemas HVAC a nivel mundial, el impacto de los sistemas HVAC en la sociedad y se define la importancia de la central telefónica para la empresa y los problemas potenciales del actual sistema de enfriamiento.

En el segundo capítulo, se encuentra la explicación teórica de los sistemas HVAC, su definición, las diversas tecnologías en este rubro, protocolos de comunicación, y la definición de los componentes del sistema de control HVAC.

En el tercer capítulo se detalla la operación del bus de comunicaciones EIB/KNX, topologías, esquema de sus tramas, transmisión por línea de bus, comunicación con otros sistemas, entre otros puntos.

En el cuarto capítulo se detalla el proceso de diseño completo, se calcula la carga de enfriamiento con un software para sistemas HVAC, se selecciona el equipo de aire acondicionado a usar, se seleccionan y se montan los componentes bus y se procede a programar cada componente.

CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA DE LA CLIMATIZACIÓN EN CUARTOS DE EQUIPO SENSIBLE

1.1. Potencialidades de los Sistemas HVAC a nivel mundial

La implementación de sistemas HVAC en sus distintas áreas de aplicación ofrece varias ventajas comparado con un sistema de ventilación convencional, se enfocará este trabajo esencialmente en tres de estos puntos, de los cuales se puede sacar bastante provecho, y particularmente en esta aplicación.

El primer punto es el ahorro de energía (equipo de aire acondicionado). El segundo punto es la comodidad térmica y el buen ambiente para el trabajo.

El tercer punto, consecuencia de los dos anteriores es una producción más eficiente de trabajadores o equipos gracias al ambiente térmico adecuado.

1.2. Impacto de los Sistemas HVAC en la sociedad

Es de conocimiento en Europa la satisfacción que dan a los usuarios las implementaciones de estos sistemas, no solo en sistemas HVAC sino en iluminación, seguridad y todo lo referente a casas y edificios inteligentes. Estos sistemas se presentan como una buena alternativa para la integración de los distintos servicios en edificios.

Los sistemas HVAC, son un requerimiento infaltable en la proyección de todo tipo de edificio moderno, en zonas calurosas y en general en lugares que requieran determinadas condiciones de temperatura, humedad, etc.

1.3. Central Telefónica en estudio

La central telefónica en mención está ubicada en la ciudad de Talara, distrito de Negritos, zona en la cual se presentan altas temperaturas todo el año, especialmente en el verano, donde la calidad de la comunicación en la empresa depende de la operatividad de la central, los dispositivos de la central son enfriados por un equipo de aire acondicionado, y al ser un equipo antiguo, estamos ante la posibilidad de un colapso de las comunicaciones en la empresa.

A esta central se le ha asignado un ambiente de tamaño reducido de 12.5 metros cuadrados, en el cual se encuentra el gabinete Meridian y un rack en el que se encuentran instalados otros equipos componentes de la central.

1.4. Importancia de la Central Telefónica para la empresa

Esta central telefónica es pieza fundamental del sistema de comunicaciones de la compañía Savia Perú; empresa que se dedica a la exploración y explotación de petróleo en el litoral de la costa norte del Perú.

La principal función de esta central es comunicar las demás centrales secundarias entre sí, y dar de esta manera comunicación a los diferentes departamentos de la empresa que se encuentran por toda la ciudad de Talara.

Para asegurar un correcto funcionamiento de la central, se necesita tener un ambiente correctamente climatizado, de esta manera se asegura en la empresa una comunicación fluida entre el campamento de familias, el área de producción, el área de mantenimiento, área de servicios administrativos y seguridad, y la red telefónica local.

1.5. Problemas Potenciales de la Central Telefónica

Para los sistemas de climatización HVAC, los métodos manuales y de lenta respuesta a los cambios climáticos, en términos de estructura tecnológica representan un sistema rudimentario, impreciso y de dudosa confiabilidad para la toma de decisiones. El sistema de climatización se centra en la modificación de las condiciones climáticas de un determinado ambiente, llevándose a cabo esto de acuerdo al criterio y la sensación del operador.

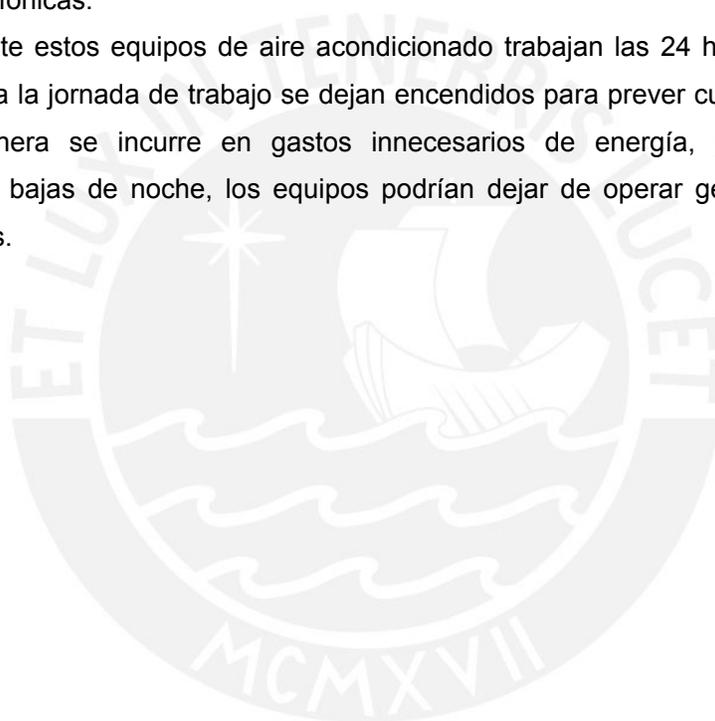
Dado que el proceso de climatización depende del criterio del operador, este podría tomar decisiones erradas como excesivo aire frío, o caliente, o corrientes de aire inadecuadas, lo que causaría incomodidad en el ambiente. Al mismo tiempo estos métodos al ser inexactos e ineficientes, conllevan al consumo excesivo e inútil de energía.

La central telefónica consta de los siguientes equipos:

- 1 central telefónica digital marca Nortel Networks modelo Meridian 1 opción 11C.
- 2 modems Teldat Ebano.
- 1 Router Cisco 1760.
- 1 computador personal.

Aparte del calor disipado por estos equipos electrónicos, la temperatura en esta zona llega hasta los 35° centígrados entre las 11am y 3pm con sensaciones de temperatura mayores en interiores, lo que implica condiciones de trabajo extremas para los equipos. Por otro lado en las noches, por ser una ciudad ubicada frente al mar, la temperatura baja considerablemente. Actualmente esta central trabaja con equipos de aire acondicionado antiguos, supervisados continuamente por personal debido a posibles fallas, este personal no está destinado exclusivamente a la tarea de supervisar el funcionamiento de estos equipos, lo que significa que en caso de falla, se debe esperar un tiempo considerable hasta el respectivo mantenimiento. Este alto en el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado puede ocasionar terribles fallas y daños en los gabinetes o centrales telefónicas.

Adicionalmente estos equipos de aire acondicionado trabajan las 24 horas del día, una vez terminada la jornada de trabajo se dejan encendidos para prever cualquier incidente, de esta manera se incurre en gastos innecesarios de energía, ya que al tener temperaturas bajas de noche, los equipos podrían dejar de operar generando ahorros considerables.



CAPITULO 2: ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACION PARA APLICACIONES HVAC

2.1. Sistemas HVAC

2.1.1. HVAC

Heating, ventilating, and air conditioning; Calefacción, ventilación y aire acondicionado.

Sistemas completos HVAC están compuestos de subsistemas que producen calor y frío, mueven fluidos de transporte de calor, y controlan su entrega al ambiente para mantener condiciones estables.

El calentamiento y enfriamiento son realizados por equipos head-end, incluyendo dispositivos de refrigeración, hornos y calderas. Los fluidos de transporte de calor son movidos por equipos de manejo de aire, ductos, registros, difusores de aire, bombas y sistemas de tubería para agua.

Todos los sistemas HVAC requieren alguna forma de control, ya sea manual o automático. El control automático permite que el equipo o el sistema entero, trabaje de una forma precisa y confiable para proveer confort, seguridad, y un eficiente consumo de energía. Estos logran su trabajo controlando una o más de las siguientes propiedades del medio de transporte, como son aire o agua y el equipo relacionado [1]:

- Temperatura
- Presión
- Variación de flujo
- Humedad
- Velocidad
- Tiempo

Las tareas de los sistemas HVAC son [4]:

- Calefacción
- Enfriamiento
- Des-humidificación
- Humidificación
- Ventilación
- Filtración de aire

2.1.2. Ventajas de los Sistemas HVAC

- Mayor comodidad, especialmente en periodos con temperaturas calientes o frías
- En sistemas HVAC inteligentes, menor consumo de energía, que significa menor facturación y degradación del medio ambiente.
- Mayor tranquilidad en el hogar por un menor ruido exterior
- Menos agujeros por donde el polen, el polvo, la contaminación y los insectos ingresan a su casa
- Una mayor durabilidad de la estructura del edificio por un movimiento reducido del aire húmedo.

2.1.3. Componentes de los Sistemas HVAC

Los dispositivos de control incluyen sensores, controladores y actuadores. Los sensores miden la variable controlada o monitoreada. La señal de salida del sensor es la entrada del controlador para el procesamiento; acción correctiva. El controlador determina si una señal debe ser enviada a una estación de monitoreo o a un actuador. Los actuadores manipulan los equipos para cumplir con el set-point deseado de la variable controlada [1].

A continuación describiremos algunos dispositivos de control básicos para sistemas HVAC.

- **Termostatos**

Los termostatos son dispositivos que sensan y responden a la temperatura, combinando funciones de sensor y controlador. Estos pueden ser diseñados para sistemas de calefacción, de enfriamiento o para la combinación de ambos. La más simple combinación de termostatos normalmente contiene un interruptor de selección de modo. Si el interruptor está configurado en el modo calefacción, el termostato permitirá el ingreso de más o menos energía calorífica al ambiente hasta que la temperatura de consigna es alcanzada. Si la temperatura del ambiente ya es más alta que la de consigna, debido a una fuente de calor incontrolable, como calor solar ganado a través de las ventanas, entonces bajando la temperatura de consigna del termostato no hará disminuir la temperatura del ambiente. Lo inverso sería verdad cuando el selector de modo esté en el modo cooling. Estos simples hechos son a menudo mal entendidos por la mayoría de usuarios [1].

- **Humidistatos**

Son dispositivos que sensan y responden a la humedad, ya sea relativa o absoluta. Los humidistatos envían una señal apropiada al controlador, para que este determine si hay que quitar o agregar humedad de la fuente de aire. Para controlar la humedad del ambiente, el flujo de aire puede contener humedad agregada por un humedecedor o removida por sobre-enfriamiento del aire para remover el exceso de humedad y entonces recalentar el aire para satisfacer los requerimientos del termostato. Todas estas funciones se llevan a cabo a través de controles, sin ninguna acción por parte de los ocupantes, sólo ajustar el set-point del humidistato [1].

- **Otros sensores de control**

Incluyen interruptores de presión y transmisores, los cuales responden a la presión, interruptores y transmisores de flujo, que responden al cambio de flujo, interruptores de velocidad, que responden al flujo, presión, o a un programa para controlar la velocidad de los equipos, e interruptores de posición que responden a las señales de abrir, cerrar o modular dampers, válvulas, etc. [1].

- **Controladores**

Los controladores son los que toman las decisiones en el sistema de control, están disponibles actualmente para todos los tipos de sistema de control; eléctricos, neumáticos, electrónicos, DDC, etc. Las señales de salida de estos dispositivos son típicamente de dos posiciones, proporcionales, acción directa o acción inversa. Muchos fabricantes de sistemas de control diseñan controladores dedicados para tipos específicos de equipos [1].

- **Actuadores**

Proveen el control físico de los equipos, típicamente dampers y válvulas. El movimiento del actuador resulta en respuesta de 2 posiciones o proporcional del equipo controlado. Los actuadores son diseñados como normalmente abiertos o normalmente cerrados. Los actuadores normalmente abiertos retornan a la posición abierta si la señal de control se apaga; los normalmente cerrados retornan a la posición cerrada [1].

- **Válvulas de control**

Son usadas para controlar el flujo de los fluidos. Las válvulas pueden ser de acción directa o de acción inversa. La combinación de una válvula y un actuador determina la posición del vástago de la válvula [1].

2.2. Estado de la Investigación

2.2.1. Confort Térmico

La norma ISO 7730 lo define como "aquella condición mental que expresa satisfacción con el ambiente térmico". Esta definición puede satisfacer a la mayoría de la gente, pero también es una definición que no es fácil de convertir en parámetros físicos.

La complejidad de la evaluación de la comodidad térmica se puede ilustrar con un ejemplo:

Un día de invierno frío y soleado, una persona vestida normal puede descansar en una habitación con calefacción, al tiempo que otra persona con ropa ligera puede estar haciendo deporte en el exterior. Ambas personas pueden sentirse cómodas aunque se encuentren en ambientes térmicos totalmente diferentes. Esto nos recuerda que la comodidad térmica depende de muchos parámetros físicos, en vez de solo uno, como por ejemplo la temperatura.

El ambiente térmico debe ser considerado conjuntamente con otros factores, como la calidad del aire, niveles de luz y ruido, cuando se evalúa nuestro ambiente de trabajo o doméstico. Si nosotros sentimos que el entorno de trabajo diario no es satisfactorio nuestro rendimiento laboral disminuirá inevitablemente. Por ello, la comodidad térmica tiene un gran impacto en nuestra eficacia laboral [2].

El estándar ASHRAE 55, titulado "Condiciones de confort de ambientes térmicos para ocupación humana" sostiene; el confort envuelve factores incluyendo la temperatura, velocidad del aire y humedad. En general, el estándar afirma que estas cantidades deben ser mantenidas dentro de niveles razonables y no son permitidos cambios rápidos o veloces.

Básicamente, el estándar identifica condiciones de temperatura y humedad que el 80% de los temas de investigación encontraron aceptable. Esto significa que habrá una gran probabilidad de satisfacción si se controla individualmente la temperatura [3].

La temperatura del aire ha sido documentada por afectar el rendimiento de los trabajadores. Pequeñas diferencias en temperatura han reportado tener un impacto en la productividad del 2 al 20% en tareas tales como escritura a máquina, rendimiento en aprendizaje, velocidad de lectura, velocidad de multiplicación y memoria de palabras.

2.2.2. Diseño Sostenible de Sistemas Automatizados

Lograr soluciones sostenibles aplicadas a edificios, para que estos sistemas logren su objetivo requiere que la arquitectura y la ingeniería trabajen muy estrechamente. Las soluciones en conjunto deben ser hechas para un rendimiento total del edificio, tomando en consideración las ventajas y desventajas, factores humanos y costo de ciclo de vida. Estos diseños sostenibles deberían crear ambientes de alto rendimiento, los cuales son caracterizados por cinco factores:

- Calidad del aire interior.
- Confort térmico.
- Calidad de iluminación.
- Componentes de luz de día.
- Conexión con el exterior.

Los diseños sostenibles inherentemente producen edificios que exceden los requerimientos mínimos de normas y estándares que predominan. Como las comunidades en varios niveles aprenden los beneficios del diseño sostenible, las normas sin duda incorporarán muchos de los principios sostenibles.

2.2.3. Aplicaciones de los Sistemas HVAC

a) **En el Hogar**

La utilización de sensores de temperatura permite gestionar la climatización del hogar. Es posible colocar sensores en cada habitación (zonificación de la calefacción) para regular individualmente la temperatura de cada estancia, o incluso en el exterior, para optimizar el funcionamiento de la calefacción.

Se pueden incorporar también detectores magnéticos en ventanas, de modo que si el sistema detecta una ventana abierta cuando está encendida la calefacción/climatización, apaga ésta y envía un aviso [5].

b) **En la Industria (laboratorios, centrales telefónicas)**

En entornos productivos donde el control de las variables ambientales tales como humedad, temperatura y presión, es fundamental dado que pequeñas variaciones de las mismas pueden estropear parte de la producción. Tener controladas dichas variables y almacenadas informáticamente, permiten hacer trazabilidad de los lotes de producción [6].

Un sistema de control HVAC correctamente diseñado puede proveer un ambiente confortable para sus ocupantes optimizando costos y consumo de energía, y una gama amplia de condiciones de operación.

Los controles automáticos regulan el rendimiento del sistema HVAC en respuesta a las condiciones variantes dentro y fuera del ambiente para mantener condiciones de confort general en áreas de oficinas, y proveen bajos límites de temperatura y humedad que son requeridos en áreas de producción.

Los controles automáticos perfeccionan el funcionamiento del sistema HVAC, pueden ajustar temperaturas y presiones para reducir la demanda cuando los espacios son desocupados, y regulan la calefacción y enfriamiento para proporcionar comodidad mientras se limita el uso de energía [1].

c) Grandes Edificios

- **Ahorro de Energía en Sistemas HVAC de Hoteles mediante el uso de Variadores de Velocidad**

A la gran mayoría de las personas les gusta sentirse como en su casa mientras se hospedan en algún Hotel. La comida, el interior de la habitación así como la calidad del amueblado contribuyen en gran medida al confort de los huéspedes. Sin embargo un deficiente sistema de HVAC (Ventilación, Calefacción y Aire Acondicionado) puede derivar en la no satisfacción de los clientes.

Instalando variadores de velocidad para controlar por ejemplo sistemas VAV (volumen variable de aire), ventiladores en la torre de enfriamiento, bombas de condensación de agua, bombas de agua helada, etc. aseguramos que el sistema solo provea lo que es necesario de acuerdo a la demanda ocupacional [7].

- **Reducción del Consumo de Energía**

Las condiciones de competitividad actual demandan una mayor eficiencia en la operación de los Hoteles siendo además de otros parámetros el más importante la relación entre costo/utilidad del edificio. El consumo de energía en Hoteles es muy significativo así como también el precio de la energía eléctrica se torna cada vez más cara. Ahorros en el consumo de energía de hasta el 50% en los sistemas HVAC de un Hotel pueden ser alcanzados dependiendo de la instalación, ubicación, demanda, etc. en comparación con los sistemas tradicionales [7].

- **Rápido Retorno de Inversión**

El tiempo de retorno de la inversión es generalmente menor a 24 meses gracias a los ahorros de hasta un 50% del consumo de energía eléctrica. Muchos de los sistemas existentes de HVAC operan al 100% de su capacidad durante día y noche. Esto es independientemente de que la demanda este variando. Usualmente los sistemas son dimensionados para cumplir con el peor caso de la demanda que suele ser la máxima ocupación en los días más calurosos [7].

d) Hospitales

Los centros de salud trabajan todos los días de la semana a pleno rendimiento y exigiendo la máxima fiabilidad y precisión. Las condiciones ambientales deben ser ajustadas rápida y uniformemente a las necesidades de cada paciente.

Las áreas especiales tales como los quirófanos, los laboratorios, deben mantener una temperatura específica, una filtración del aire y una ventilación adecuada [6].

2.3. Tipos de Sistemas de Comunicación

2.3.1. Sistema Abierto / Sistema Propietario

- **Sistema Abierto**

Es aquel que no está sujeto a pagos de regalías o licencias de uso para su utilización, sus componentes están de acuerdo con normas que garantizan su compatibilidad, aunque procedan de diferentes fuentes de aprovisionamiento. Por lo tanto es aquel que permitiría sustituir cualquiera de los componentes o dispositivos preseleccionados por uno similar de otro fabricante, que siga cumpliendo la funcionalidad y requisitos impuestos en el proyecto. Un sistema abierto no implica que sea un estándar reconocido por un organismo nacional o internacional.

- **Sistema Propietario**

Es el que no es abierto. Más en detalle, es un producto o sistema desarrollado por una empresa para sólo poder interactuar con sus propios dispositivos o con otros de terceros especificados anticipadamente. No es posible intercambiar dispositivos con diferentes tecnologías o de otros fabricantes.

2.3.2. Estándar / Estándar de-facto

- **Estándar**

Se entiende por protocolo estándar o tecnología estándar, aquella que ha sido reconocida por uno o varios organismos nacionales y/o internacionales de normalización (AENOR, ETSIT, IEEE, CENELEC, etc.) y que, por lo tanto, está siendo usada por muchas empresas en sus productos.

- **Estándar de-facto**

Se trata de una tecnología que, no habiendo sido reconocida por alguno de los organismos nacionales o internacionales de normalización, está siendo usada por multitud de empresas para el desarrollo e integración de sus productos, y por lo tanto, tiene una cuota de mercado importante en ese ámbito de aplicación.

2.3.3. Interoperabilidad

Asegura que los componentes de diversos fabricantes utilizados en diferentes aplicaciones funcionarán correctamente y permitirán la comunicación de unas aplicaciones con otras. Esto asegura un alto grado de flexibilidad en la ampliación o modificación de instalaciones.

Dos aplicaciones pueden comunicar entre sí directamente porque están conectadas por el mismo medio y usan el mismo protocolo o porque tienen la ayuda de una tercera aplicación que transforma un protocolo en otro o suministra un puente que permite conectar dos medios distintos [8].

2.4. Tecnologías de Comunicación para Sistemas de Control HVAC

La selección de tecnologías para la industria de la automatización depende de las necesidades, presupuesto, entorno físico de la zona donde serán aplicadas.

2.4.1. Clasificación

Se muestra una clasificación de tecnologías, protocolos y sistemas contemplados por la Comisión del Hogar Digital en su manual de Tecnologías, Sistemas y Normativas.

Atendiendo a esta clasificación hay que destacar las siguientes tecnologías [9]:

- **Konnex (KNX)**

Es una tecnología abierta, la cual está construida basada en un protocolo estandarizado por diversos organismos europeos. Por lo tanto, cubre todos los aspectos de un completo sistema de automatización, desde el protocolo hasta una amplia oferta de productos o dispositivos de diversidad de fabricantes. Esta tecnología contempla varios medios de transmisión (cable, radiofrecuencia, ondas portadoras, fibra óptica, etc.).

- **Lonworks**

Es un protocolo propietario, desarrollado por la empresa Echelon, el cual ha sido usado por diversidad de empresas para desarrollar sistemas propietarios de automatización.

Esta tecnología contempla varios medios de transmisión (cable, radiofrecuencia, ondas portadoras, fibra óptica). Se definen dos conceptos:

- **LonMark**

Al igual que Konnex, LonMark es una tecnología abierta por la que cualquier dispositivo LonMark de cualquier fabricante puede interactuar con otros dispositivos con el mismo sello. En este caso, los productos LonMark están contruidos en base en la tecnología propietaria de Lonworks.

- **ZigBee (IEEE 802.15.4)**

Es un estándar de-facto vía radiofrecuencia del organismo IEEE para la transmisión de datos a baja velocidad, con bajas latencias y con muy bajo consumo, típico de los sistemas de automatización y control. Cubre el nivel físico y de acceso al medio, por lo que encima de este se pueden construir sistemas propietarios de automatización.

Concebido por la asociación de decenas de empresas para la definición de un protocolo abierto para el intercambio de datos en sistemas de automatización, monitorización y similares.

- **X-10:**

Es una tecnología que permite la transmisión unidireccional o bidireccional de datos a muy baja velocidad (50bps) por la red eléctrica (ondas portadoras). El esquema de direccionamiento de dispositivos es muy sencillo y siempre se debe delegar a un sistema superior para tomar la iniciativa en el envío y gestión de los comandos. Los módulos actuadores X-10 se limitan a decodificar las órdenes recibidas y ejecutarlas sin realizar ningún proceso complejo o de análisis. Las funciones complejas (escenarios, programaciones, funciones lógicas, etc.) deben ser procesadas en el sistema propietario desarrollado por el fabricante.

A continuación se presenta algunas tablas comparativas sobre las diferentes tecnologías y protocolos de comunicación más usados en sistemas domóticos.

La figura 2.4-1 muestra una clasificación de las diferentes tecnologías para redes domésticas, subdividiéndolas en tecnologías de interconexión de dispositivos, redes de control y redes de datos.

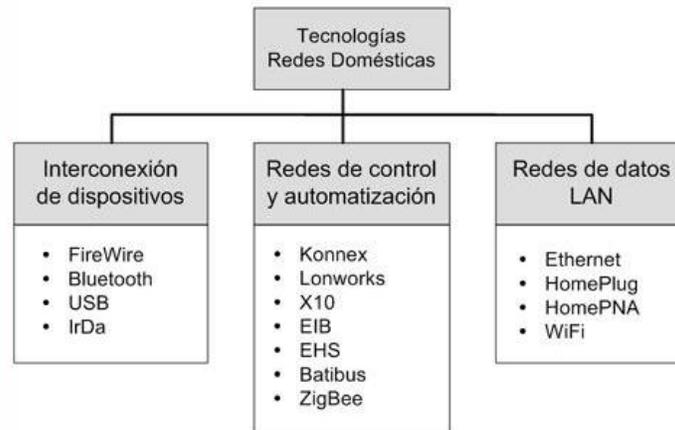


Fig. 2.4-1 Clasificación de Tecnologías y Protocolos de Redes Domesticas
Fuente: <http://www.casadomo.com>

La tabla 2.4-1 muestra una breve descripción de las tecnologías de interconexión de dispositivos.

Tecnología	Medio de Transmisión	Velocidad de Transmisión	Distancia máxima al dispositivo
IEEE 1394	UTP / FO	<ul style="list-style-type: none"> • 400 Mbps (v.a) • 3.2Gbps (v.b) 	• 4.5 m / 70 m
USB	USB	<ul style="list-style-type: none"> • 12 Mbps (v. 1.1) • 480 Mb/s (v.2) 	• 5 m
Bluetooth	• Inalámbrico	<ul style="list-style-type: none"> • 1 Mbps (v. 1) • 10 Mbps (v. 2) 	<ul style="list-style-type: none"> • 10 m (v.1) • 100 m (v.2)
IRDA	• Inalámbrico	• 9600 bps – 4 Mbps	• 2 m

Tabla 2.4-1 Interconexión de dispositivos.
Fuente: <http://www.casadomo.com>

La tabla 2.4-2 muestra un paralelo entre las tecnologías de interconexión de dispositivos, mencionando ventajas y desventajas de cada una.

INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS		
Tecnología	Pros	Contras
IEEE 1394	<ul style="list-style-type: none"> Amplio soporte en los Sistemas Operativos de última generación. Gran ancho de banda Ideal para aplicaciones de video digital Peer to peer 	<ul style="list-style-type: none"> Necesita un cable por dispositivo Tecnología cara en relación a sus prestaciones
USB	<ul style="list-style-type: none"> Montaje y configuración sencillo Ideal para la conexión de todo tipo de dispositivos a un PC o similar Tecnología asequible en cuanto a precio 	<ul style="list-style-type: none"> Necesita un host que controle la conexión Distancia entre dispositivos limitada
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> Inexistencia de cables Consumo de corriente bajo Posible comunicación activa 	<ul style="list-style-type: none"> Configuración y puesta en marcha Coste
IRDA	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología muy extendida Fácil implantación y uso 	<ul style="list-style-type: none"> Punto de acceso por estancia Velocidad baja

Tabla 2.4-2 Ventajas y desventajas de las tecnologías para Interconexión de Dispositivos.

Fuente: <http://www.casadomo.com>

La tabla 2.4-3 muestra una breve descripción de las tecnologías de redes de datos domésticas más conocidas, mencionando las características más importantes como medio de transmisión, velocidad de transmisión y distancia máxima.

REDES DE DATOS (LAN)			
Tecnología	Medio de Transmisión	Velocidad de Transmisión	Distancia máxima al dispositivo
Ethernet	• UTP / FO	• 100Mbps / 1 Gbps	• 100 m / 15 Km
HomePlug	• Cable eléctrico	• 14 Mbps	• 650 m ²
HomePNA	• Línea telefónica	• 10 Mbps	• 304.8 m • 929 m ²
IEEE 802.11	• Inalámbrico	• 54 Mbps (v.a y v.g) • 11 Mbps (v.b)	• 33 m (v.a) • 100 m (v.b)
	•	•	•
HiperLAN/2	• Inalámbrico	• 54 Mbps	• 100 m
	•		•
Home RF	• Inalámbrico	• 10 Mbps	• 38 m

Tabla 2.4-3 Redes de Datos

Fuente: <http://www.casadomo.com>

La tabla 2.4-4 muestra una breve descripción de las tecnologías de redes de control y automatización más difundidas, estas tecnologías son las que se implementan para hogares digitales y casa inteligentes.

REDES DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN			
Tecnología	Medio de Transmisión	Velocidad de Transmisión	Distancia máxima al dispositivo
Konnex	1. TP0 2. TP1 3. PL100 4. PL132 5. Ethernet 6. Radio	2. 9600 bps 3. 1200/2400 bps 4. 2.4 Kbps	2. 1000 m 3. 600 m
Lonworks	1. TP 2. Cable eléctrico 3. Radio 4. Coaxial 5. FO	1. 78 Kbps – 1.28Mbps 2. 5.4 Kbps	1. 500 – 2700.m
X10	Cable eléctrico	60 bps en EEUU 50 bps en Europa	185 m ²
BacNet	• Cable Coaxial • TP • FO	1 Mbps – 100 Mbps	Con Ethernet sobre TP: 100 m
EIB	1. TP 2. Cable eléctrico 3. RF 4. Infrarrojos	1. 9600 bps 2. 1200/2400 bps	1. 1000 m 2. 600 m 3. 300 m
EHS	1. Cable eléctrico 2. TP	1. 2.4 Kbps 2. 48 Kbps	
Batibus	TP	4800 bps	200 m a 1.500 m en función de la sección de cable
Cebus	• TP • Cable eléctrico • Radio • Coaxial • Infrarrojos	10.000 bit/s	En función de las características del medio
DALI	Par de cable	-----	200 m
Metasys	N2 Bus	9600 bps	1219 m
SCP	Cable eléctrico	<10 Kbps	-----
ZigBee	Inalámbrico	20 Kbps-250Kbps	10 m – 75 m

Tabla 2.4-4 Redes de Control y Automatización.

Fuente: <http://www.casadomo.com>

La tabla 2.4-5 muestra información adicional sobre tecnologías de redes de control y automatización más difundidas, indicando procedencia y ámbito de aplicación.

Iniciativa	Procedencia		Ámbito de aplicación
	Promotor	País	
Batibus	Merlin Gerin (Schneider Electric)	Francia	Europa
EIB	Siemens	Alemania	Europa
EHS	Comisión Europea	Unión Europea	Europa
X-10	Pico Electronics Ltd	UK	Mundial
LonWorks	Echelon	EE.UU.	Mundial
CEBus	Asociación de Industrias Electrónicas de EE.UU.	EE.UU.	EE.UU.
HBS		Japón	Japón

Tabla 2.4-5 Procedencia de las principales tecnologías de Redes de Control y Automatización.

Fuente: <http://www.casadomo.com>

De las tablas mostradas anteriormente se identifica la tecnología Konnex como una de las que soporta mayor número de medios de transmisión, esta es una de las razones por que la esta tecnología se constituye como un estándar a nivel mundial, sin embargo, se puede observar que tiene una velocidad de transmisión baja en comparación con Zigbee o con Lonworks, pero en este tipo de redes, y para la aplicación de este diseño, el factor velocidad no es muy relevante, y se justifica por ser Konnex un protocolo abierto, y descentralizado.

CAPÍTULO 3: FUNCIONAMIENTO DEL BUS DE COMUNICACION KNX

El presente diseño apunta a la optimización de un sistema de climatización rudimentario de una central telefónica digital. Esta central opera en la ciudad de Negritos, provincia de Talara, departamento de Piura, ciudad en la que la temperatura llega hasta los 35° centígrados entre las 11am y 3pm con sensaciones de temperatura mayores en interiores, lo que significa condiciones de trabajo extremas para los equipos. Por otro lado en las noches, por ser una ciudad ubicada frente al mar, la temperatura baja considerablemente. Actualmente esta central trabaja con equipos de aire acondicionado antiguos, supervisados continuamente por personal debido a posibles fallas, este personal no está destinado exclusivamente a la tarea de supervisar el funcionamiento de estos equipos, lo que significa que en caso de falla, se debe esperar un tiempo considerable hasta la respectiva supervisión. Este alto en el funcionamiento de los equipos de aire acondicionado puede ocasionar terribles fallas y daños en las tarjetas analógicas y/o digitales del sistema Meridian, y en la central telefónica en conjunto.

Adicionalmente estos equipos de aire acondicionado trabajan las 24 horas del día, una vez terminada la jornada de trabajo se dejan encendidos para prever cualquier incidente, de esta manera se incurre en gastos innecesarios de energía, ya que al tener temperaturas bajas de noche, los equipos podrían dejar de operar generando ahorros considerables.

Una solución a este problema es el uso de un sistema de climatización automatizado (HVAC) con monitoreo remoto, cambiando el sistema rudimentario por esta nueva alternativa, se tendrá un sistema confiable que no generará gastos inútiles, y tampoco nos generará gasto por personal, y al ser monitoreados remotamente nos dará la facilidad de controlar los parámetros ambientales de nuestra central a nuestro gusto.

3.1. Objetivos de la Investigación

3.1.1. Objetivo General

El objetivo general del presente trabajo es diseñar el sistema de comunicación para un sistema de control HVAC, que monitorea y mantiene en rangos predeterminados los niveles de temperatura y humedad de un cuarto donde se encuentra la central telefónica. Manteniendo estas variables en un determinado rango se asegura un correcto funcionamiento de los equipos, y de esta manera un mayor tiempo de vida.

3.1.2. Objetivos Específicos

- Evitar malas condiciones climáticas, temperaturas y niveles de humedad y flujos de aire inadecuados, proporcionando un clima cómodo tanto para personas como para equipos.
- Minimizar los costos en cuanto a consumo de energía de los equipos que conforman el sistema HVAC, y en cuanto a operadores de dichos equipos.
- Proveer con buenas condiciones climáticas, para un mejor desempeño de sistemas y personas, que se traduce luego en un incremento en la producción.
- Registrar constantemente niveles de temperatura, humedad, calidad de aire (proceso continuo e inteligente), nos da soluciones inmediatas para condiciones indeseadas.
- Posibilidad de programar opciones para determinados usuarios o grupos de usuarios con parámetros establecidos por ellos mismos.

3.2. Selección de los parámetros de medición

El ambiente a controlar posee equipos cuya óptima operación depende de determinadas condiciones climáticas. Verificando las hojas técnicas de los equipos en mención se concluye que se necesitará un ambiente con rangos de temperatura y humedad preestablecidos, que serán los parámetros de medición del proyecto, estas variables también influyen directamente en el tiempo de vida de los equipos.

3.3. Consideraciones para la elección del Sistema de Comunicación y equipos de tratamiento de aire

Se divide el sistema total en dos subsistemas. El primer subsistema consta de los equipos de tratamiento de aire, debido a que son pertenecientes a un sistema propietario. El segundo subsistema es el bus de comunicación y el sistema de control, en este caso nos referimos al sistema Konnex, que se describirá detalladamente en las páginas siguientes.

3.4. Equipos de tratamiento y entrega de aire

Se optó por elegir un sistema de tratamiento y entrega de aire mediano, que pueda proveer de suficiente aire frío al ambiente en estudio. Se proyecta instalar un sistema Split, compuesto por una unidad externa que es la unidad de enfriamiento, y una unidad interna para la entrega de aire y control.

En el capítulo de diseño se obtendrá la carga enfriamiento necesaria para mantener la temperatura del ambiente en un rango óptimo de trabajo, y de acuerdo a esta carga se podrá elegir un equipo de aire acondicionado adecuado.

3.5. Bus de Comunicación KNX

KONNEX (KNX) es la iniciativa de tres asociaciones europeas:

EIBA: (European Installation Bus Association),

BCI: (Batibus Club International),

EHSA: (European Home Systems Association),

Unidas con el objeto de crear un único estándar europeo para la automatización de las viviendas y oficinas.

Los objetivos de esta iniciativa son:

- Crear un único estándar para la Domótica e Inmótica que cubra todas las necesidades y requisitos de las instalaciones profesionales y residenciales en el ámbito europeo.
- Aumentar la presencia de estos buses domóticos en áreas como la climatización o HVAC.
- Mejorar las prestaciones de los diversos medios físicos de comunicación sobre todo en la tecnología de radiofrecuencia.
- Introducir nuevos modos de funcionamiento que permitan aplicar una filosofía Plug&Play a muchos dispositivos típicos de una vivienda.
- Contactar con empresas proveedoras de servicios, como las empresas de telecomunicaciones y las empresas eléctricas con el objeto de potenciar las instalaciones de telegestión técnica de las viviendas o domótica.

En resumen, se trata de, partiendo de los sistemas EIB, EHS y Batibus, crear un único estándar europeo que sea capaz de competir ventajosamente en calidad, prestaciones y precios con otros sistemas norteamericanos como LonWorks o CeBus.

Actualmente la asociación Konnex ha finalizado las especificaciones del estándar (versión 1.1) la cual es compatible con los productos EIB instalados.

Se puede afirmar que este nuevo estándar tiene lo mejor de EIB, de EHS y de Batibus y que aumenta considerablemente la oferta de productos para el mercado residencial el cual ha sido, hasta la fecha, la asignatura pendiente de este tipo de tecnologías [8].

3.5.1. Principales ventajas

La tecnología KNX es el resultado de la experiencia y el conocimiento adquirido durante los últimos 20 años por las tecnologías EIB, EHS y Batibus [8].

- **Estándar Internacional que garantiza su continuidad en el futuro**

KNX es el único estándar para el control de casas y edificios.

- **ISO/IEC:** Aprobó la tecnología KNX como el Estándar Internacional ISO/IEC 14543-3 en 2006.
- **CENELEC:** Aprobó la tecnología KNX como el Estándar Europeo EN 50090 en 2003.
- **CEN:** Aprobó la tecnología KNX como EN 13321-1 (simple referencia a EN 50090) y EN1332-2 (KNXnet/IP) en 2006.
- **SAC:** Aprobó la tecnología KNX como Estándar GB/T 20965 en China en 2013.
- **ANSI/ASHRAE:** Aprobó la tecnología KNX como el Estándar Estadounidense ANSI/ASHRAE 135 en 2005.

- **KNX Garantiza Interoperabilidad e Interworking de productos**

El proceso de certificación KNX asegura que funcionarán y se comunicarán diferentes productos de diferentes fabricantes usados en diferentes aplicaciones. Esto asegura un alto grado de flexibilidad en la extensión y modificaciones de las instalaciones.

KNX es el único estándar para el control de casas y edificios que lleva a cabo un plan de certificación para productos y personas.

- **KNX representa alta calidad de producto**

La Asociación KNX exige un alto nivel producción y control de calidad durante todas las etapas de la vida del producto. Por esta razón, todos los miembros fabricantes tienen que mostrar conformidad con la norma ISO 9001, incluso antes que puedan solicitar la certificación de productos KNX.

Adicionalmente a la ISO 9001, los productos deben cumplir con los estándares tanto europeos como internacionales para el control de casas y edificios.

- **Herramienta Software independiente del fabricante**

La herramienta de software ETS permite proyectar, diseñar y configurar todos los productos certificados KNX, esta herramienta además es independiente del fabricante, el integrador de sistemas podrá combinar los productos de varios fabricantes en una instalación.

- **KNX puede ser usado para todas las aplicaciones en el control de casas y edificios**

KNX puede ser usado para el control de todas las posibles funciones y aplicaciones en casas y edificios desde iluminación, ventanas, control de seguridad y alarmas, calefacción, ventilación, aire acondicionado, control de agua, hasta aplicaciones para el hogar, audio, video y mucho más.

KNX mejora el confort y la seguridad con sus instalaciones así como contribuye al ahorro energético y la protección del clima (se puede conseguir hasta un 50% de ahorro en iluminación y calefacción).

- **KNX puede ser acoplado a otros sistemas**

Distintos fabricantes ofrecen pasarelas a otros sistemas de automatización de edificios, redes de telefonía, redes multimedia, redes IP.

- **KNX soporta diferentes medios de comunicación**

KNX soporta Par Trenzado (KNX/TP), Corrientes Portadoras (KNX-PL), Radiofrecuencia (KNX-RF) e IP/Ethernet (IP KNX).

3.5.2. Modos de Configuración

El estándar KNX permite a cada fabricante una elección libre entre el modo de configuración y el medio de comunicación para el desarrollo de un dispositivo en una aplicación del sistema (ver figura 3.5-1) [8].

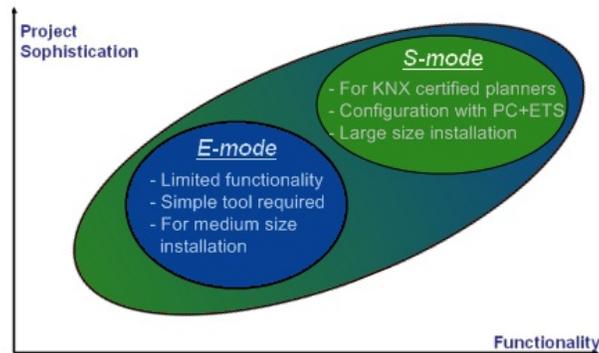


Figura 3.5-1 Modos de Funcionamiento de KNX

El Estándar KNX incorpora dos modos de configuración:

a) “S-mode” (Modo Sistema – System mode)

Este mecanismo de configuración está dirigido a los instaladores KNX formados que llevan a cabo funciones de control sofisticadas en sus instalaciones. Una instalación realizada con componentes "S-Mode" puede ser proyectada a través de la herramienta software única ETS® 4 Professional, sobre la base de las DB (bases de datos) de cada fabricante. ETS se emplea también para enlazar los productos y configurarlos, esto es fijar los parámetros disponibles que son requeridos por la instalación y descargarlo. "S-Mode" le ofrece el mayor grado de flexibilidad para la realización de las funciones de control de edificios.

b) “E-mode” (Modo Fácil – Easy mode)

Este mecanismo de configuración está dirigido para instaladores con conocimientos básicos sobre KNX. Los productos compatibles con “E-Mode” ofrecen limitadas funciones comparado a modo S-Mode. Los componentes E-Mode ya están pre-programados y cargados con parámetros por defecto. Con un simple configurador, cada componente puede ser parcialmente reconfigurado (principalmente sus parámetros de configuración y los enlaces de comunicación).

3.5.3. Medios de Comunicación

Aparte de los modos de configuración, el estándar KNX incluye diversos medios de comunicación. Cada medio de comunicación puede ser utilizado en combinación con uno o dos modos de configuración, permitiendo a cada fabricante escoger la combinación correcta para cada segmento de mercado y aplicación [18].

- **TP-1 (Par Trenzado, Tipo 1 – Twisted pair, type 1)**

Este medio de comunicación, par trenzado, con una velocidad binaria de 9600 bits/s ha sido tomado del bus EIB. Los productos certificados EIB y KNX TP1 operarán y comunicarán entre ellos a través de la misma línea de bus.

- **PL-110 (Línea eléctrica, 110 kHz - Powerline, 110 kHz)**

Este medio de comunicación, línea eléctrica, con una velocidad de transmisión de 1200 bits/s, ha sido también asumido del EIB. Los productos certificados EIB y KNX PL-110 operarán y comunicarán entre ellos en la misma red de distribución eléctrica.

El Sistema EIB Powernet (EIB-PL) hace posible la transmisión de telegramas a través de la red de 230/400 V. De este modo, ya no es necesaria una línea de bus independiente. La transmisión de telegramas tiene lugar a través de los conductores de fase y neutro, los cuales deben estar conectados a cada uno de los aparatos. El sistema es compatible con los componentes EIB y sus correspondientes herramientas.

- **RF (Radiofrecuencia a 868 MHz – radio frequency on 868 MHz)**

Los dispositivos KNX admiten este medio de transmisión que emplea señales de radio para transmitir telegramas KNX. Dichos telegramas son transmitidos en la banda de frecuencia 868 MHz (dispositivos de corto alcance), con una fuerza máxima irradiada de 25 mW y velocidad de transmisión de 16.384 Kbit/s. El medio de transmisión KNX RF puede ser fabricado con componentes que se encuentran ya disponibles. Otras características son que permite implementaciones tanto unidireccionales como bidireccionales, se caracteriza por su bajo nivel de consumo energético y está destinado a pequeñas y medianas instalaciones que sólo necesitan transmisores en casos excepcionales.

- **Ethernet (KNX sobre IP – KNX-over-IP)**

Este amplio y difundido protocolo de comunicación puede ser utilizado conjuntamente con las especificaciones “KNX sobre IP”, las cuales permiten el envío de telegramas KNX encapsulados en telegramas IP a una velocidad de transmisión de 10-100 Mbps.

3.6. Aplicación del Bus KNX en el control de temperatura y ventilación

El propósito de un control de temperatura y ventilación es mantener al mínimo las necesidades de consumo energético de una habitación, mientras asegura el máximo nivel de confort de sus ocupantes.

El funcionamiento óptimo del sistema control de temperatura se consigue utilizando un control “inteligente” a través del bus KNX, el cual:

- Establece los periodos de calefacción/cooling de cada habitación individual, de acuerdo con los periodos de uso.
- Ajusta de forma individual las temperaturas posibles de cada habitación en función de su uso (por ejemplo una mayor temperatura cuando la sala está desocupada momentáneamente, que desciende cuando hay personas que aportan calor).
- Conmuta el sistema HVAC por completo, o disminuye la carga térmica de forma general cuando el edificio no esté siendo usado.
- Controla la velocidad de rotación de la bomba de circulación.

Las diferentes aplicaciones, como por ejemplo el control de persianas, la vigilancia de ventanas y el control HVAC pueden asimismo comunicarse unos con otros, de forma que los sensores pueden usarse para más de un propósito, intercambiando así información relevante sobre el estado del sistema. El Bus KNX también facilita la vigilancia y control remoto.

3.6.1. Transmisión por línea de bus

En cualquier edificio residencial o funcional, los sistemas técnicos de las distintas instalaciones tienen que cumplir similares objetivos, como por ejemplo:

- Control de iluminación, persianas y toldos.
- Control HVAC individual de cada habitación.
- Gestión de cargas eléctricas.
- Vigilancia del edificio.
- Monitorización, visualización, registro y operación.
- Comunicación con otros sistemas.

Hasta ahora se han utilizado para estos diversos fines sistemas independientes, lo que supone una gran cantidad de cables con el consiguiente aumento del riesgo de incendios, así como una mayor complejidad en la gestión del tendido de estas redes.

Apenas resulta posible ampliar o extender instalaciones eléctricas existentes en casos de renovación o cambios de uso y no existe prácticamente ninguna posibilidad de combinar los diferentes sistemas. Hoy en día, sin embargo, el sistema KNX ofrece una solución de futuro segura para la gestión técnica de edificios (ver Fig. 3.6-1). El uso de un par trenzado independiente (el bus), como medio de transmisión de la información de control, ofrece una gran fiabilidad y seguridad. Se trata pues de una solución de futuro, compatible, flexible y rentable, para un amplio abanico de aplicaciones diferentes en el hogar, y más aún para edificios funcionales. El sistema completo, desde el tendido del bus, pasando por el montaje e instalación de los “componentes bus”, y hasta la puesta en marcha, mantenimiento y comprobación de las instalaciones, está perfectamente hecho a medida de los profesionales de las instalaciones eléctricas [10]. Resulta particularmente destacable:

- El tendido de la línea bus en paralelo al circuito de fuerza, es decir, disposición simple de los cables.
- El uso de cajas de distribución y de tomas de corriente convencionales.
- La disposición descentralizada, independiente de las dimensiones del sistema.
- La facilidad para adaptar las funciones ante un cambio de uso, sin necesidad de cambiar el cableado.

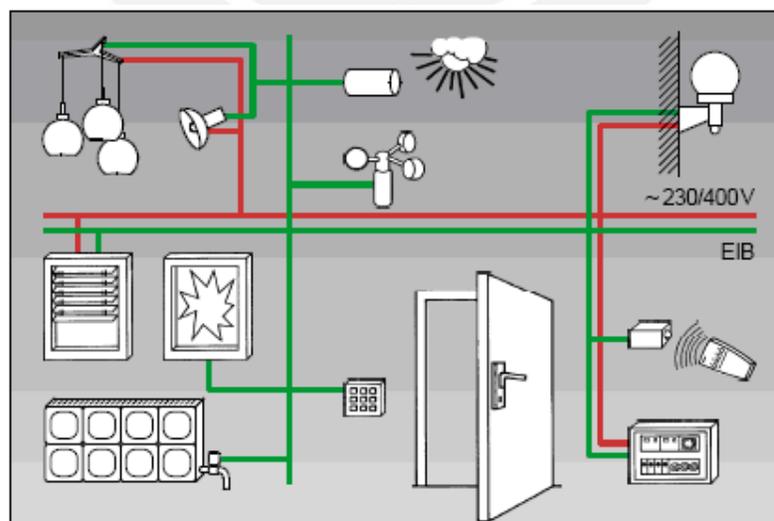


Fig. 3.6-1 Sistema KNX en instalaciones eléctricas

3.6.2. Topología

Debido a que el bus KNX debe resultar económicamente asequible desde el sistema más pequeño hasta las soluciones más complejas implementadas en edificios funcionales, tiene una estructura jerárquica. La línea forma la unidad de instalación más pequeña (ver Fig. 3.6-2).

Una línea consta de un máximo de cuatro segmentos de línea, cada uno de los cuales puede disponer de 64 componentes bus. Mediante el uso de “acopladores de línea” (AL) es posible unir hasta 15 líneas en un “área”, por medio de la “línea principal” (ver Fig. 3.6-3). Si fuese necesario conectar más de 64 aparatos en una línea o no fuera posible mantener las longitudes de línea especificadas en el anexo de instalación del bus, pueden utilizarse “repetidores” (REP) en la línea, permitiendo conectar más componentes bus a la línea o prolongar la misma a larga distancia. El repetidor forma un nuevo segmento de línea, que necesitará disponer de una fuente de alimentación con bobina (filtro), propia.

En relación con la necesidad de aumentar aún más el número de componentes bus o la longitud de la línea, pueden seguir añadiéndose hasta un máximo de tres segmentos por línea. Los tres repetidores deben colocarse en paralelo tras el segmento de línea principal, no permitiéndose la colocación de éstos en la línea principal del área.

Mediante acopladores de área (AA) es posible conectar hasta 15 áreas, por medio de la “línea de áreas” (ver Fig. 3.6-4). Además, interfaces adecuados permiten conectar el bus KNX con otros sistemas de automatización de edificios.

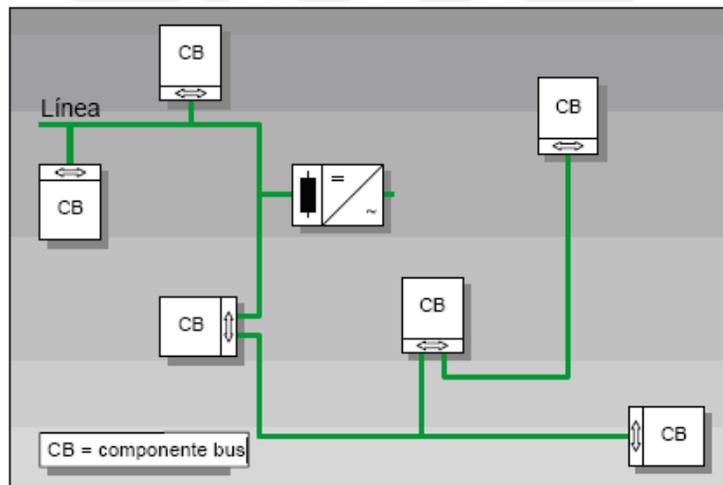


Fig. 3.6-2 Topología KNX, línea

Cada línea dispone de su fuente de alimentación KNX (FA), y está separada galvánicamente del resto de líneas, lo que supone que si se produce un fallo en una línea, el resto seguirá funcionando normalmente.

La división del bus KNX en áreas y líneas es muy ventajosa, ya que significa que el tráfico de información local (de cada línea), no afecta a los datos del resto de las líneas o áreas. El acoplador de línea impide el paso hacia otras líneas, de telegramas cuyo destino sean elementos de su línea. Al mismo tiempo, ignora aquellos telegramas provenientes de otras líneas o áreas que no conciernan a elementos de su línea. Esto facilita la comunicación simultánea en múltiples líneas independientes unas de otras. Los acopladores de áreas funcionan de forma similar.

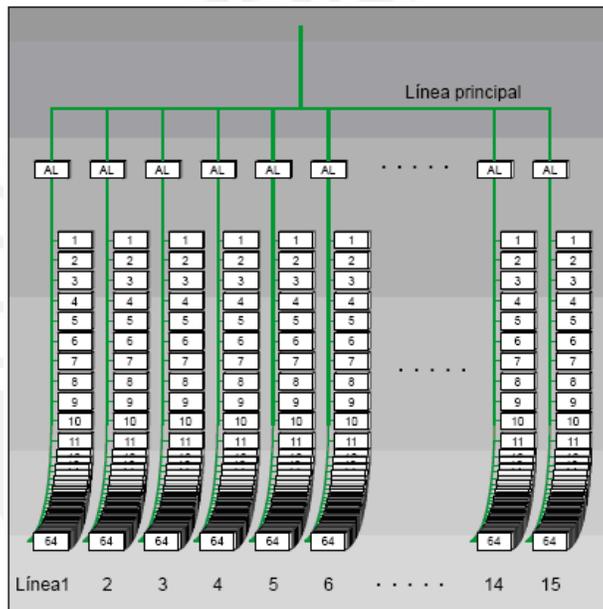


Fig. 3.6-3 Topología KNX Área

Los controladores de aplicaciones pueden ser usados para organizar funciones complejas o muy numerosas. Estos dispositivos realizan funciones como:

- Funciones de temporización,
- Procedimientos de control de sucesos,
- Registro de sucesos y/o variable,
- Conexión a dispositivos de diagnóstico y programación.

Gracias a la división jerárquica en áreas y líneas, la instalación de un sistema KNX resulta fácilmente comprensible a la hora de la puesta en marcha, el diagnóstico y las tareas de mantenimiento. Comenzando por una o unas pocas líneas al principio de la

instalación, es posible ampliar paso a paso el sistema cuando y como las nuevas necesidades o usos de las instalaciones así lo requieran (mayor número de componentes bus, mayores longitudes de cable, etc.) [10].

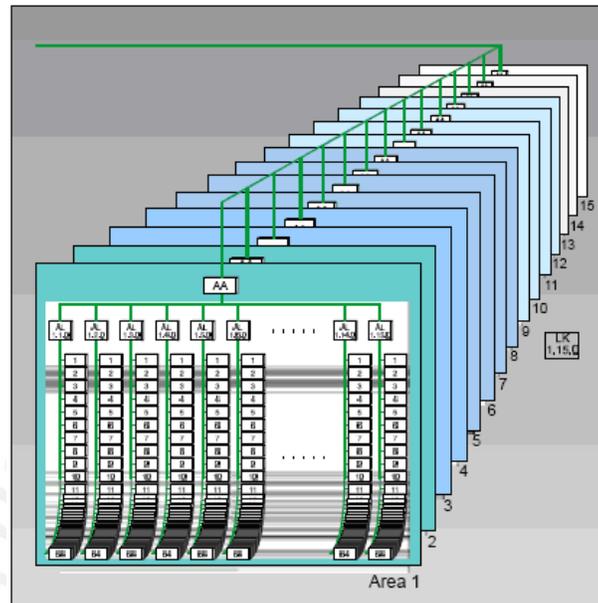


Fig. 3.6-4 Topología KNX, sistema completo

3.6.3. Tecnología de transmisión

La información que circula por el bus, es intercambiada entre los componentes en forma de telegramas. En términos de velocidad de transmisión, generación y recepción de pulsos, la tecnología de transmisión KNX no requiere resistencias de terminación, pudiendo implementarse cualquier topología que se desee. 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 (ver Fig. 3.6-5). 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. La tasa de transmisión es de 9600 bit/s, siendo el tiempo medio de transmisión de un telegrama de unos 25 ms aproximadamente. El voltaje del bus KNX según el estándar es 29 VDC, KNX sobre par trenzado usa la técnica de acceso a redes CSMA/CA [10].

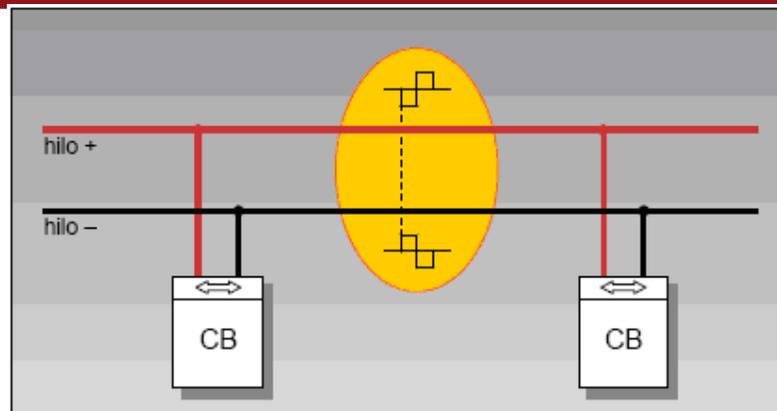


Fig. 3.6-5 Transmisión de señal en el bus

3.6.4. Acceso al bus

Para garantizar un intercambio ordenado de información entre los componentes del bus, el tráfico de telegramas y el acceso al bus deben ser convenientemente organizados. En el bus KNX, los paquetes individuales de información se envían por la línea en serie, es decir, uno tras otro. Esto significa que en el bus sólo puede haber información proveniente de un solo dispositivo en cada momento. Para asegurar la fiabilidad del sistema, se utiliza un acceso al bus descentralizado, de modo que cada componente decide cómo y cuándo accede al bus.

En caso de que dos componentes bus de una misma línea decidieran acceder al bus al mismo tiempo, podría producirse un conflicto. No obstante, un mecanismo de acceso al bus especial asegura que no se perderá ninguna información y que el bus estará operativo en todo momento.

Gracias a un mecanismo mediante el que se pueden asignar prioridades distintas a cada telegrama, se da preferencia a los telegramas más importantes (por ejemplo mensajes de error). En el bus KNX, el intercambio de información sucede de forma controlada (control de eventos), es decir, los telegramas solamente se transmiten cuando ocurre un “evento” (un cambio de estado de una variable) que necesita el envío de información para la notificación del mismo y la actuación en consecuencia [10].

3.6.5. Esquema de un telegrama y direccionamiento

Un telegrama consta de una serie de caracteres, los cuales llevan asociada información diversa, y que se agrupan en distintos campos (ver Fig. 3.6-6). Los datos de los campos de control y comprobación son necesarios para asegurar un tráfico de telegramas fluido, siendo analizados con interés por los aparatos receptores.

El campo de direcciones contiene la dirección origen y destino del telegrama. La dirección origen siempre es una dirección física, en la que se especifica el área y la línea en la que el componente está asignado, así como un número de componente para cada uno. La dirección física de un componente está permanentemente asignada a éste durante la fase de diseño de proyecto y solamente se utiliza para funciones de puesta en marcha y mantenimiento o reparación.

La dirección destino determina los componentes de comunicación asignados a una determinada función lógica, pertenecientes a una misma línea, a líneas distintas en una misma área o incluso a áreas diferentes.

Al contrario que la dirección física, un componente puede pertenecer a varios grupos distintos (puede tener programadas varias direcciones de grupo). Las direcciones de grupo determinan las relaciones de comunicación dentro del sistema. Asimismo, el campo de datos de un telegrama facilita la transmisión de la información útil, como por ejemplo órdenes, mensajes, valores de medida o de referencia, etc. [10].

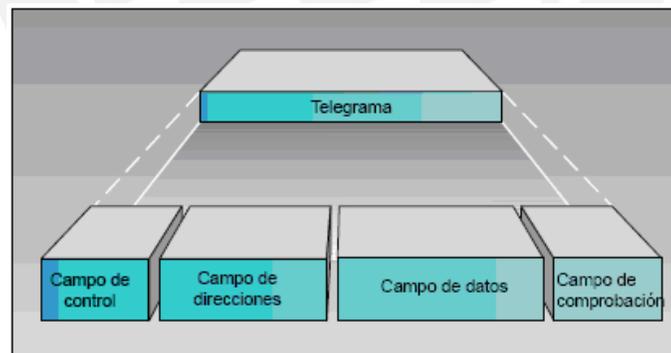


Fig. 3.6-6 Esquema de un telegrama

3.6.6. Esquema de los componentes bus

Los componentes bus consisten en la unidad de acoplamiento al bus, UAB ó BCU (bus coupling unit) y la unidad o módulo de aplicación/terminal (ver Fig. 3.6-7). La información a procesar se transfiere desde el bus hasta la unidad de acoplamiento al bus (en adelante BCU), (ver Fig. 3.6-8). Esta transmite y recibe los datos, garantiza la alimentación de su electrónica interna y almacena datos importantes como la dirección física actual, la o las direcciones de grupo, así como el programa de aplicación y los parámetros. La coordinación de todas esas funciones es responsabilidad del microprocesador, el cerebro de la BCU. La unidad de aplicación y el programa de aplicación fijan la función del componente bus. Ejemplos de este tipo pueden ser sensores como pulsadores o entradas binarias, actuadores, como salidas binarias, interruptores o reguladores dimmer, o también combinaciones de ambos, como electrodomésticos, etc.

Dependiendo del diseño del componente bus, las BCUs y las unidades de aplicación pueden ser conectables externamente (plug-in); por ejemplo las unidades para montaje empotrado o sobre carril DIN, o bien pueden estar integradas en un sólo componente ("built-in") dentro de la misma carcasa; por ejemplo las unidades integradas o las de montaje en superficie.

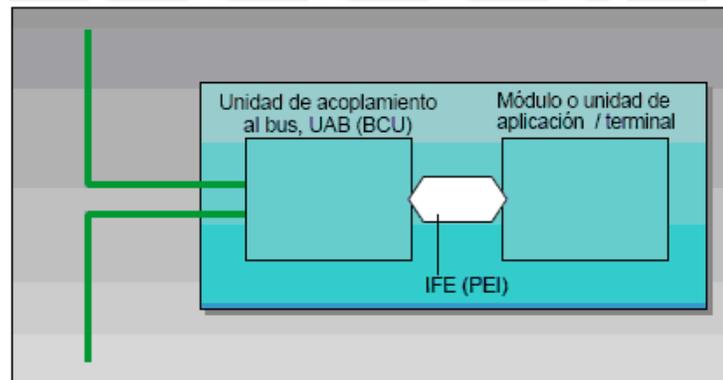


Fig. 3.6-7 Esquema de un componente bus

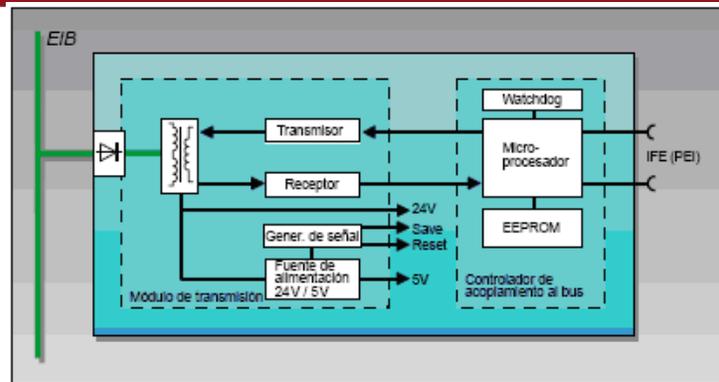


Fig. 3.6-8 Unidad de acoplamiento al bus (BCU)

3.6.7. Instalación

El cableado de un sistema KNX se puede configurar como el de la línea de fuerza: en bus, en estrella o en árbol. En una instalación muy ramificada ha de asegurarse que no se forman anillos o bucles entre distintas líneas.

Los aparatos bus, como por ejemplo los que controlan aparatos de consumo o los de visualización, pueden estar disponibles para montaje sobre carril DIN, de montaje empotrado o de superficie. Alternativamente, pueden venir integrados con los propios equipos eléctricos (por ejemplo iluminación). Incluso hay canalizaciones para instalación que permite la incorporación de componentes bus de todo tipo. Todos ellos se encuentran conectados entre sí a través del bus KNX. Los componentes bus pueden instalarse siempre donde mejor convenga dentro de la instalación, por lo que siempre se garantiza un uso óptimo de los mismos.

De este modo, es posible evaluar o variar los aspectos principales del sistema según la forma de colocación de los componentes.

Los componentes para montaje sobre carril DIN se conectan al bus bien por medio de los terminales (bloques) de conexión habituales, o por medio de contactos a presión situados en la parte posterior del componente y que están en contacto con el carril de datos adherido al carril DIN (ver Fig. 3.6-9).

Los carriles de datos se conectan entre sí por medio de conectores de carril. Para el resto de componentes, la línea bus se lleva de uno a otro por medio de terminales de conexión al bus, desde los que se puede ramificar el bus. La línea bus se compone de dos pares trenzados apantallados, con trazador [10].

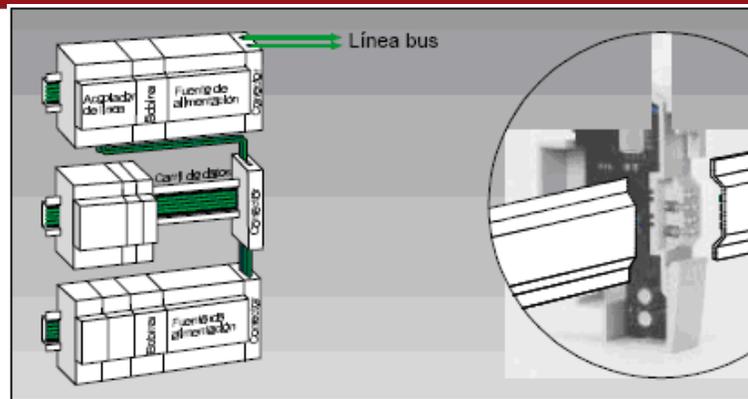


Fig. 3.6-9 Cuadro de distribución con componentes bus y conexión por contactos a presión.

3.6.8. Comunicación con otros sistemas

a) Interfaces de datos

La interface de datos en serie (RS 232 con conexión Sub-D9) permite a dispositivos como, por ejemplo, ordenadores, conectarse al bus KNX. Esta interface se usa para programar la instalación KNX, y para llevar a cabo labores de diagnóstico o mantenimiento [10].

b) Interface con redes de comunicaciones

El bus KNX puede ser conectado a la red telefónica a través de un componente de marcado compatible con el bus (módulo telefónico). También es posible utilizar control remoto [10].

c) Interface entre los medios de comunicación Konnex

Para instalaciones nuevas, siempre es recomendable utilizar un sistema de transmisión bus (par trenzado). No obstante, con el bus KNX también es posible la transmisión a través de corrientes portadoras, es decir, a través de la línea de fuerza o por radiofrecuencia.

Estos dos últimos métodos son especialmente adecuados cuando se trata de realizar modificaciones en habitaciones, casas y edificios con un sistema KNX ya instalado. Para comunicar estos medios de transmisión se utilizan gateways específicos [10].

d) Interface con la automatización de un edificio

En edificios funcionales, el sistema de automatización es responsable de una gran cantidad y variedad de tareas de control, como por ejemplo la visualización y control de sistemas (calefacción, ventilación, aire acondicionado, cuadros de control, etc.). Entre otras cosas, el sistema de automatización de edificios archiva y analiza datos de operación y de consumos. Esta información puede ser intercambiada entre estos sistemas y el bus KNX por medio de interfaces de datos o gateways [10].

e) Interfaces con sistemas de control por infrarrojos

Existen múltiples interfaces entre el bus KNX y los sistemas infrarrojos desarrollados por distintos fabricantes. Transmisores, receptores, decodificadores o receptores/decodificadores IR, son usados para poder enviar y transformar la señal infrarroja e introducirla en el bus de forma sencilla. De este modo, para proporcionar un control de los actuadores libre de cables, un transmisor IR envía por el aire la señal infrarroja, que es recogida por receptor IR. Éstas señales IR consisten en haces de luz infrarroja, modulada en frecuencia o por pulsos (digitalmente). El receptor IR amplifica la señal de entrada y la convierte en una señal eléctrica que pasa al decodificador IR, el cual, por último, convierte esa señal en un telegrama estandarizado que envía a través del bus para ejecutar las acciones específicas [10].

CAPITULO 4: DISEÑO DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN BASADO EN TECNOLOGÍA KNX PARA EL SISTEMA HVAC

En este capítulo se desarrollará el proceso de diseño que se seguirá para obtener un sistema de comunicación apropiado, para un buen control de las variables humedad y temperatura.

Se empezará realizando mediciones en el ambiente para el cual se diseñará el sistema, dimensiones del lugar, puertas, ventanas, etc., luego se obtienen las temperaturas de diseño para dicho ambiente. Luego se presenta los requisitos de trabajo, para los cuales se diseñará el sistema, temperatura y humedad relativa de operación.

Para la selección del equipo de aire acondicionado, se necesita hacer un estudio con base en las mediciones realizadas y en los requerimientos del ambiente para unas condiciones de trabajo favorables a los equipos de la central. Este estudio se lleva a cabo con ayuda de un software para el cálculo de cargas HVAC, en edificios residenciales, comerciales, etc. Con el cálculo de la carga de enfriamiento, se podrá seleccionar un equipo de aire acondicionado apropiado para el caso en estudio.

Luego se detallará el proceso de instalación del bus tomando en cuenta cada punto que el fabricante recomienda para un adecuado funcionamiento, por ejemplo la selección y el emplazamiento de los componentes bus, seguridad eléctrica, etc. Luego de realizar las respectivas pruebas al bus, se procede a la programación de los componentes bus.

4.1. Estudio de las condiciones del ambiente

El ambiente a tratar es una edificación de una sola planta hecha de concreto común, con paredes y techos de 150 mm de espesor, pintadas de color claro. Esta edificación presenta una mampara en el lado sur por donde se accede a esta.

Cabe resaltar que este ambiente no presenta ningún tipo de aislamiento, no tiene instalaciones de ductos para sistemas HVAC más eficientes, y tampoco se proyecta la implementación de los mismos.

Este ambiente de forma cuadrada tiene las siguientes medidas:

- Largo: 4.3m
- Ancho: 2.9m
- Altura: 2.5m

La ubicación geográfica de este edificio es el problema al que se enfrenta este diseño. Al encontrarse en el norte del Perú la ciudad de Negritos tiene un clima sumamente caluroso casi todos los meses del año, con una humedad relativa un poco elevada.

De un registro de datos meteorológicos recogido de Internet específicamente para la ciudad de Talara, (<http://www.tutiempo.net>), se pudo estudiar la temperatura y humedad en los 365 días de los últimos 10 años, estos registros muestran una temperatura máxima, una mínima y una temperatura media por día.

Para el diseño de estos sistemas de HVAC, se trabaja con temperaturas mínimas para la proyección de sistemas de calentamiento, y con las temperaturas máximas para la proyección de sistemas de enfriamiento. Es por esto que se escogió la temperatura máxima de cada mes en cada uno de los 10 años tomados como muestra, y de cada uno de estos meses se obtuvo una media, con lo cual se tiene el siguiente cuadro de temperaturas de diseño, ver tabla 4.1-1.

	Tmax	HRmax
Enero	31.2°	70%
Febrero	32.1°	70%
Marzo	31.8°	75%
Abril	31.7°	64%
Mayo	28.8°	67%
Junio	26.5°	71%
Julio	25.5°	73%
Agosto	25.2°	71%
Setiembre	25.5°	67%
Octubre	25.6°	67%
Noviembre	27.1°	67%
Diciembre	29.1°	64%

Tabla 4.1-1 Tabla de temperatura y humedad

Fuente: <http://www.tutiempo.net>

4.2. Requerimientos y calor disipado por equipo

La central telefónica está compuesta por los siguientes equipos (ver Fig. 4.2-1)

- 01 PBX Nortel Networks, modelo Meridian 1 Option 11C, además del chasis (Main Cabinet), la PBX consta de 10 tarjetas (Ver Fig. 4.2-2).
- 02 Routers back-up Teldat Ebano.
- 01 Router Cisco 1760.
- 01 Modem U.S. Robotics Sportster 33.6 Kbps
- 01 Desktop compatible



Fig. 4.2-1 Fotografía de los componentes de la central



Fig. 4.2-2 Fotografía de la PBX Opción 11 Meridian

De las hojas de especificaciones de cada equipo se obtiene la siguiente tabla con valores de temperatura y humedad relativa (ver anexos 1, 2 y 3).

Equipo	Temperatura de Operación Recomendada		Humedad Relativa de Operación (recomendada/sin condensar)	
	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Hrmin (%)	Hrmax (%)
Meridian 1 Option 11C	15	30	20	55
Routers Teldat Ebano	5	35	8	80
Router Cisco 1760	0	40	10	85
Modem U.S. Robotics Sportster	5	35	8	80
Desktop Compatible	10	35	20	80

Tabla 4.2-1 Temperatura y Humedad de operación para los dispositivos de la Central

Con esos valores se obtiene el rango de temperatura y humedad en el que se debe mantener el ambiente que ocupa la central, la temperatura de 15 a 30 °C y la humedad relativa de 20 a 55 %, (ver Tabla 4.2-1).

También de las hojas de especificaciones de los equipos se obtiene la cantidad de calor disipado, para algunos casos en los que el fabricante no especifica el calor disipado se aproxima de acuerdo a norma. De esta forma obtenemos el calor disipado por todos los equipos de la central, (ver Tabla 4.2-2).

Equipo	Tipo	# Dispositivos	Calor Disipado BTU/hr	Total (BTU/hr)
NTDK20	Core/Network	1	1230	1230
NTBK50	Network	1	820	820
NT8D02	IPE	2	1160	2320
NT8D09	IPE	4	1160	4640
NT8D14	IPE	1	1160	1160
NTCK16	IPE	1	1160	1160
Meridian 1 Main Cabinet	Chasis	1	1700	1700
Routers Teldat Ebano	Router	2	170	340
Router Cisco 1760	Router	1	255	255
Modem U.S. Robotics Sportster	Modem	1	170	170
Desktop Compatible	Desktop	1	800	800
			Calor Disipado Total	14595

Tabla 4.2-2 Calor disipado por los dispositivos de la Central

El calor entregado por los equipos de la central es 14595 BTU/hr que equivale a 4278 W, este valor será usado en el cálculo de la carga de enfriamiento.

4.3. Cálculo de la carga HVAC

Con las especificaciones y requerimientos del fabricante de los equipos PBX, módem, desktop y routers, respecto a la temperatura y humedad relativa, y considerando que el ambiente será ocupado por dos personas, se puede calcular por el método manual y por software, la carga adecuada que necesita el ambiente para una buena operación y conservación de los equipos, así como también para ofrecer confort térmico para los ocupantes del lugar.

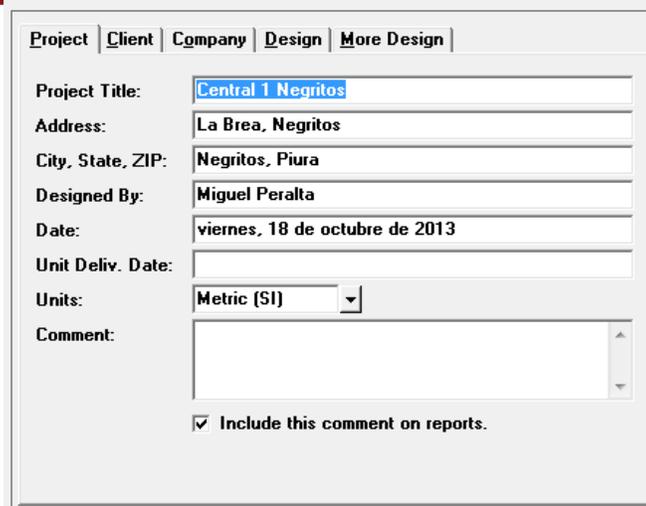
Para el cálculo de la carga de enfriamiento en este ambiente, se usa el software CHVAC Comercial, (ver fig. 4.3-1), de la marca Elite Software, empresa que se dedica al desarrollo de softwares para el diseño de sistemas HVAC.



Fig. 4.3-1 CHVAC versión demo

A continuación se describe el proceso de cálculo de la carga de enfriamiento necesaria para un ambiente con las características expuestas en el apartado 4.1, considerando ahora que en dicho ambiente se tendrá una carga adicional de dos personas que aportan con calor sensible y latente al sistema.

En la siguiente ventana (ver fig. 4.3-2), se definen los datos generales del proyecto; título del proyecto, ubicación, dirección, sistema de medidas a utilizar.



Project | Client | Company | Design | More Design

Project Title: Central 1 Negritos

Address: La Brea, Negritos

City, State, ZIP: Negritos, Piura

Designed By: Miguel Peralta

Date: viernes, 18 de octubre de 2013

Unit Deliv. Date:

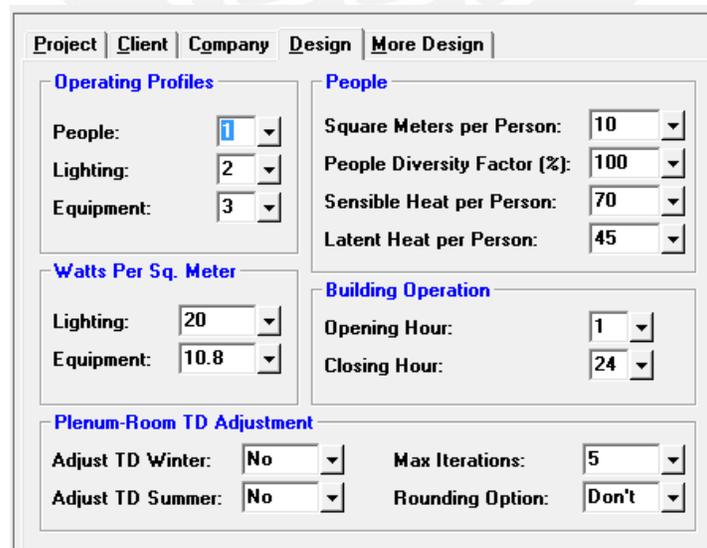
Units: Metric (SI)

Comment:

Include this comment on reports.

Fig. 4.3-2 Datos del proyecto

En la pestaña de diseño de la ventana siguiente (ver fig. 4.3-3), se definen los perfiles de operación, que se usaran luego para los cálculos. En el campo People y Watts por metro cuadrado se introducen valores estándar para el diseño de sistemas HVAC recomendado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). Las horas de operación del edificio para nuestro sistema son las 24 horas del día, ya que estamos tomando en cuenta que esta central está ubicada en una zona lluviosa en verano, en las noches de lluvia la temperatura sube hasta los 30 grados, y por éste motivo se necesitaran los equipos de aire acondicionado funcionando continuamente.



Project | Client | Company | Design | More Design

Operating Profiles

People: 1

Lighting: 2

Equipment: 3

Watts Per Sq. Meter

Lighting: 20

Equipment: 10.8

Plenum-Room TD Adjustment

Adjust TD Winter: No

Adjust TD Summer: No

People

Square Meters per Person: 10

People Diversity Factor (%): 100

Sensible Heat per Person: 70

Latent Heat per Person: 45

Building Operation

Opening Hour: 1

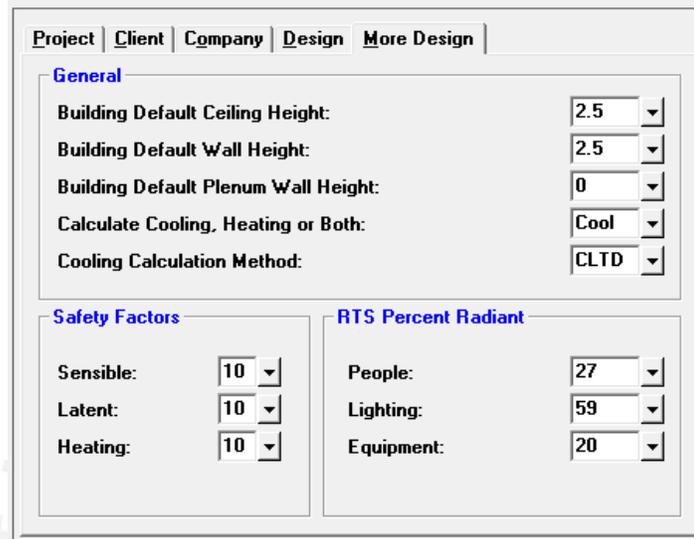
Closing Hour: 24

Max Iterations: 5

Rounding Option: Don't

Fig. 4.3-3 Factores de diseño

En la siguiente ventana, pestaña more design (ver fig. 4.3-4), campo General, especificamos la altura del techo (no falso techo), se ingresa la altura las paredes, tampoco tenemos una área de plenum, luego solo se tomará en cuenta que usará equipo de enfriamiento y se usara el método de cálculo, CLTD (cooling load temperature difference) de ASHRAE.



The screenshot shows a software window with tabs: Project, Client, Company, Design, and More Design. The 'More Design' tab is active, showing a 'General' section with the following settings:

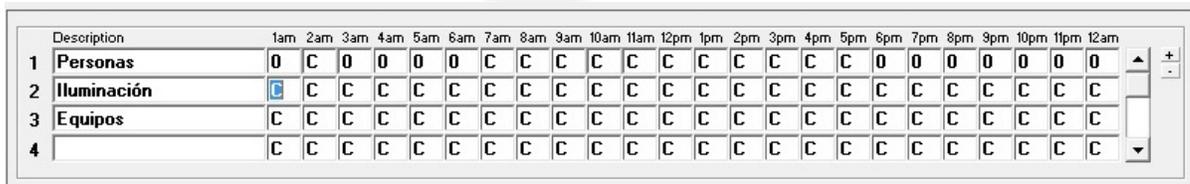
- Building Default Ceiling Height: 2.5
- Building Default Wall Height: 2.5
- Building Default Plenum Wall Height: 0
- Calculate Cooling, Heating or Both: Cool
- Cooling Calculation Method: CLTD

Below the 'General' section are two columns of 'Safety Factors':

- Sensible:** 10
- Latent:** 10
- Heating:** 10
- RTS Percent Radiant:**
 - People: 27
 - Lighting: 59
 - Equipment: 20

Fig. 4.3-4 Factores de diseño

A continuación se definen los perfiles de operación (ver fig. 4.3-5), 1 para personas, 2 para iluminación, 3 para equipos. Los valores que se introducen en los recuadros por hora son porcentajes, una C significa 100% del edificio en uso, por ejemplo si a las 6pm $\frac{3}{4}$ partes del edificio deja de trabajar, entonces el valor ingresado sería 25 (25%) solo operativo.



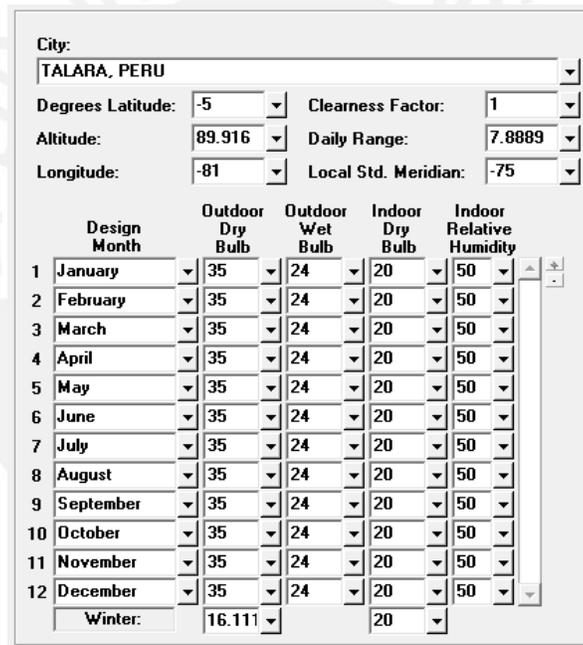
Description	1am	2am	3am	4am	5am	6am	7am	8am	9am	10am	11am	12pm	1pm	2pm	3pm	4pm	5pm	6pm	7pm	8pm	9pm	10pm	11pm	12am
1 Personas	0	C	0	0	0	0	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	0	0	0	0	0	0	0
2 Iluminación	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
3 Equipos	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
4	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Fig. 4.3-5 Perfiles de operación

En la ventana siguiente, (ver fig. 4.3-6) se especifica la ubicación de la ciudad en la cual se encuentra situada la central, seleccionamos la ciudad y automáticamente se cargan los datos de latitud, altitud y longitud. Estos datos son necesarios para el cálculo de la cargas mediante el método CLTD de ASHRAE.

Recomendaciones de diseño de sistemas HVAC sugieren una temperatura ambiente de 35 °C para verano en sistemas de enfriamiento, además, se verifica que las temperaturas obtenidas del registro meteorológico para la ciudad de Talara, son menores a la máxima temperatura ambiente de 35 °C. Según las especificaciones de los equipos, se determinó anteriormente que el rango de temperaturas debe estar entre 15 y 30 °C con una humedad relativa entre 20 y 55 %.

De acuerdo a las especificaciones de los equipos de la central, así como a recomendaciones y documentos elaborados por ASHRAE, y pautas para la climatización de centros de datos elaborados por los mismos fabricantes de equipos de redes, se selecciona una temperatura de consigna de 20 °C y una humedad relativa de 50 % [18] [19] [20].



Design Month	Outdoor Dry Bulb	Outdoor Wet Bulb	Indoor Dry Bulb	Indoor Relative Humidity
1 January	35	24	20	50
2 February	35	24	20	50
3 March	35	24	20	50
4 April	35	24	20	50
5 May	35	24	20	50
6 June	35	24	20	50
7 July	35	24	20	50
8 August	35	24	20	50
9 September	35	24	20	50
10 October	35	24	20	50
11 November	35	24	20	50
12 December	35	24	20	50
Winter:	16.111		20	

Fig. 4.3-6 Ubicación geográfica, temperatura y humedad de diseño

En la siguiente ventana (ver fig. 4.3-7), se ingresa la clasificación ASHRAE para el techo de acuerdo a sus características, material de construcción, color, recubrimiento, aislamiento, etc. de igual manera se definen las paredes, vidrios y ventanas.

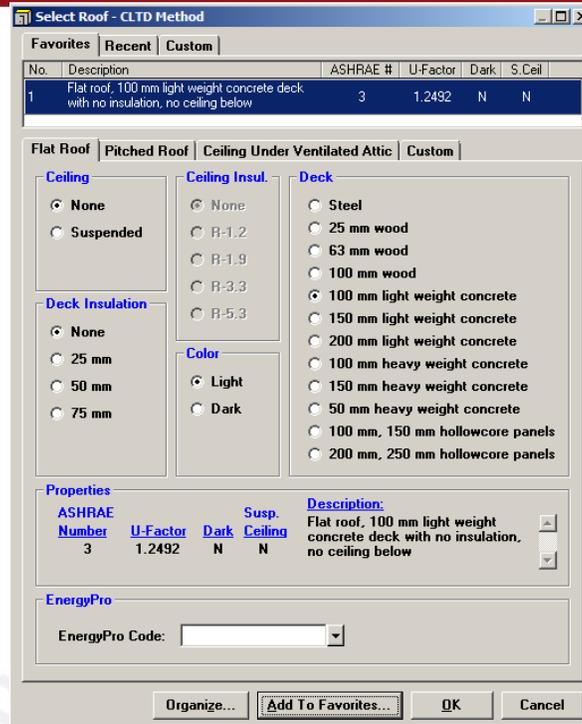


Fig. 4.3-7 Clasificación ASHRAE para el techo

En la siguiente ventana (ver fig. 4.3-8), se ingresa la clasificación ASHRAE para las paredes de acuerdo a sus características, material de construcción, color, espesor, etc.

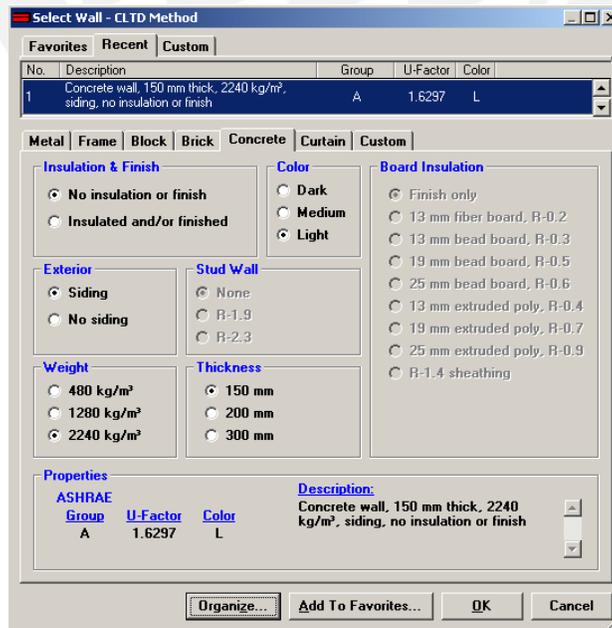
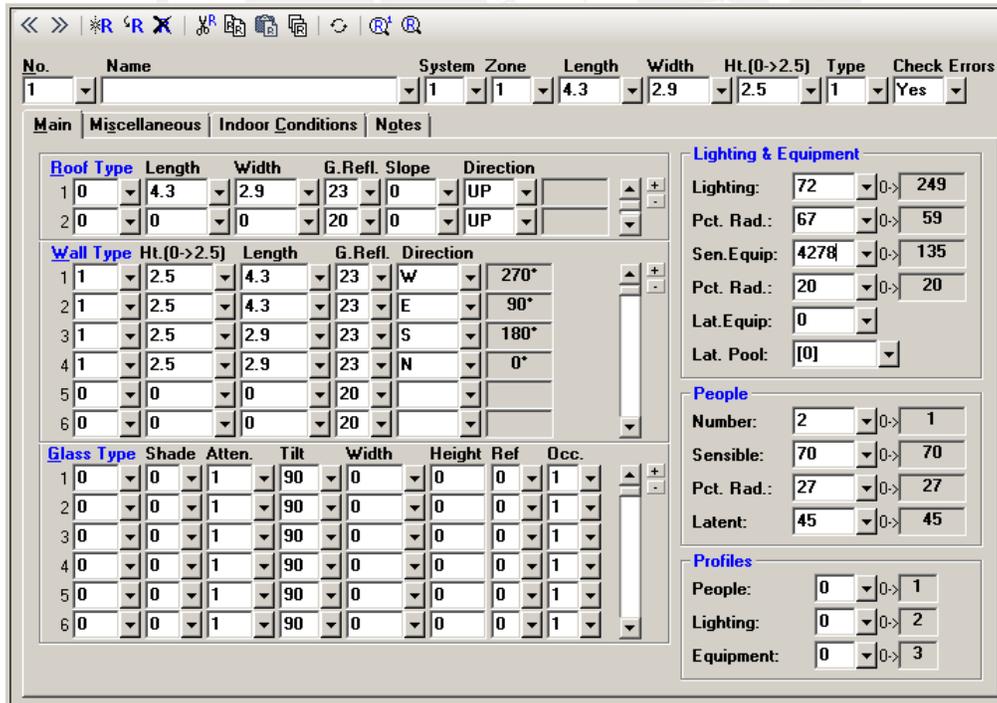


Fig. 4.3-8 Clasificación ASHRAE para las paredes

Para obtener mejores resultados, es necesario llenar cada campo en Master Data, Air Handler Data y Room Data de la manera más exacta posible, si no se conociera algún dato, hay valores predeterminados establecidos por ASHRAE, es por eso que se considera también la siguiente información:

- El ambiente no presenta particiones.
- El ambiente no presenta sombras, no tiene ventanas.
- El edificio no tiene ductos de ventilación, los valores que se presentan son valores del programa por defecto.
- No consideramos valores de ventilación y de infiltración
- El aire exterior no es tratado.
- Los datos del equipo los definiremos al final del todo el cálculo de la carga.

En la siguiente ventana (ver fig. 4.3-9), se muestra la descripción de la zona de trabajo, orientación de las paredes, se ingresan las medidas de calor cedido de iluminación, de equipos en general y de personas.



No.	Name	System	Zone	Length	Width	Ht.(0->2.5)	Type	Check Errors
1		1	1	4.3	2.9	2.5	1	Yes

Roof Type	Length	Width	G.Refl.	Slope	Direction
1	4.3	2.9	23	0	UP
2	0	0	20	0	UP

Wall Type	Ht.(0->2.5)	Length	G.Refl.	Direction
1	2.5	4.3	23	W 270°
2	2.5	4.3	23	E 90°
3	2.5	2.9	23	S 180°
4	2.5	2.9	23	N 0°
5	0	0	20	
6	0	0	20	

Glass Type	Shade	Atten.	Tilt	Width	Height	Ref	Occ.
1	0	1	90	0	0	0	1
2	0	1	90	0	0	0	1
3	0	1	90	0	0	0	1
4	0	1	90	0	0	0	1
5	0	1	90	0	0	0	1
6	0	1	90	0	0	0	1

Lighting & Equipment	
Lighting:	72 → 249
Pct. Rad.:	67 → 59
Sen. Equip.:	4278 → 135
Pct. Rad.:	20 → 20
Lat. Equip.:	0
Lat. Pool:	[0]

People	
Number:	2 → 1
Sensible:	70 → 70
Pct. Rad.:	27 → 27
Latent:	45 → 45

Profiles	
People:	0 → 1
Lighting:	0 → 2
Equipment:	0 → 3

Fig. 4.3-9 Ingreso de de las medidas y cargas de la central

Después de introducir todos los datos tomados y los de diseño, el software calcula una carga de **1.74 tons, equivalente a 20880 BTU/hr.** (ver anexo 4).

4.4. Selección de la unidad de aire acondicionado

Con la carga requerida obtenida en el apartado anterior (20880 BTU/Hr) se busca un equipo capaz de proveer esa carga, y se encuentra la solución de la marca Carrier, modelo Xpower Blue II, (ver tabla 4.4-1).

Unidad Interior		42KCL124313G	
Unidad Exterior		38KCL124313G	
Modelo con kit de instalación		38KCL124313GP	
Fuente de Energía		Ph-V-Hz	1Ph, 208-230V, 60Hz
Capacidad de Enfriamiento	Capacidad	Btuh	24000 (12000~24000)
	Consumo	W	2330 (820~2750)
	Corriente	A	10 (3.6~12.5)
	SEER		16
Máximo Consumo		W	3200
Máxima Corriente		A	14.5
Tipo de Compresor			Rotativo
Serpentín Interior	Número de Filas / Circuitos		2
Uso de Aire (Alto/Medio/Bajo)		m3/h	1100/1050/900
Nivel de sonido de unidad Interior (Alto/Medio/Bajo)		dB(A)	50/47/44
Unidad Interior	Dimensiones (ancho*profundidad*alto)	mm	1080x228x330
	Empaque (ancho*profundidad*alto)	mm	1165x445x320
	Peso Neto/Bruto	Kg	15.5/20.5
Nivel de sonido de unidad interior Exterior		dB(A)	56
Unidad Exterior	Dimensiones (ancho*profundidad*alto)	mm	845x335x695
	Empaque (ancho*profundidad*alto)	mm	965x395x755
	Peso Neto/Bruto	Kg	56/60
Tipo de Refrigerante		g	R410A/1140g
Tubería de Refrigerante	Líquida / Gas	mm(pul)	ø9.53/ø16.0 (3/8"/5/8")
	Largo Máximo de tubería	m	25
	Separación Máxima de tubería	m	10
Cantidad en Contenedor de 20'/40'/40'HQ			59/131/148

Tabla

4.4-1

Especificaciones del equipo Xpower Blue II

Fuente: <http://www.carrier.com>

Se selecciona la opción Xpower Blue II, que tiene una capacidad de enfriamiento de 24000 BTU/Hr, con lo que estaría se cumplirá la demanda 20400 BTU/Hr que requiere la central para estar cumplir con los parámetros de diseño.

Esta solución es un sistema Split, que consta de una unidad interior modelo 42KCL124313G, y una unidad exterior modelo 38KCL124313G (ver anexo 5).

4.5. Lógica de funcionamiento y consideraciones

Como se tocó en capítulos anteriores, el objetivo de este diseño es reemplazar un equipo de aire acondicionado antiguo que climatiza un cuarto de equipos, por un sistema Split Inverter. Este cuarto de equipos está ubicado en una zona calurosa, por las mañanas y tardes su interior registra temperaturas mayores a la de ambiente, pero de noche podemos tener dos escenarios; o la brisa que llega desde la playa ayuda a bajar la temperatura, de manera que el equipo de aire acondicionado podría ser apagado para evitar un consumo innecesario de energía, o en verano las lluvias de la noche o madrugada pueden elevar la temperatura de la central, haciendo necesario el funcionamiento del equipo de aire acondicionado. Para lograr un uso eficiente del Split se proponen dos opciones:

- Temporizar el funcionamiento del Split, de manera que trabaje en cierto intervalo de horas de la mañana a la tarde, y mientras está apagado se considera como medida de seguridad una función de frío adicional, que sólo se activara al diferir en 4 grados la temperatura de consigna.
- Programar el funcionamiento del Split de manera continua, y sólo apagarlo cuando la temperatura ambiente baje hasta 19°C, y mantenerlo apagado si y sólo si la temperatura de la sala no excede en más de 4 grados la temperatura de consigna.

Debido a que la temperatura es un parámetro difícil de pronosticar, una temporización forzaría a apagar el sistema Split cuando a determinada hora, aún se tiene una temperatura ambiente alta, implicando cierto riesgo.

Por otro lado, programar el funcionamiento del Split de manera continua, y programando su apagado a través de funciones lógicas de comparación de temperaturas ambiente y de sala, nos da la seguridad de que sólo se apagará el sistema Split cuando se cumplan ciertos requisitos configurados en el sistema; por lo tanto se tomará la segunda opción.

En el cálculo de la carga HVAC, se definió como 20°C la temperatura de consigna de la sala, se tomó ese valor de temperatura de acuerdo a documentos y recomendaciones de ASHRAE en colaboración con empresas que desarrollan soluciones para centros de datos, en los cuales se estima 18 a 27°C como rango recomendado para la operación de equipos en centros de datos [20].

De acuerdo a la lógica que tendrá el diseño, se consideró 19°C como la temperatura de ambiente a la que el sistema Split deberá apagarse, considerando que los equipos de la central no disipan calor excesivo, además, se pone un umbral de operación de 24°C

(temperatura de consigna más 4°C) para volver a encender el sistema Split, de tal forma que no se haga trabajar al Split como un sistema ON/OFF.

4.6. Planificación del proyecto

Para planificar el diseño del sistema, el primer punto a tocar es definir qué medio de transmisión se va a usar, porque de esto depende el tipo de componentes bus que se van a elegir, para el presente trabajo el medio de transmisión elegido es el par trenzado, debido a la disponibilidad de componentes para el control de sistemas Split.

4.6.1. Requerimientos del usuario

Se definen las necesidades y funcionalidades que requiere el usuario, para esto elaboramos una lista resumida de especificaciones.

El objetivo principal de este trabajo es el diseño de un sistema de comunicación para el control HVAC de una central telefónica, este sistema debe cumplir ciertas especificaciones para garantizar un buen funcionamiento y seguimiento de las variables del sistema, estas especificaciones son:

- Contar con un control inteligente de temperaturas.
- Capacidad de realizar funciones lógicas y de temporización.
- Disponer de asistencia, control y diagnóstico remoto.

4.6.2. Determinación de la funcionalidad del sistema

Teniendo claras las funcionalidades requeridas, previamente a la etapa de diseño, se podrá determinar el tipo y el número de componentes necesarios, posteriormente, en la etapa de diseño se definen en detalle que componentes bus (marca y modelo) se usará, así como los programas de aplicación requeridos para ser cargados en los componentes bus, estos programas se descargan de la web del fabricante de cada componente bus.

Se dispondrá de los siguientes componentes:

- 1 Controlador para la unidad Split.
- 1 Módulo Actuador con funciones lógicas.
- 1 Pantalla de visualización y control.

De acuerdo a la lógica de funcionamiento, y los componentes bus considerados, el sistema tendrá el diagrama de flujo siguiente, (ver fig. 4.6-1).

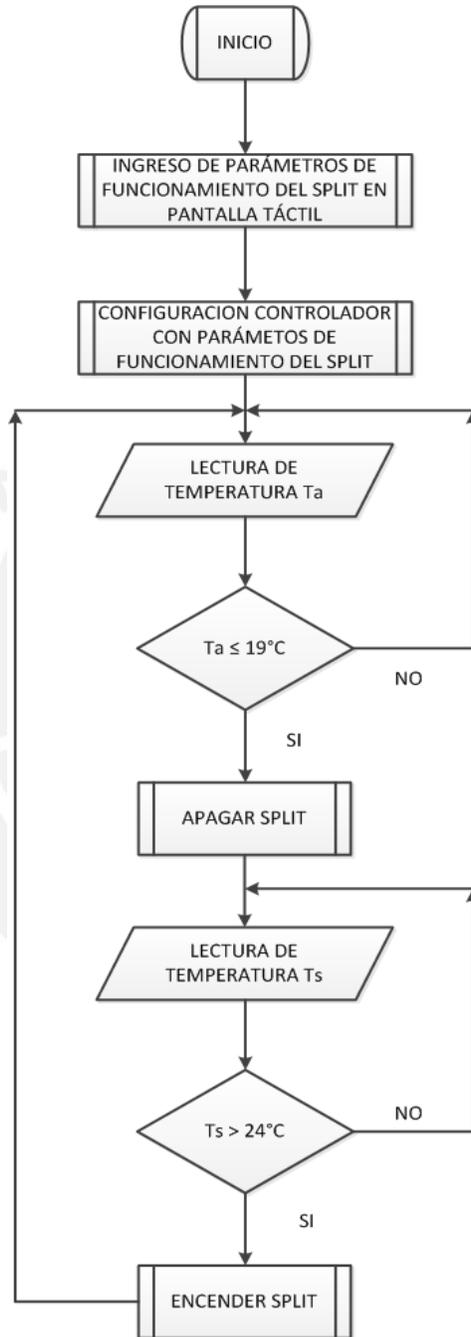


Fig. 4.6-1 Diagrama de flujo de la solución

Donde Ta es temperatura del ambiente y Ts es la temperatura de la sala.

4.6.3. Relación entre funciones y componentes del sistema

Se deberá tener en cuenta qué combinaciones o relación va a existir entre los distintos componentes o funciones del sistema.

- Control ON/OFF del Split gobernado por la pantalla a través del controlador.
- Control ON/OFF del Split gobernado por el módulo lógico a través de controlador.
- Envío de parámetros de funcionamiento del Split por la pantalla a través del controlador.
- Visualización de temperaturas de las sondas de temperatura en una pantalla.

4.6.4 Comunicación con otras redes

En ocasiones será necesario establecer comunicación con otros sistemas o redes, para efectos prácticos de este trabajo se va a obviar la inclusión de una pasarela (Gateway), para el monitoreo remoto de variables del sistema.

4.7. Diseño del sistema

El diseño del proyecto es el paso siguiente a la fase de planificación, donde los conceptos allí establecidos se convierten en especificaciones para el funcionamiento del sistema. En esta fase se definen las características de alimentación y los objetivos de funcionalidad del sistema KNX, así como la configuración espacial, tipos de componentes y enlaces lógicos de los mismos.

A la hora de diseñar una instalación KNX, deben tenerse especialmente en consideración las limitaciones referentes a longitudes en la línea de bus, y las normas de actuación respecto a la topología. Se recomienda seguir las especificaciones del fabricante a la hora de seleccionar los lugares de instalación de los componentes bus.

4.7.1. Componentes bus

Cabe resaltar que tanto la unidad de acoplamiento al bus (BCU), la unidad de aplicación como el programa de aplicación, deben pertenecer a al mismo fabricante para que funcionen correctamente. La gran mayoría de componentes bus incluyen la BCU y la unidad de aplicación en un mismo componente.

- **Para el control del Sistema Split:**

Se dispondrá de un controlador IRSC Plus de Zennio, de montaje en superficie. El controlador Zennio IRSC permite controlar sistemas de aire acondicionado con receptor de infrarrojos incorporado, como Splits, máquinas de conductos con interfaz de infrarrojos integrado, etc. mediante la emulación de sus respectivos sistemas de control remoto IR. Sus principales características son el control de las principales funciones de los equipos de aire acondicionado; encendido/apagado, temperatura de consigna, modo, ventilación y dirección de lamas [22].



Fig. 4.7-1 IRSC Zennio
Fuente: <http://zennio.com/en>

- **Para la configuración, visualización y temporización:**

Se considera una pantalla táctil Inzennio Z38i de montaje empotrado. Se reflejará en esta la temperatura de ambiente medida por una sonda de temperatura externa, se usará su sensor de temperatura incorporado para medir la temperatura de la sala. Al mismo tiempo esta pantalla tiene la opción de implementar programaciones horarias, característica que nos puede servir para temporizar el funcionamiento de Split. Se tomó esta pantalla como medio de visualización debido a la interoperabilidad con todos los componentes bus Zennio, la simplicidad en su configuración y su diseño especialmente enfocado a aplicaciones de climatización [24].



Fig. 4.7-2 Pantalla táctil inZennio Z38i

Fuente: <http://zennio.com/en>

- **Para las funciones lógicas:**

Se usará un actuador Actinbox Classic-Hybrid de Zennio, es un actuador que combina en un solo dispositivo 4 salidas de relé binarias, 4 entradas binarias multifunción, 1 entrada para sonda de temperatura, 1 entrada para detector de movimiento, función de termostato y módulo de 5 funciones lógicas [23]. Para el propósito de este trabajo se usará el módulo de funciones lógicas y la entrada de sonda de temperatura.



Fig. 4.7-3 Temporizador Jung 2152

Fuente: <http://zennio.com/en>

4.7.2. Suministros de instalación para el bus

Para completar la instalación se necesitan algunos componentes que se detallan a continuación.

- Fuente de Alimentación Zennio ZPS160MPA de 160mA, de montaje sobre carril DIN. Estos 160 mA satisfacen el consumo máximo de todo el conjunto en bus.



Fig. 4.7-4 Fuente ZPS160MPA Zennio
 Fuente: <http://zennio.com/en>

- Interfaz de datos USB Zennio, de montaje sobre carril DIN, este dispositivo nos proveerá la comunicación entre la PC y el bus KNX para programar los componentes.



Fig. 4.7-5 Interfaz USB Zennio
 Fuente: <http://zennio.com/en>

- Carril de datos Siemens 324 mm, conector de 2 polos, carril DIN 35x15 mm, y cobertura para el carril.



Fig. 4.7-6 Carril de datos siemens
Fuente: <http://www.futurasmus-knxgroup.es>

- Cable Bus KNX Hager, 2 pares trenzados 100 metros.

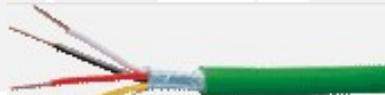


Fig. 4.7-7 Cable bus Hager
<http://www.futurasmus-knxgroup.es>

- Sonda de temperatura externa, de acero o epoxi.



Fig. 4.7-8 Sondas de temperatura Acero/Epoxi
Fuente: <http://zennio.com/en>

4.8. Cableado de preparación e instalación de los componentes bus

Existen múltiples posibilidades de actualizar o ampliar un sistema KNX, con el fin de asegurar que el pre-cableado está preparado para el futuro, resulta vital establecer los requerimientos del usuario a corto, mediano y largo plazo. Para ello, se recomienda tomar en cuenta que el pre-cableado debe ser lo suficientemente “transparente” como para asegurar que las líneas, tomas de instalación y terminales del cable puedan ser fácilmente localizables en él.

Este es el punto en el que resulta necesario establecer los puntos de servicio de cada habitación, en caso de que no hayan sido fijados en la planificación. Al realizar el diseño del proyecto, debemos recordar que algunos componentes bus necesitan una alimentación auxiliar, normalmente 220 VAC. También es necesario considerar las condiciones ambientales, es decir, factores externos como la temperatura, polvo o agua. Es importante tener en cuenta todas las recomendaciones para la instalación de los diferentes componentes, expuestos por el fabricante en la hoja técnica de cada componente bus. A continuación se menciona los pasos a seguir para la instalación del bus y montaje de los componentes bus del presente diseño, respetando las normas y especificaciones de los componentes.

La distribución de componentes bus para el presente trabajo será de la siguiente manera:

- **Montaje sobre carril DIN**

Los componentes bus de montaje sobre carril DIN serán instalados dentro de un armario ubicado en la misma pared del Split, respetando la norma DIN 18015-3 (gestión y disposición del equipamiento).

En este armario se instalará un riel DIN de aproximadamente 30 cm. Sobre este riel estarán instalados la fuente de alimentación Zennio, el actuador Actinbox Hybrid y la interfaz de datos USB. El cableado hacia los componentes bus de montaje superficial y empotrado saldrá a través de canaletas adheridas a las paredes.

- **Montaje superficial**

El único componente bus de montaje superficial es el IRSC Plus, el cual estará ubicado junto al Split en una caja de paso, se extiende la línea de bus hasta el IRSC a través de cable de par trenzado protegido en canaleta.

- **Montaje empotrado**

El único componente bus de montaje empotrado es la pantalla inZennio Z38, estará instalada dentro de una caja empotrada en la pared contraria al Split y en la misma pared del rack y la PBX.

En cuanto a las sondas de acero, para un óptimo funcionamiento, las mismas deben situarse en una pared o tabique según los siguientes puntos [21]:

- Situación en una pared al frente de la fuente de climatización a 1,5 m. sobre el nivel del suelo.
- Debe evitarse el montaje en muros exteriores y en lugares expuestos a corrientes de aire.
- Debe asegurarse que el aire normal de convección alcance el termostato sin dificultades. Para ello no debe montarse el aparato en estanterías o detrás de cortinas o recubrimientos similares.
- Debe evitarse la incidencia directa de rayos solares, la proximidad de televisores, lámparas, chimeneas, tuberías de calefacción y en general cualquier elemento que genere calor.

Por lo tanto, como se indica en las recomendaciones anteriores, ubicaremos la pantalla Inzennio Z38i en la pared contraria al Split, a una altura de 1,5 m., ya que esta pantalla tiene un sensor de temperatura integrado, el cual no ayudará a medir la temperatura de la sala.

La sonda externa que se conecta al Actinbox Hybrid y medirá la temperatura de ambiente, será ubicada en la parte exterior de la pared donde está ubicada la PBX, para la instalación de la sonda, se utilizará una tapa para salida de cables, cubierta con un tapasol, (ver Fig. 4.8-1).



Fig. 4.8-1 Sonda de temperatura instalada

Fuente: <http://zennio.com/en>

A continuación se ilustra (Ver Fig. 4.8-1) la distribución de los componentes bus en un plano de 2D, donde el cableado verde es el tendido de la línea de bus.

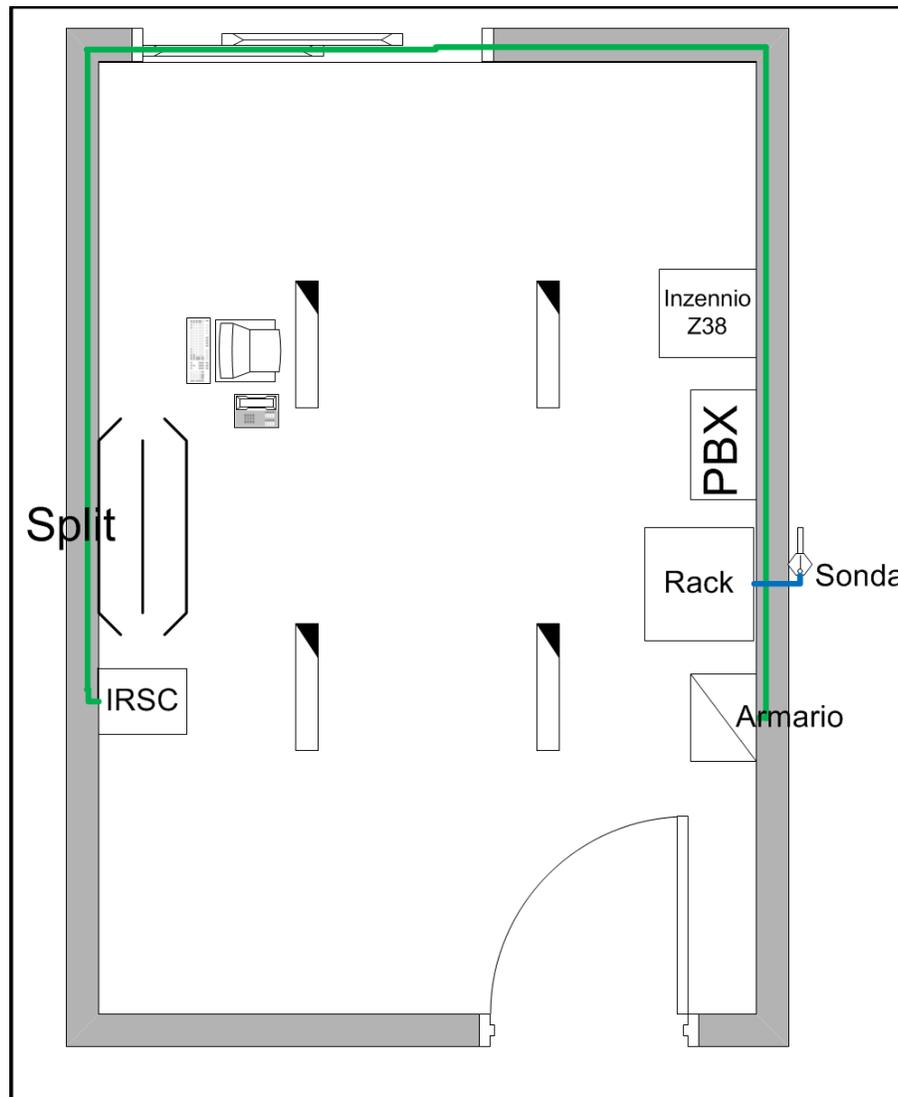


Fig. 4.8-2 Plano de distribución de los componentes

4.9. Representaciones funcionales

Para representar una instalación KNX en las diferentes fases del proyecto se usan diferentes tipos de diagramas. Los diagramas lógicos, diagramas funcionales y bloques de parámetros se usan para representar de una forma clara y fácilmente comprensible las conexiones lógicas entre los distintos elementos de la instalación KNX. Son representaciones extremadamente útiles cuando nos referimos a tareas complejas.

También resulta de gran ayuda en ampliaciones o modificaciones, así como durante los diagnósticos o localización de fallas.

- **Diagrama Lógico**

El diagrama lógico indica los símbolos de los componentes bus utilizados y la conexión física (cableado) a la línea, esta representación puede ser utilizada también como esquema de la instalación, o incorporarse al plano de la obra.

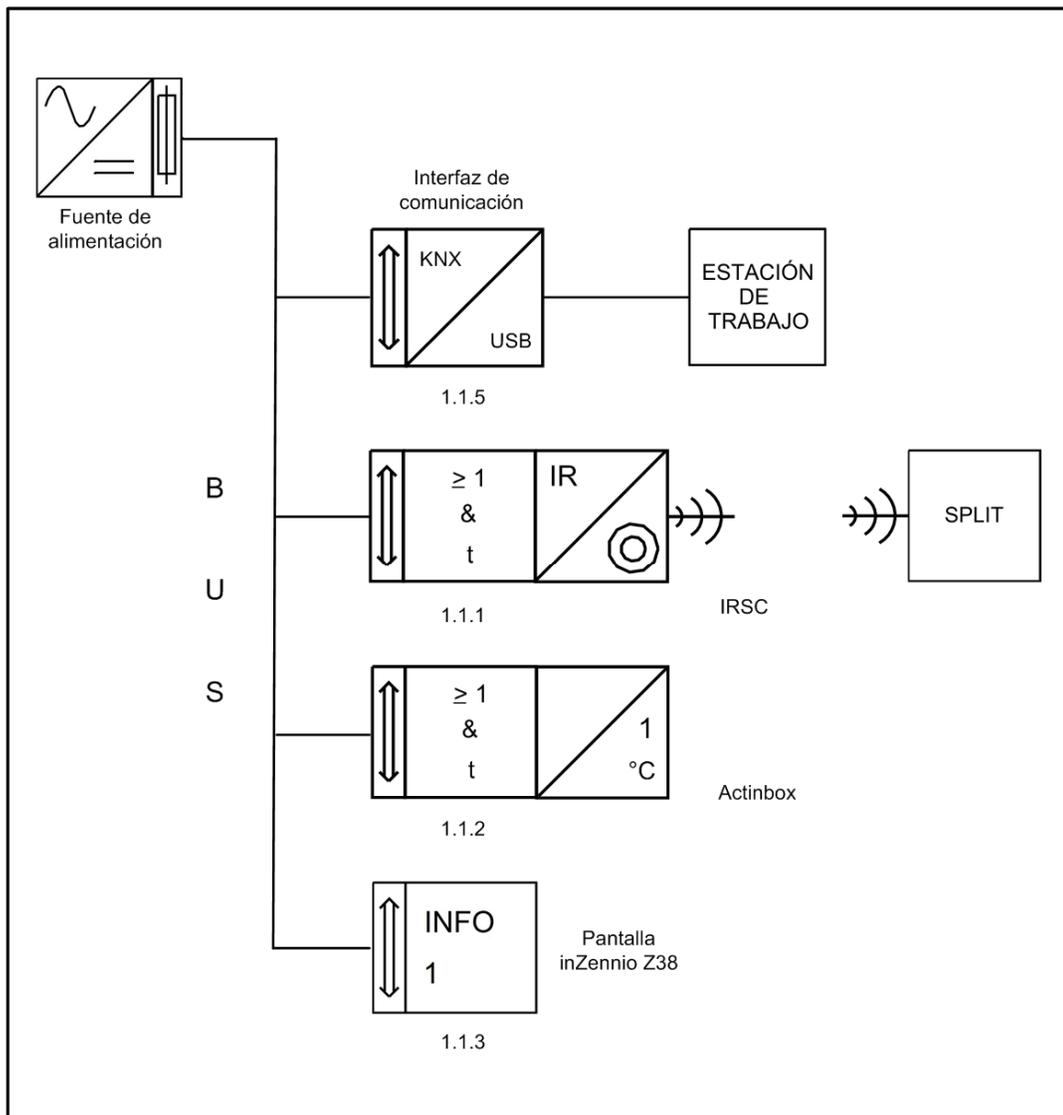


Fig. 4.9-1 Diagrama lógico de la instalación

- **Tabla de Direcciones de Grupo**

Esta tabla muestra la relación funcional entre los componentes, y los efectos que cada componente produce sobre los demás, con esta tabla se procede a programar los componentes bus.

Dirección de Grupo	Acción	Objeto de Comunicación	Dispositivo	Descripción
1/1/1	Envío ON/OFF	0	1.1.1	Encendido y apagado del Split desde el panel táctil
		102	1.1.3	
		134	1.1.2	Resultado de la función 1 (1 bit), sólo se recibirá un "0" (apagar Split), cuando al comparar la temperatura exterior con 19°C el resultado sea Falso
		135	1.1.2	Resultado de la función 2 (1 bit), sólo se recibirá un "1" (encender Split), cuando al comparar la temperatura de la sala con 24°C el resultado sea Verdadero
1/1/2	Estado ON/OFF	1	1.1.1	Muestra el estado ON/OFF del Split
		126	1.1.3	
1/1/3	Temperatura de consigna	2	1.1.1	Envío de la temperatura de consigna al split
		122	1.1.3	
1/1/4	Envío Ventilación	4	1.1.1	Envío de la velocidad de ventilación al Split
		106	1.1.3	
1/1/5	Estado Ventilación	5	1.1.1	Muestra el estado de la velocidad de ventilación
		130	1.1.3	
1/1/6	Envío Modo	18	1.1.1	Envío del modo de funcionamiento al Split
		118	1.1.3	
1/1/7	Estado Modo	19	1.1.1	Muestra el estado del modo de funcionamiento del Split
		138	1.1.3	
1/1/8	Envío Aspas	6	1.1.1	Envío de la posición de aspas al Split
		110	1.1.3	
1/1/9	Estado Aspas	7	1.1.1	Muestra el estado de la posición de las aspas
		134	1.1.3	
1/1/21	Estado Temperatura Exterior	126	1.1.2	Se obtiene la temperatura exterior para la comparación
		162	1.1.2	
1/1/22	Estado Temperatura de la sala	127	1.1.2	Se obtiene la tempratura de la sala para la comparación
		3	1.1.3	

Fig. 4.9-2 Diagrama funcional de la instalación

4.10. Programación de los componentes bus

Para la programación de componentes se trabaja en el ETS4, es una herramienta software muy fácil de usar gracias a su clara estructuración. Este software está basado en el entorno ETE (EIB Tool environment), que contiene todas las funciones básicas y las interfaces con otros softwares. ETE es una librería software muy amplia, que permite el acceso a los datos de proyectos y productos de la base de datos del ETS, y que a su vez contiene las funciones de red de KNX.

Para el desarrollo de este proyecto se trabajó con la herramienta ETS4 en versión demo, ya que no contamos con componentes bus para implementar el sistema, además del elevado costo de importación de los componentes, y también debido al elevado costo de una licencia completa. Por lo tanto, se va a presentar sólo el procedimiento de programación de cada componente bus de manera resumida, sin tener detalles del resultado de la programación, tampoco una simulación del flujo de telegramas a través del bus, pero sí especificando la asignación de direcciones físicas y de grupo, para de esta manera tener claro el funcionamiento del sistema, y de cómo es que se comunican entre sí los componentes bus.

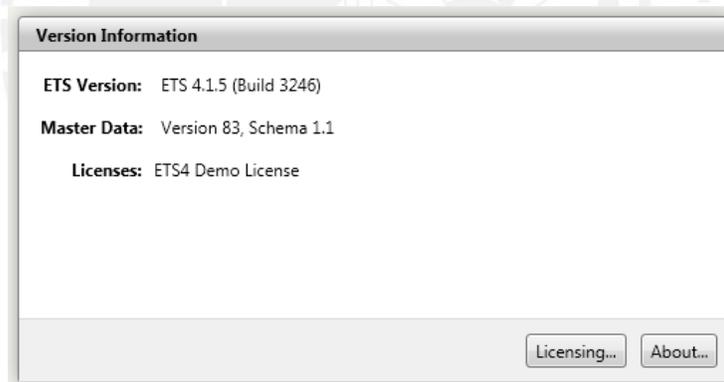


Fig. 4.10-1 Detalle del tipo de licencia del ETS4

Antes de continuar con la programación de componentes, es preciso especificar que debido a la simplicidad del diseño, se optó solo por tomar en cuenta un área y una sola línea para la organización de los componentes bus, además, la versión demo no permite trabajar con más de 3 componentes bus, por este motivo, en la topología no se muestra la fuente de alimentación, tampoco la pasarela USB.

Empezamos por agregar los componentes bus del sistema, tal como se especifica en el diagrama lógico, respetando las direcciones físicas, (Ver fig. 4.10-2).

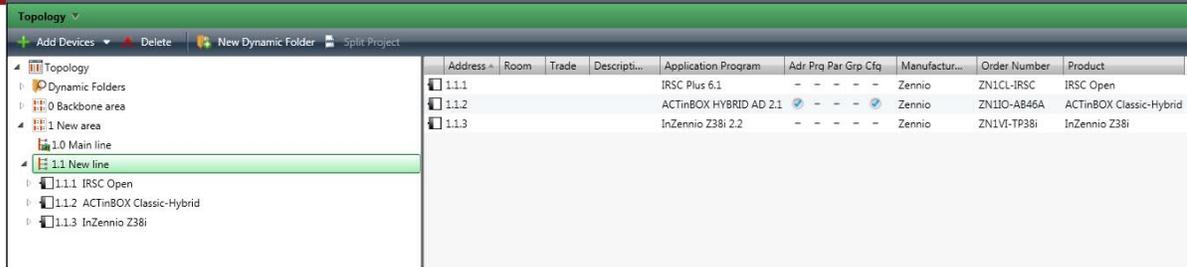


Fig. 4.10-2 Direcciones físicas de los componentes

Luego continuamos con la parametrización de los componentes bus, empezando por el IRSC, en la siguiente imagen (Ver fig. 4.10-2), se muestra la elección del tipo de Split a controlar, de acuerdo a una tabla proporcionada por Zennio, con una lista de equipos compatibles con el IRSC, en este caso, el modelo de contro IR corresponde al número 214.

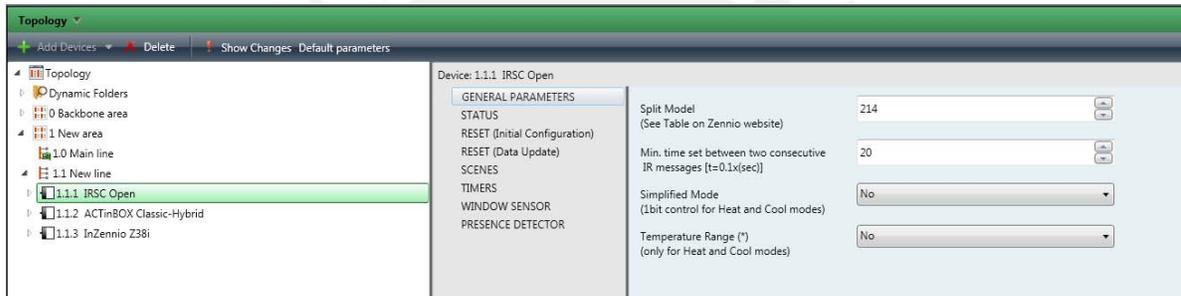


Fig. 4.10-2 Selección del tipo de Split

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-3), se observa la configuración del envío del estado del IRSC al bus, se trata de información de lectura para que otros dispositivos que lo controlan conozcan su estado y puedan actualizar los parámetros, en este caso, se configura el envío de todas las variables, el estado ON/OFF, el modo de operación, la velocidad de ventilador y la función de las aspas.

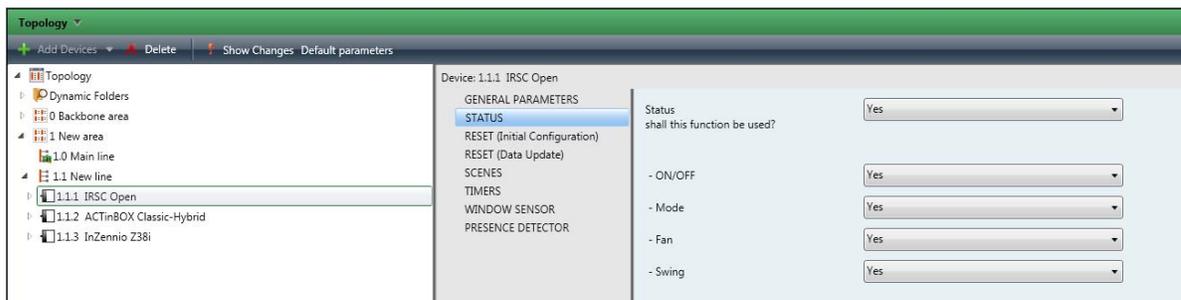


Fig. 4.10-3 Envío del estado del IRSC al bus

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-4), se muestra los parámetros que el bus enviará al IRSC en caso de una caída de tensión.

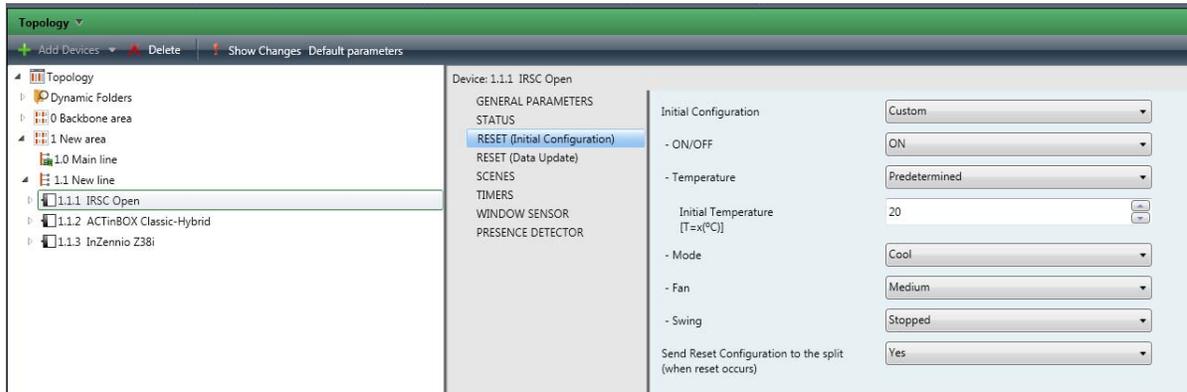


Fig. 4.10-4 Parámetros de Reset

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-5), se empieza a configurar el Actinabox, se habilitan entradas y el módulo de funciones lógicas.

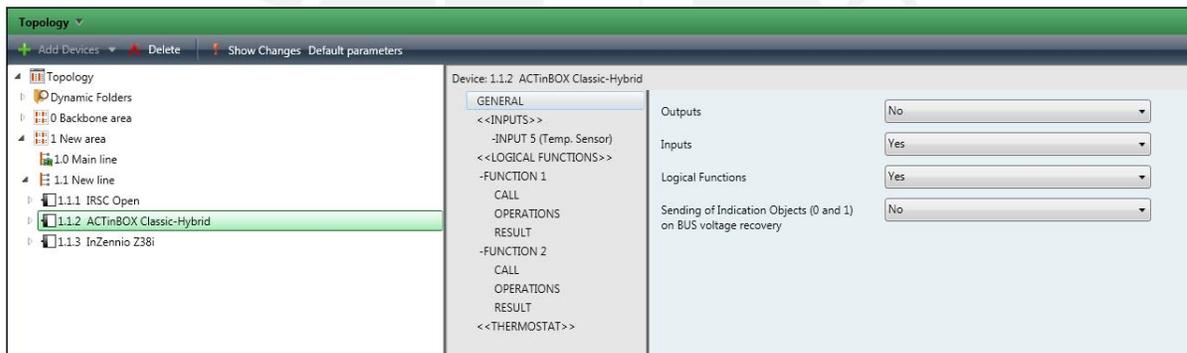


Fig. 4.10-5 Configuración de funciones Actinabox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-6), se habilita la entrada de sonda de temperatura, sólo en la entrada 5 del Actinabox.

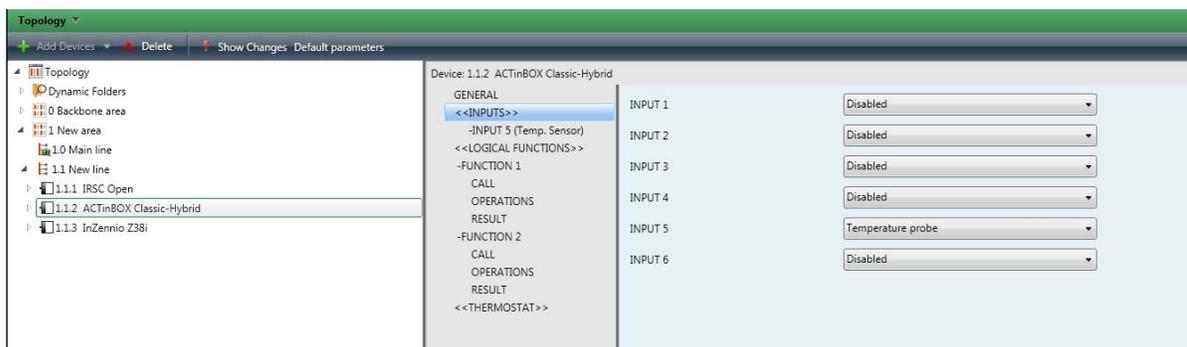


Fig. 4.10-6 Configuración de entradas Actinabox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-7), se configura la entrada de sonda de temperatura del Actinbox, se configura el envío al bus de la temperatura cada 30 segundos, y los cambios de temperatura cada 0.1°C.

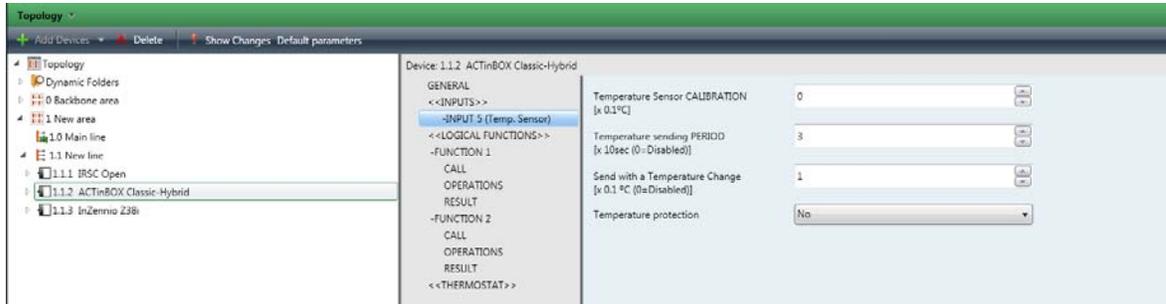


Fig. 4.10-7 Configuración de entrada de sonda Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-8), se habilitan los módulos de funciones lógicas 1 y 2 para las comparaciones de la temperatura ambiente y temperatura de la sala.

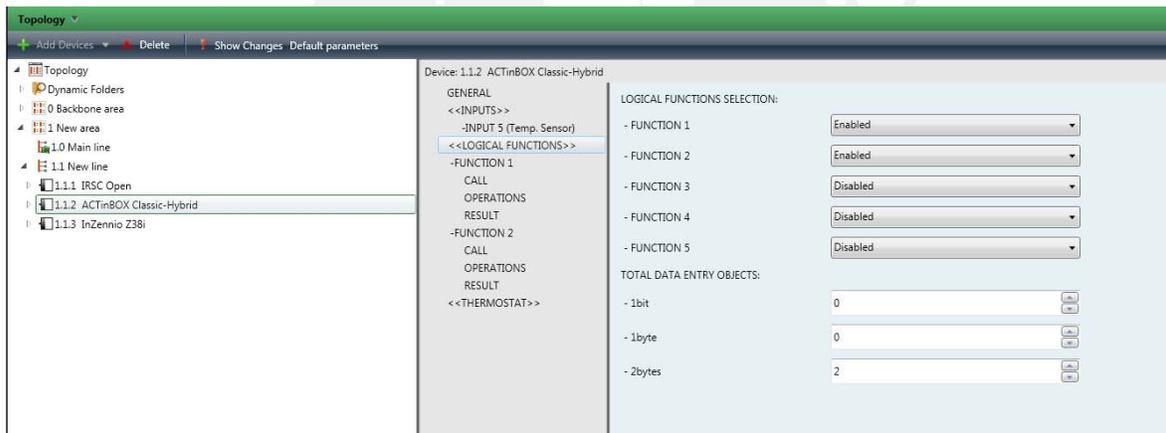


Fig. 4.10-8 Habilitación de módulos de funciones lógicas Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-9), se configura la llamada del parámetro de entrada para la comparación de la función 1.

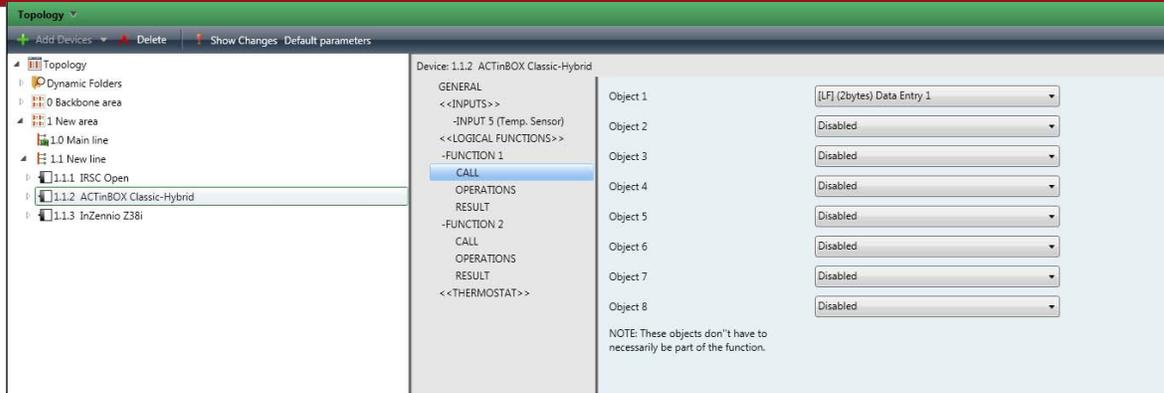


Fig. 4.10-9 Llamada de función lógica 1 Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-10), se configura la operación a realizar, el tipo de objeto para la comparación de la función 1, por ejemplo, es una comparación de números de 2 bytes de coma flotante, el valor 1 es un numero de 2 bytes, configurado en la imagen anterior, y el valor 2 es un valor constante, el número 19, luego el resultado se almacena en la variable b1.

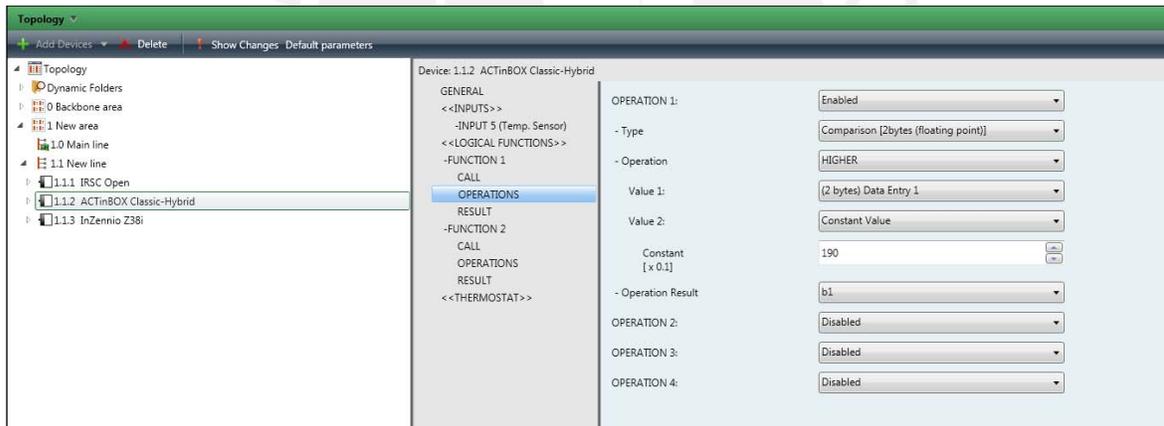


Fig. 4.10-10 Operación de función lógica 1 Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-11), se configura el tipo de resultado que dará la función de comparación 1, en este caso será de 1 bit, y para esta caso se va a restringir o filtrar el resultado de esta función esperando sólo tener un cero "0" como resultado, de esta forma se descartan los unos "1" enviados cuando sea verdadera la comparación.

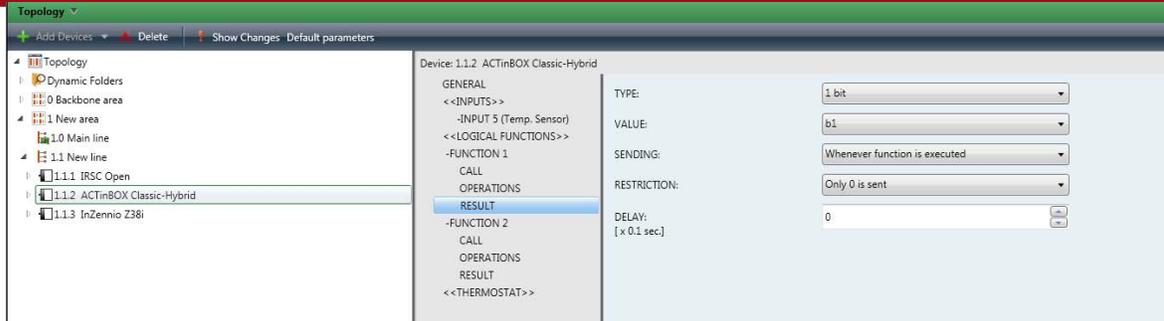


Fig. 4.10-11 Resultado de función lógica 1 Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-12), se configura la llamada del parámetro de entrada para la comparación de la función 2.

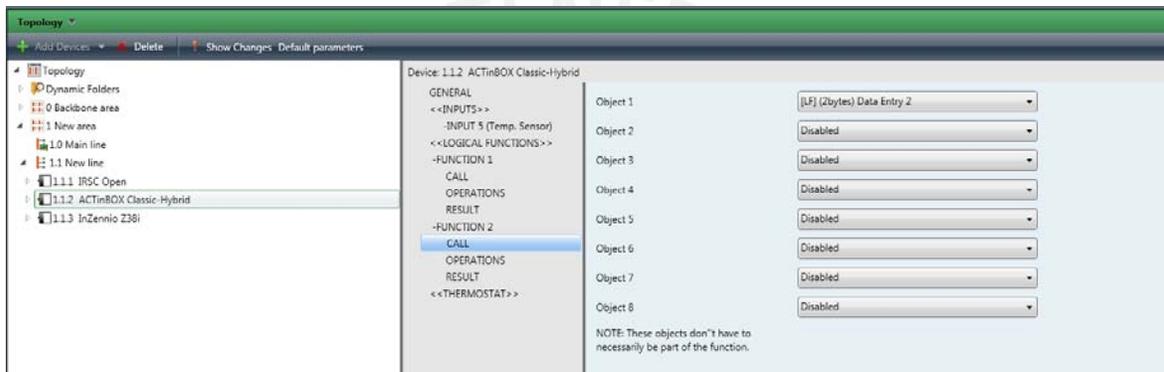


Fig. 4.10-12 Llamada de función lógica 2 Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-13), se configura la operación a realizar, el tipo de objeto para la comparación de la función 2, por ejemplo, es una comparación de números de 2 bytes de coma flotante, el valor 1 es un numero de 2 bytes, configurado en la imagen anterior, y el valor 2 es un valor constante, el número 24, luego el resultado se almacena en la variable b2.

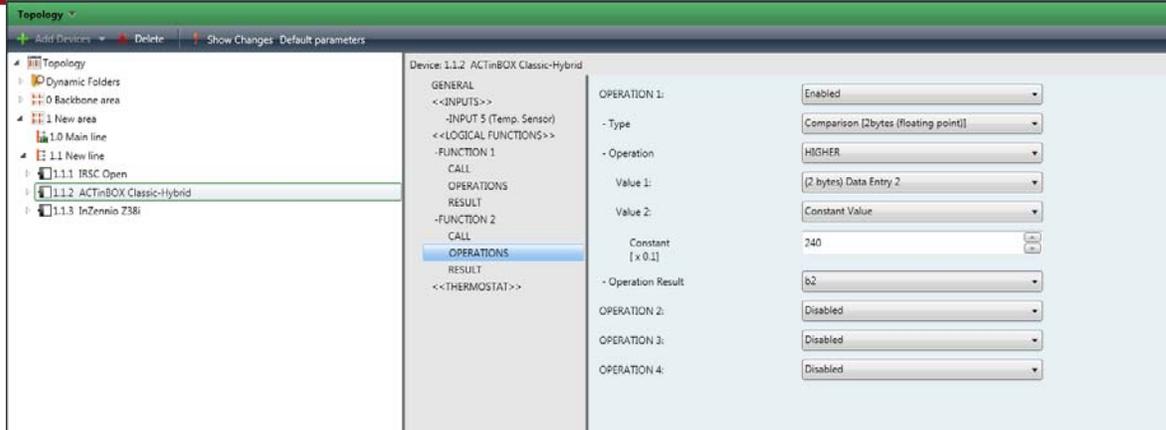


Fig. 4.10-13 Operación de función lógica 1 Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-14), se configura el tipo de resultado que dará la función de comparación 2, en este caso será de 1 bit, y para esta caso se va a restringir o filtrar el resultado de esta función esperando sólo tener un uno “1” como resultado, de esta forma se descartan los ceros “0” enviados cuando sea falsa la comparación.

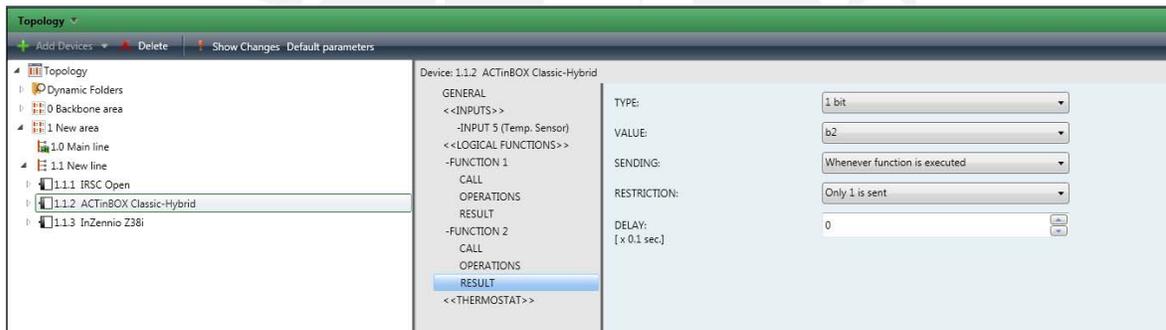


Fig. 4.10-14 Resultado de función lógica 1 Actinbox

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-15), se realiza la configuración general de la pantalla Z38, se configura visualización de fecha, hora y temperatura.

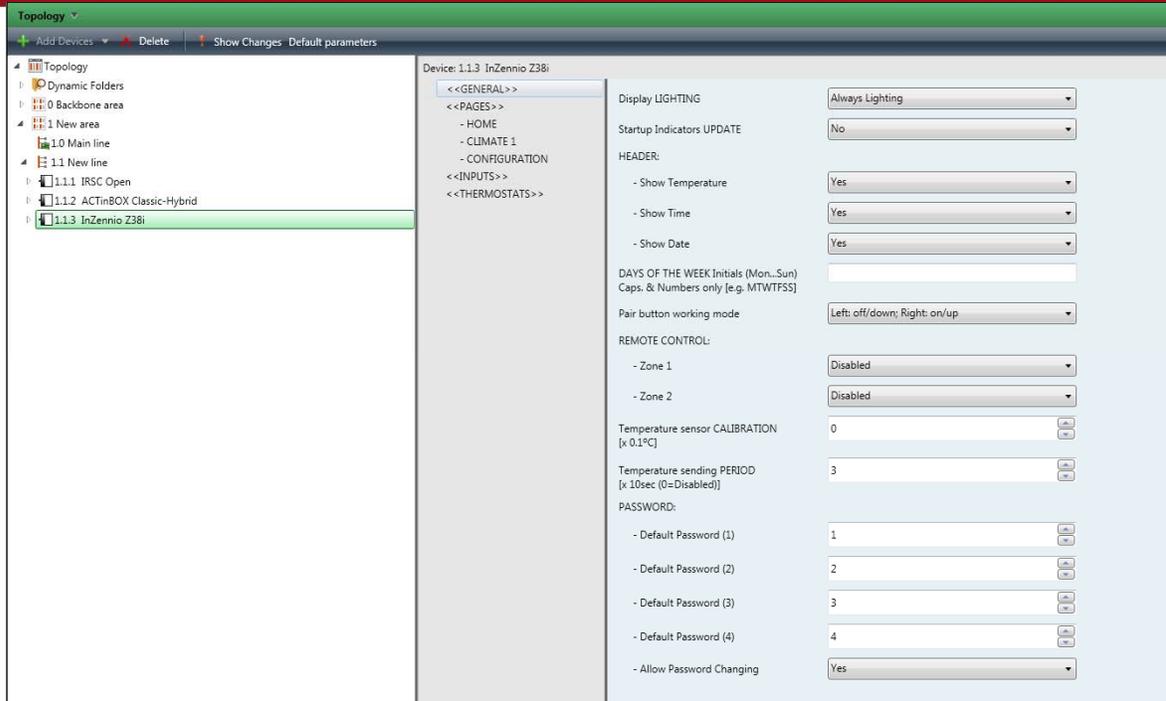


Fig. 4.10-15 Configuración general pantalla Z38

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-16), se configura sólo la pantalla específica de Clima y se le nombra como “Split”.

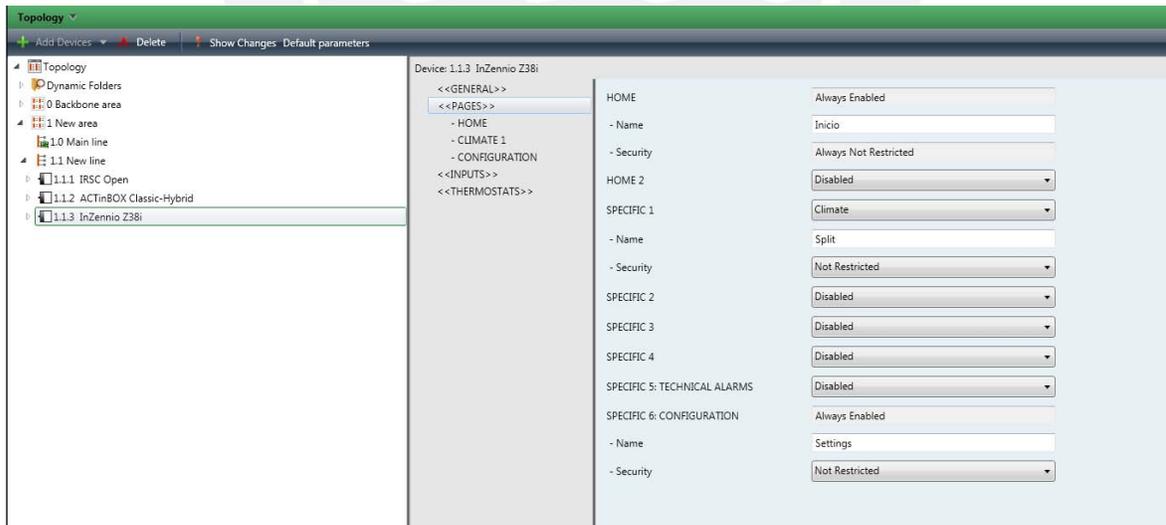


Fig. 4.10-16 Configuración de pantallas pantalla Z38

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-17), se configura la pantalla de control del IRSC para la pantalla Z38, esta pantalla mostrará las opciones de configuración como el encendido y apagado, la temperatura de consigna, el modo de operación, velocidad del ventilador y el movimiento de las aspas.

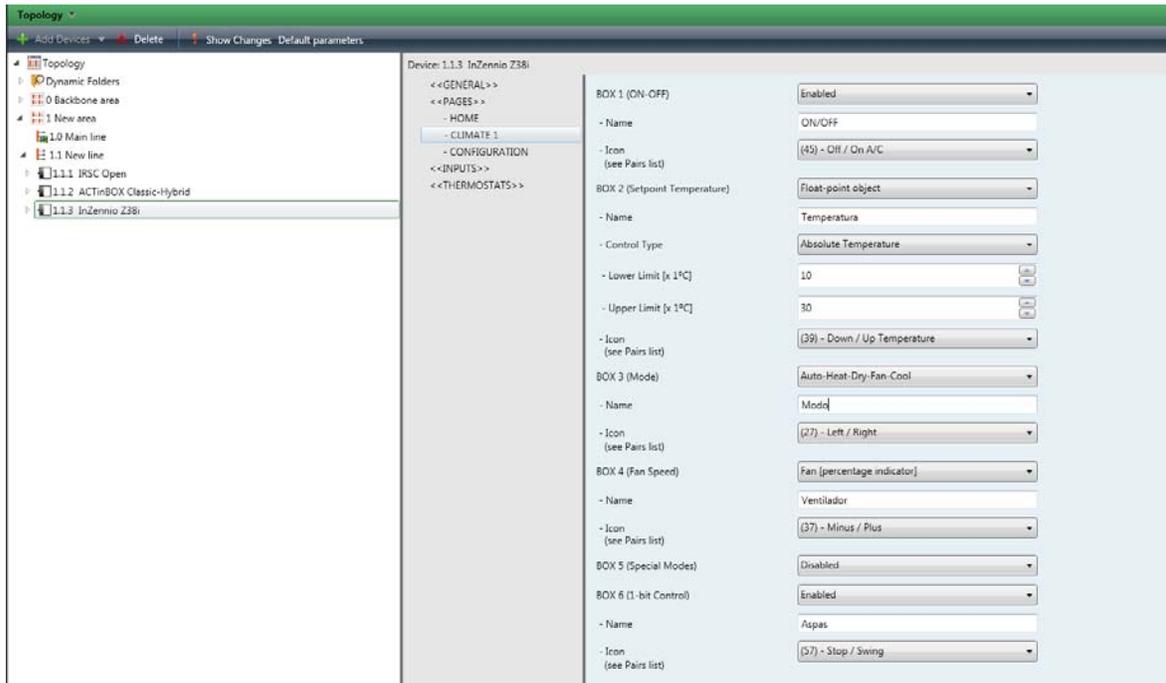


Fig. 4.10-17 Configuración de pantallas específica Clima pantalla Z38

En la siguiente imagen (ver fig. 4.10-18) se muestran las direcciones de grupo para todo el proyecto, se obtiene esto luego de terminar el proceso de parametrización del sistema.

Sub Group	Name	Description	Central	Pass Through Line Coupler	Last Value
1	Envío ON/OFF		No	No	
2	Estado ON/OFF		No	No	
3	Temperatura de Consigna		No	No	
4	Envío Ventilación		No	No	
5	Estado Ventilación		No	No	
6	Envío Modo		No	No	
7	Estado Modo		No	No	
8	Envío Aspas		No	No	
9	Estado Aspas		No	No	
21	Estado Temperatura Exterior - Probe		No	No	
22	Estado Temperatura Sala - Z38		No	No	

Fig. 4.10-18 Direcciones de grupo de la instalación

4.11. Resultados y Pruebas del Diseño

Para el presente diseño no se pudo contar con los componentes bus necesarios para la simulación del sistema, tampoco licencias del software ETS4 para poder trabajar con más de 3 componentes bus, y sin restricción alguna.

La razón de la falta de componentes y licencias es el elevado costo de importación de este tipo de equipos, además de los complicados trámites con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para la autorización de ingreso de equipos cuya tecnología es nueva en el país.

Sin embargo se trabajó de la mano del fabricante de los componentes bus usados en el presente diseño; Zennio. Personal técnico de soporte Zennio estuvo en constante comunicación durante la fase de diseño y programación éste sistema. Se contó con la asistencia vía sistema de tickets de ingeniero de soporte especializado en programación y simulación de soluciones de climatización.

Luego de terminar con la programación de los componentes bus de este trabajo, se envió el archivo de proyecto generado (ver anexo 6) con el software ETS4 al fabricante, el encargado de soporte se encargó de verificar la funcionalidad de la topología con los equipos requeridos, dando así por comprobada la operatividad del sistema.

Además del contar con el soporte de Zennio para la programación de componentes, se accedió al desarrollo de un sistema similar al presentado (ver anexo 7), y comparando este documento con la lógica de nuestro sistema se puede comprobar la funcionalidad y similitud de ambas soluciones. Ésta guía de desarrollo presenta la configuración del IRSC y la pantalla Z38 para el control de un sistema de aire acondicionado Split, y se redactó esta guía por la cantidad de aplicaciones que tiene el IRSC y pantalla Z38 en España. Como se puede observar, la única diferencia entre esta guía y el diseño presentado en este trabajo es la inclusión del módulo Actinbox para la ejecución de funciones lógicas.

4.12. Análisis de costos e impuestos de importación

Los precios de los componentes bus y suministros que se muestran a continuación fueron sacados de catálogos online actualizados [24].

Item	Descripción	Cantidad	Precio EXW Unitario €	Precio EXW Unitario \$	Precio EXW Total \$	Ad Valorem %	Precio FOB \$
1	Fuente de Alimentación Zennio ZPS160M de 160mA	1	127	176.16	176.16	0.00	176.16
2	IRSC Plus Zennio	1	161	223.32	223.32	0.00	223.32
3	Pantalla táctil Z38 Zennio	1	220	305.16	305.16	0.00	305.16
4	Actinbox Classic Hybrid Zennio	1	199	276.03	276.03	0.00	276.03
5	Pasarela USB Zennio	1	169	234.42	234.42	0.00	234.42
6	Sonda de temperatura acero Zennio	1	13	18.03	18.03	0.00	18.03
7	Lente IR IRSC Zennio	1	9	12.48	12.48	0.00	12.48
7	Carril de datos/DIN Siemens	1	13.6	18.86	18.86	0.00	18.86
9	Cubierta para carril de datos Siemens	1	3.15	4.37	4.37	0.00	4.37
10	Rollo Cable Bus 2 pares LSZH 100 m	1	100	138.71	138.71	0.00	138.71
Total							1,407.56

Tabla 4.11-1 Precios FOB del sistema KNX

Cálculo de los gastos por importación, unidad Split e instalación:

Peso Estimado	50 kg	
Volumen Estimado	0.5 m3	
Total flete y seguro	250.00	(a)
Total FOB	1407.56	(b)
CIF (a)+(b)	1657.56	(c)
A/Valorem (%)	0.00	(d)
Impuestos desaduanaje (IGV+IPM)%x(CIF+A/Valorem)	298.36	(e)
Almacenaje en aduanas	200.00	(f)
Total Importación (c)+(d)+(e)+(f)	2155.92	
Equipo de A/C Carrier Xpower Blue II + Instalación	1430.00	
Instalación del sistema KNX	600.00	
Total \$	4185.92	
Total S/.	11720.58	

Tabla 4.11-2 Costo de importación, Split e instalación.

4.13. Evaluación de la viabilidad y rentabilidad del proyecto

Para evaluar la viabilidad del proyecto se necesita determinar el flujo de caja, y para esto, se necesita calcular el consumo anual de energía del sistema de aire acondicionado actual, y el consumo anual de energía aproximado del sistema KNX propuesto en este proyecto. En la siguiente tabla (ver tabla 4.12-1), se muestra el cálculo de la energía aproximada anual del sistema de aire acondicionado actual.

Consumo Anual Aproximado A/C común	Cantidad	Unidad
KWH (incl. IGV)	0.41	Soles
Horas de Operación A/C	8760.00	Hr
Consumo Nominal A/C	2.82	KW
KWH Anual	24703.20	KWHr
Costo Anual	10202.42	Soles

Tabla 4.12-1 Cálculo del consumo y costo de energía anual del equipo de A/C actual

Para el cálculo del consumo de energía del sistema propuesto, se necesita aproximar el tiempo de funcionamiento del sistema KNX, para esto se toma como referencia un registro histórico de temperaturas de los últimos 18 años de la zona de Talara, estos datos se obtuvieron de una página web [26], en la que se tiene un acumulado de las veces en que la temperatura estuvo bajo los 18°C, para aproximar las horas en total, se considera que el lapso de tiempo en que la temperatura bajó de 18°C (19°C para la lógica de nuestro sistema) es en un intervalo de 8 horas entre la noche y madrugada de los meses comprendidos entre abril y diciembre, ver tabla 4.12-3.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Total días	0	0	0	1	6	19	26	28	29	27	21	8
Total horas	0	0	0	8	48	152	208	224	232	216	168	64

Tabla 4.12-2 Cálculo de las horas de no operación del sistema KNX

Luego, se obtiene el consumo y costo anual aproximado del sistema KNX propuesto, ver tabla 4.12-3.

Consumo Anual Aproximado A/C Inverter	Cantidad	Unidad
KWH (incl. IGV)	0.41	Soles
Horas de Operación Inverter	7440.00	Hr
Consumo Nominal Inverter	2.33	KW
KWH Anual	17335.20	KWHr
Costo Anual	7159.44	Soles

Tabla 4.12-3 Cálculo del consumo y costo de energía anual aproximada del sistema KNX

Para evaluar la viabilidad del proyecto se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se calculará el VAN (VPN) para el sistema que actualmente posee la empresa, este VAN se comparará con el VAN obtenido para la solución propuesta.
- No se cuenta con ingresos de la empresa, por lo que el flujo de caja será negativo, de la misma forma los VAN resultantes serán negativos.
- La empresa cliente, no financiará la compra del sistema, la compra será mediante un desembolso en el primer período del flujo.
- La evaluación se realiza para un período de 5 años.
- Como se van a evaluar dos proyectos a la vez, la decisión se toma de acuerdo al VAN, en este caso el TIR no nos resulta útil [27].
- Se considera la depreciación de los equipos como 10% anual.
- Todos los costos son en Nuevos Soles.

En la tabla 4.12-4, se muestra el flujo de caja del sistema de climatización actual.

	0	1	2	3	4	5
Costos fijos por energía		-10202.42	-10202.42	-10202.42	-10202.42	-10202.42
Costo fijo por personal		-30000.00	-30000.00	-30000.00	-30000.00	-30000.00
Depreciación		-150.00	-150.00	-150.00	-150.00	-150.00
UAI		-40352.42	-40352.42	-40352.42	-40352.42	-40352.42
Impuesto a la renta (no aplica)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UDI		-40352.42	-40352.42	-40352.42	-40352.42	-40352.42
Depreciación		150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
Valor de rescate						750.00
Flujo de caja	0.00	-40202.42	-40202.42	-40202.42	-40202.42	-39452.42

Tabla 4.12-4 Flujo de caja del sistema de climatización actual

Con el flujo de caja del sistema actual se obtiene:

VAN=-144495.16

En la tabla 4.12-5, se muestra el flujo de caja del sistema de climatización propuesto.

	0	1	2	3	4	5
Costos fijos por energía		-7159.44	-7159.44	-7159.44	-7159.44	-7159.44
Depreciación		-1172.06	-1172.06	-1172.06	-1172.06	-1172.06
UAI		-8331.50	-8331.50	-8331.50	-8331.50	-8331.50
Impuesto a la renta (no aplica)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UDI		-8331.50	-8331.50	-8331.50	-8331.50	-8331.50
Depreciación		1172.06	1172.06	1172.06	1172.06	1172.06
Inversión	-11720.58					
Valor de rescate						5860.29
Flujo de caja	-11720.58	-7159.44	-7159.44	-7159.44	-7159.44	-1299.15

Tabla 4.12-5 Flujo de caja del sistema KNX

Con el flujo de caja del sistema propuesto se obtiene:

VAN=-34203.47

Luego de obtener el VAN de cada una de las opciones, se puede concluir que el sistema propuesto puede ser aceptado porque el VAN de este sistema es mayor que el del sistema actual. La inversión se podría recuperar (pay-back) en aproximadamente 5 meses.

CONCLUSIONES

Al decidir trabajar en el desarrollo de este diseño empleando el bus de comunicación KNX, que es una tecnología abierta y al mismo tiempo un estándar a nivel mundial, el cliente se beneficiaría con la amplia gama de opciones y fabricantes de componentes, todos compatibles entre ellos. La red se puede extender sin necesidad de preocuparse por una sola marca de dispositivos, como es el caso de los estándares cerrados o propietarios.

Para este diseño específicamente, la característica de ser un protocolo abierto dió la posibilidad de encontrar una solución accesible y simple; el controlador IRSC, desarrollado por la empresa española Zennio, es una solución para sistemas Split o sistemas HVAC simples, como es el caso del sistema de aire acondicionado de la central telefónica.

Por otro lado, este bus de comunicación tiene una velocidad de transmisión baja a diferencia de las velocidades de transmisión que manejan otras tecnologías de comunicación, pero se puede concluir que para este diseño, en el que se usa pocos componentes, que la velocidad de transmisión no es relevante ya que el número de telegramas que se maneja en la red es mínimo, en todo caso, si se tuviera un tráfico de telegramas mayor, podría sacrificarse la velocidad de transmisión por una topología de red descentralizada considerando que cada componente bus tiene su propio CPU y procesa su propia data, además de contar con independencia de alimentación para cada línea del bus.

Otra de las razones más importantes por la cual se eligió este bus de comunicación es, que tiene la capacidad de ser manejado remotamente, permitiendo tener una lectura y control remoto de los dispositivos de la red por medio de una pasarela IP.

Con respecto al bus de comunicación y componentes bus, se puede ver que son de fácil montaje, están fabricados de tal manera que cualquier instalador con conocimientos de electricidad podría instalarlos, y la interfaz y software de programación es simple y amigable.

Por otro lado, con respecto a la accesibilidad del bus, al ser una tecnología europea, hasta el momento es empleada ampliamente sólo en países de Europa para proyectos de Inmótica y Domótica simples y complejos.

KNX tiene aún poca difusión en América, los precios de los equipos y licencias son elevados, en comparación con otras marcas propietarias difundidas localmente pero que no ofrecen control inteligente de sistemas Split. Por esta razón no se pudo realizar una simulación de la red, así como tampoco fueron accesibles los equipos y licencias.

RECOMENDACIONES

El esquema de diseño presentado en el capítulo 4 se desarrolló en una línea de bus, la simplicidad del requerimiento y lo reducido del área de trabajo permitió reducir costos en componentes, fuentes, acopladores, etc. Para aplicaciones en áreas de trabajo más extensas, se puede implementar una red KNX en más de un área o línea sacando provecho de la estructura jerárquica que existe entre ellas, así como también de la independencia y descentralización de funciones del sistema KNX.

Uno de los objetivos de este diseño es el de tener un manejo remoto del sistema, por lo que se recomienda completar el presente trabajo con la instalación de un gateway o pasarela IP a la línea de bus, esto para poder tener conexión a una red externa y de esta forma tener lectura y control del sistema.



BIBLIOGRAFIA

- [1] Richard R. Janis, William K.Y. Tao
2004 Mechanical and Electrical Systems in Buildings.
Tercera Edición.
Copyright © 2004 Prentice Hall.
- [2] Bjørn Kvisgaard
1997 Thermal Comfort.
Copyright © 1997 INNOVA Air Tech Instruments A/S, Denmark [Brüel&Kjær]
Traducción: Manuel Martín Monroy © 2000. Consulta: Octubre 2007
<<http://editorial.cda.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/2-%20CALOR/1-Comodidad/C.6.1%20La%20Comodidad%20Termica-INNOVA.pdf> >
- [3] ANSI/ASHRAE
1992 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. ASHRAE 55
Copyright © 1992 ASHRAE
- [4] Honeywell
1997 Engineering Manual of Automatic Controls for Commercial Buildings
Copyright © 1997
- [5] CEDITEC (Centro de Difusión de Tecnologías). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Universidad Politécnica de Madrid.
2005 El hogar digital como solución a las necesidades de las personas mayores.
Consulta: Octubre 2007
< <http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/asimelec-hogar-01.pdf> >
- [6] Schneider Electric. TAC Tour Andover Controls
2005 Confort, Seguridad y Ahorro en Edificios. Consulta: Octubre 2007
< [http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/be57f5b48f6aafdf85257a68005b07a6/\\$FILE/SCHC142_1.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/mainRepository/EDMS_CTRY3.nsf/69f5d72c7a0cf811c12573d800389503/be57f5b48f6aafdf85257a68005b07a6/$FILE/SCHC142_1.pdf) >

- [7] Alliance to Save Energy
Ahorro de Energía en Sistemas HVAC de Hoteles mediante el uso de Variadores de Velocidad. Consulta: Junio del 2007.
<<http://www.ase.org/programs/international/mexico/drives.htm>>
- [8] KONNEX
Página web KNX. Consulta: Julio 2013.
<<http://www.knx.org/es/>>
- [9] ASIMELEC. Comisión del Hogar Digital
2005 Sistemas de control: Tecnologías, Sistemas y Normativas.
Consulta: Octubre 2007
Copyright © 2005
- [10] European Installation Bus Association (EIBA)
2000 Técnica de Proyectos en Instalaciones con EIB, Principios Básicos.
Cuarta Edición.
Copyright © 2000. EIBA, sc. Twinhouse, Neerveldstraat, 105
- [11] European Installation Bus Association (EIBA)
2000 Técnica de Proyectos en Instalaciones con EIB, Aplicaciones.
Primera Edición.
Copyright © 2000. EIBA, sc. Twinhouse, Neerveldstraat, 105
- [12] Leopoldo Molina González y Jose Manuel Ruiz Gutiérrez.
1999 Instalaciones Automatizadas en Viviendas y Edificios.
Primera Edición.
Copyright © 2000. McGraw-Hill Interamericana de España.
- [13] KNX Association
2013 KNX TP1 Installation. KNX Basic Course. Consulta: Julio 2014.
<http://www.knx.org/fileadmin/template/documents/downloads_support_menu/KNX_tutor_seminar_page/basic_documentation/Installation_E1212a.pdf>

- [14] Manuel Peña Alcaraz.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad Pontificia Comillas
2012 Comunicaciones en el Entorno Doméstico (Domótica)
Comparación KNX – Lonworks. Consulta: Agosto 2013.
<http://www.dea.ica.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/KNX%20domotica_ManuelPe%C3%B1a.pdf >
- [15] Ondřej Nývlt
Department of Control Engineering. Faculty of Electrical Engineering.
Czech Technical University in Prague
2011 Buses, Protocols and Systems for Home and Building Automation.
Consulta: Octubre 2013
<http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SZS/Buses,%20Protocols%20and%20Systems%20for%20Home%20and%20Building%20Automation.pdf >
- [16] Cristhian Calafat
Lonmark España
2007 El Valor de un Sistema Abierto. Consulta: Octubre 2013.
<<http://www.dtic.ua.es/dai/eid2007/docs/empresas/Lonmark.pdf>>
- [17] KONNEX
2009 KNX System Specifications. Architecture. Versión 3
Consulta: Octubre 2013
<http://www.sti.uniurb.it/romanell/Domotica_e_Edifici_Intelligenti/110504-Lez10a-KNX-Architecture%20v3.0.pdf >
- [18] ASHRAE
2011 TC 9.9 Thermal Guidelines for Data Processing Environments – Expanded
Data Center Classes and Usage Guidance.
Copyright © 2011. Consulta: Octubre 2013
< http://ecoinfo.cnrs.fr/IMG/pdf/ashrae_2011_thermal_guidelines_data_center.pdf >
- [19] Hewlett Packard
2012 Applying 2011 ASHRAE data center guidelines to HP ProLiant-based facilities
Copyright © 2012. Consulta: Octubre 2013
< <http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c03499263.pdf> >

- [20] Cisco Systems
2011 Data Center Power and Cooling
Copyright © 2011. Consulta: Mayo 2013
<http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/data-center-virtualization/unified-computing/white_paper_c11-680202.pdf >
- [21] Asea Brown Boveri
2006 Termostatos. Instruccions de Instalación y Funcionamiento
Consulta: Noviembre 2012
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/75ed6fae92057374832572270056bd77/\\$file/1txa600008c0701_7981401_v_termostatos.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/75ed6fae92057374832572270056bd77/$file/1txa600008c0701_7981401_v_termostatos.pdf)>
- [22] Zennio
2009 IRSC Plus, Controlador de Sistemas de aire acondicionado.
Manual de usuario. Edición 6.4. Consulta: Noviembre 2013
<http://zennio.com/images/stories/zennio/doc_tecnica/irsc/Manual_IRSC-PLUS_SP_v6.4_Ed.a.pdf>
- [23] Zennio
2013 Actinbox Hybrid AD, Actuador KNX Classic-Hybrid
Manual de usuario. Edición 2.1. Consulta: Diciembre 2013
<http://zennio.com/images/stories/zennio/doc_tecnica/classic/Manual_HYBRID_SP_v2.1_Ed.a.pdf>
- [24] Zennio
2012 Inzennio Z38i, Pantalla táctil KNX
Manual de usuario. Edición A. Consulta: Julio 2013.
<http://zennio.com/images/stories/zennio/doc_tecnica/z38i/Manual_Z38i_SP_v2.2_Ed.a.pdf>
- [25] Futurasmus KNX Group
Catálogo de productos KNX (página web). Consulta: Octubre 2013.
<<http://www.futurasmus-knxgroup.es/>>

- [26] Weatherbase
Base de datos Climáticos (página web). Consulta: Diciembre 2013.
<<http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=9348&units=&cityname=Talara%2C+Piura%2C+Peru>>
- [27] Diario Gestión
Blog del Diario Gestión (página web). Publicado: 22/10/2010
Consulta: Enero 2014.
<<http://blogs.gestion.pe/deregresoalobasico/2010/10/los-problemas-de-la-pobretir.html>>



ANEXOS

