

## CAPÍTULO 3. MEMORIA DE CÁLCULO

Atendiendo a los objetivos y el alcance de la primera fase el trabajo a realizar será el siguiente:

- Estado del Arte. Protocolos de Control: Debido a la gran proliferación de tecnologías y persiguiendo el objetivo de tener una red de control interoperable e interfuncional; el primer paso es analizar los protocolos de control que puedan aportar algún beneficio a la gestión energética. Es necesario hacer esta valoración para así poder hacer una buena elección que no merme la potencialidad funcional de la red de control en un futuro.
- Comparativa soluciones: posteriormente y atendiendo a las posibilidades tecnológicas que nos puedan interesar se estudiarán varias soluciones con equipos concretos del mercado que aborden la necesidad desde un punto de vista diferente. Después de este análisis de apostará por la mejor solución desde el punto de los objetivos a cumplir y sin perder una visión económica.
- Solución Adoptada: en este apartado se explicará con detalle y de forma técnica la solución elegida en el apartado anterior.

### ESTADO DEL ARTE. PROTOCOLOS DE CONTROL

En la actualidad existen infinidad de aplicaciones de control inmótico. Para ello es necesario la existencia de protocolos de comunicación que establezcan unas instrucciones y una representación de la información. Tantos contextos de aplicación como protocolos existentes; luego es difícil establecer una clasificación de ellos. Atendiendo a un criterio de aplicación se pueden dividir de la siguiente manera:

- Propósito general.

- Propósito específico.

Pero además los protocolos de comunicación podrán ser estándares o no. Los estándares tendrán una mayor facilidad para su inserción en el mercado ya que los fabricantes podrán desarrollar equipos compatibles y proliferar la oferta. Estos estándares podrán además ser propietarios o abiertos. En los primeros, la tecnología es propiedad de una empresa o varias y para poder desarrollar dispositivos que hablen dicho lenguaje se deberá contratar con el poseedor de la patente. Por el contrario los estándares abiertos ofrecen todas sus publicaciones gratuitamente para todo aquel que quiera ampliar la tecnología. Las ventajas de un protocolo abierto están claras y en principio la ventaja que ofrecen los protocolos propietarios es un soporte dedicado (aunque en protocolos abiertos esta estabilidad suele ofrecerse creando alianzas entre los fabricantes que usan dicha tecnología). Actualmente la filosofía GLP está demostrando que la colaboración permite crecer más rápido por lo que la mayoría de los protocolos aquí analizados son estándares abiertos.

Será interesante analizar de cada uno de ellos aspectos como:

- Normas y estándares. Es importante que la tecnología este normalizada y sea un estándar para asegurar la evolución y adaptación en el futuro. También ayudará a la proliferación de productos en el mercado, aumentando la competencia, los servicios ofrecidos y la interoperabilidad con otros protocolos.
- Proyectos participado. Esto da idea las posibilidades de la tecnología y de saber que ofrece servicios tangibles y no meras propuestas e intenciones que no lleguen a cuajar. Saber que son tecnologías ya implantadas en grandes proyectos aporta garantías de éxito.
- Aplicaciones. Como ya hemos reseñado cada protocolo de control está orientado a ciertas aplicaciones.
- Algunas reseñas técnicas. Por supuesto es importante también anotar algunas características técnicas que puedan orientar en la elección de la tecnología más adecuada para la aplicación que se requiere.

## PROPÓSITO GENERAL

Estos protocolos ofrecen una gestión completa en sistemas de control. Son protocolos que manejan información de cualquier dispositivo integrado en el contexto de una construcción: iluminación, HVAC, seguridad... Algunos, debido a su complejidad y a las potentes herramientas que ofrecen son más indicados para grandes edificios donde se busca alta fiabilidad y estabilidad (hospitales, oficinas...); por el contrario, otros están más dirigidos al uso residencial debido a que ofrecen soluciones concretas a un coste menor.

## EIB

### *Referencia Bibliográfica [T01][T02]*

El European Installation Bus o EIB es un sistema domótico desarrollado bajo los auspicios de la Unión Europea con el objetivo de contrarrestar las importaciones de productos similares que se estaban produciendo desde el mercado japonés y el norteamericano donde estas tecnologías se han desarrollado antes que en Europa. El objetivo era crear un estándar europeo, con el suficiente número de fabricantes, instaladores y usuarios, que permita comunicarse a todos los dispositivos de una instalación eléctrica como: contadores, equipos de climatización, de custodia y seguridad, de gestión energética y los electrodomésticos.

La EIBA es una asociación de 113 empresas europeas, líderes en el mercado eléctrico, que se unieron en 1990 para impulsar el uso e implantación del sistema domótico EIB. La EIBA tiene su sede en Bruselas y todos sus miembros cumplen el 80 % de la demanda de equipamiento eléctrico en Europa. Según la EIBA (EIB Association) hay unos 10 millones de dispositivos EIB instalados por todo el mundo, unas 70.000 instalaciones, una gama de 4.500 productos diferentes, 113 empresas asociadas a la EIBA, y 70.000 instaladores cualificados.

El EIB está basado en la estructura de niveles OSI y tiene una arquitectura descentralizada. Este estándar europeo define una relación extremo a extremo entre dispositivos que permite

distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en el edificio.

Aunque en un principio sólo se contempló usar un cable de dos hilos como soporte físico de las comunicaciones, se pretendía que el nivel EIB.MAC (Medium Access Control) pudiera funcionar sobre los siguientes medios físicos:

- EIB.TP: sobre par trenzado a 9600 bps. Además por estos dos hilos se suministra 24 Vdc para la telealimentación de los dispositivos EIB. Usa la técnica CSMA con arbitraje positivo del bus que evita las colisiones evitando así los reintentos y maximizando el ancho de banda disponible. Limitación de distancia sin repetidos a 1000m.
- EIB.PL: Corrientes portadoras sobre 230 Vac/50 Hz (powerline) a 1200/2400 bps. Usa la modulación SFSK (Spread Frequency Shift Keying) similar a la FSK pero con las portadoras más separadas. La distancia máxima que se puede lograr sin repetidor es de 600 metros.
- EIB.net: usando el estándar Ethernet a 10 Mbps (IEC 802-2). Sirve de backbone entre segmentos EIB además de permitir la transferencia de telegramas EIB a través del protocolo IP a viviendas o edificios remotos.
- EIB.RF: Radiofrecuencia: usando varias portadoras, se consiguen distancias de hasta 300 metros en campo abierto. Para mayores distancias o edificios con múltiples estancias se pueden usar repetidores.
- EIB.IR: Infrarrojo: para el uso con mandos a distancia en salas o salones donde se pretenda controlar los dispositivos EIB instalados.

En la práctica, sólo el par trenzado ha conseguido una implantación masiva mientras que los demás apenas han conseguido una presencia testimonial.

Hay que destacar que EIB está convergiendo, junto con el BatiBUS y el EHS, en un único estándar europeo para la automatización de edificios y viviendas llamado KONNEX como se puede ver más abajo.

*Referencia Bibliográfica [T01]/[T02]*

El estándar EHS (European Home System) ha sido otro de los intentos que la industria europea (año 1984), auspiciada por la Comisión Europea, de crear una tecnología que permitiera la implantación de la domótica en el mercado residencial de forma masiva. El resultado fue la especificación del EHS en el año 1992. Esta basada en una topología de niveles OSI (Open Standard Interconnection), y se especifican los niveles: físico, de enlace de datos, de red y de aplicación.

Desde su inicio han estado involucrados los fabricantes europeos más importantes de electrodomésticos de línea marrón y blanca, las empresas eléctricas, las operadoras de telecomunicaciones y los fabricantes de equipamiento eléctrico. La idea era crear un protocolo abierto que permitiera cubrir las necesidades de interconexión de los productos de todos estos fabricantes y proveedores de servicios. Tal y como fue pensado, el objetivo de la EHS es cubrir las necesidades de automatización de la mayoría de las viviendas europeas cuyos propietarios que no se pueden permitir el lujo de usar sistemas más potentes pero también más caros (como Lonworks, EIB o Batibus) debido a la mano de obra especializada que exige su instalación.

El EHS viene a cubrir, por prestaciones y objetivos, la parcela que tienen el CEBus norteamericano y el HBS japonés y rebasa las prestaciones del X-10 que tanta difusión ha conseguido en EEUU.

Durante los años 1992 al 1995 la EHSA auspició el desarrollo de componentes electrónicos que implementaran la primera especificación. Como resultado nació un circuito integrado de ST-Microelectronics (ST7537HS1) que permitía transmitir datos por una canal serie asíncrono a través de las líneas de baja tensión de las viviendas (ondas portadoras o "powerline communications"). Esta tecnología, basada en modulación FSK, consigue velocidades de hasta 2400 bps y además también puede utilizar cables de pares trenzados como soporte de la señal.

En la actualidad, se están usando o se están desarrollando la transmisión por los siguientes

medios físicos:

- PL-2400: Ondas Portadoras a 2400 bps.
- TP0: Par Trenzado a 4800 bps (idéntico a nivel físico del BatiBUS).
- TP1: Par Trenzado/Coaxial a 9600 bps.
- TP2: Par Trenzado a 64 Kbps.
- IR-1200: Infrarrojo a 1200 bps.
- RF-1100: Radiofrecuencia a 1100 bps.

Este protocolo está totalmente abierto, esto es, cualquier fabricante asociado a la EHSA puede desarrollar sus propios productos y dispositivos que implementen el EHS. Con un filosofía Plug&Play, se pretende aportar las siguientes ventajas a los usuarios finales:

- Compatibilidad total entre dispositivos EHS.
- Configuración automática de los dispositivos, movilidad de los mismos (poder conectarlo en diferentes emplazamientos) y ampliación sencilla de las instalaciones.
- Compartir un mismo medio físico entre diferentes aplicaciones sin interferirse entre ellas.

Cada dispositivo EHS tiene asociada una subdirección única dentro del mismo segmento de red que además de identificar unívocamente a un nodo también lleva asociada información para el enrutado de los telegramas por diferentes segmentos de red EHS.

La asociación EHSA (EHS Association) es la encargada de emprender y llevar a cabo diversas iniciativas para aumentar el uso de esta tecnología en las viviendas europeas. Además se ocupa de la evolución y mejora tecnológica del EHS y de asegurar la compatibilidad total entre fabricantes de productos con interfaces EHS.

Al igual que se comentó antes con EIB, estos protocolos convergen en la actualidad junto con BatiBUS en KNX.

*Referencia Bibliográfica [I05][T01][T02][T03][T05]*

KNX es la iniciativa de tres asociaciones europeas (EIBA, BCI y EHSA) con el objetivo de aunar los esfuerzos de todos los fabricantes de sistemas domóticos e inmóticos del mercado europeo, para que con el apoyo de los gobiernos y del resto de industrias europeas, pueda crearse un único estándar europeo para la automatización de viviendas y edificios. Es decir, el estándar KNX es el paso evolutivo lógico que trata de concentrar toda la experiencia y conocimiento de los principales estándares europeos en el único estándar abierto en el mundo con este propósito. De momento por razones legales, siguen existiendo conjuntamente las tres asociaciones; sin embargo, se pretende que todas las operaciones de las asociaciones existentes se vayan traspasando gradualmente a la asociación Konnex.

Konnex desde el principio quiso ser un estándar europeo e internacional. Luego tiene varias normativas adoptadas y publicadas:

- **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/Z 20965 en China en 2007.
- **ANSI/ASHRAE.** Aprobó la tecnología KNX como el Estándar Estadounidense ANSI/ASHRAE 135 en 2005.

En concreto, KNX se basa en en la tecnología EIB, y expande su funcionalidad añadiendo

nuevos medios físicos a dicho estándar y los modos de configuración de BatiBUS y EHS. Los objetivos de esta iniciativa son:

- Crear un único estándar para la domótica y la inmótica que cubra todas las necesidades y requisitos de las instalaciones profesionales y residenciales de ámbito europeo.
- Aumentar la presencia de estos buses domóticos en áreas como la climatización.
- Mejorar las prestaciones de los diversos medios físicos de comunicación incidiendo en la tecnología de radiofrecuencia.
- Introducir nuevos modos de funcionamiento que permitan aplicar una filosofía Plug&Play a muchos de los dispositivos típicos de un edificio.
- Contactar con empresas proveedoras de servicios, como las de telecomunicaciones y las eléctricas, con el objeto de potenciar las instalaciones de telegestión técnica de los edificios. Para ello es fundamental su compromiso para ofrecer dispositivos de coste competente.

Prueba de que KNX es ya una tecnología consolidada son los proyectos llevados a cabo por todo el mundo:

- Oundle School by Andromeda Telematics Ltd. Reino Unido. Proyecto comercial que gestiona eficiencia energética en un instituto.
- Comfortable Living at the Obersee by EIBROM. Bélgica. Proyecto Residencial en donde se automatiza una urbanización.
- Bioclimatic Business Enterprise by Ingenieria Domotica. España. Proyecto Edificio de oficinas y administración pública.
- Belgorodenergo building Moscow by Ecoprogram. Rusia.

Las principales ventajas que ofrece este protocolo de control son la siguientes:

- ***Flexibilidad.*** Puede ser usado tanto en nuevas construcciones como en las ya existentes. Por lo que las instalaciones KNX pueden ser fácilmente extendidas y adaptadas a las nuevas necesidades, con una pequeña inversión de tiempo y dinero (por ejemplo cuando nuevos arrendatarios entran en un edificio de oficinas).

Puede ser instalado tanto en pequeñas casas como en grandes edificios (oficinas, hoteles, palacios de congresos, hospitales, escuelas, grandes almacenes, aeropuertos, ).

- ***Puede ser implementado en diferentes medios físicos.***
  - *TP (Twisted Pair):* Se trata de un bus de control mediante cableado independiente (par trenzado) de uso exclusivo para la comunicación KNX. TP1 que aprovecha la norma EIB equivalente y TP0 que aprovecha la norma BatiBUS equivalente.
  - *PL (Power Line):* Se usa el cableado ya existente para la red distribución a 230V. Este sistema es especialmente útil para instalaciones ya existentes, donde no es posibles o no se desea instalar un bus independiente. PL100 / PL132 heredadas de EIB / EHS.
  - *RF (Radio Frecuencia):* no se requiere ningún tipo de medio físico, ya que la comunicación se realiza mediante señales de radio de frecuencia. Sin visión directa KNX-RF y con necesidad de visión directa KNX-infrared.
  - *Ethernet:* aprovechando la norma EHS.net conocida como KNXnet/IP.

El medio más utilizado en las instalaciones actuales de KNX es el PT aunque se espera que exploten las demás interfaces con la difusión de este estándar.

- ***Calidad de producto.*** La KNX Association exige un alto nivel de producción y control de calidad durante todas las etapas de la vida del producto. Por lo que todos los miembros

fabricantes tienen que mostrar conformidad a la norma ISO 9001 incluso antes de que soliciten la certificación para productos KNX.

Además de la conformidad del fabricante a la norma ISO 9001, los productos tienen que cumplir con los estándares tanto Europeos como Internacionales para el control de viviendas y edificios. En caso de duda, la KNX Association tiene el derecho de volver a analizar el producto o puede exigir al fabricante el informe de conformidad de dicho hardware.

- ***Completo y cerrado.*** puede ser usado para el control de todas las posibles funciones/aplicaciones en casas y edificios desde iluminación, contraventanas, control de seguridad y alarmas, calefacción, ventilación, aire acondicionado, control de agua y dirección de energía, medición, hasta aplicaciones para el hogar, audio 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).

- ***Integración.*** distintos fabricantes ofrecen pasarelas, es decir, soporte para la interoperabilidad con otros sistemas de automatización de edificios, redes de telefonía, redes multimedia, redes IP, etc. Las instalaciones KNX pueden ser enlazadas a los objetos BACnet (como está documentado en el estándar internacional ISO 16484-5) o también tienen la posibilidad de conectarse, a través de la correspondiente interfaz con la tecnología DALI.
- ***Independiente de cualquier plataforma hardware o software.*** puede ser llevada a cabo bajo cualquier plataforma de microprocesador. KNX puede ser implementada desde el principio, pero para una entrada más sencilla en el mercado, los fabricantes KNX también pueden recurrir a los proveedores de componentes KNX. Para los miembros KNX, esto es completamente gratis.

KNX ofrece una solución genérica, completa y cerrada en automatización luego es aplicable a cualquier ámbito en este contexto:

### **KNX controla la Gestión Energética**

- Monitorización de Picos energéticos
- Detección de Corriente
- Monitorización de Redes
- Control de Cargas
- Medición
- Cuenta de los Pulsos Energéticos
- Registro de Datos
- Visualización

### **KNX controla la Iluminación**

- Encendido, Apagado y Regulación
- Iluminación Automática
- Control Constante de la Lux
- Control Temporizado
- Escenas
- Pasarela DALI

### **KNX controla Persianas y Toldos**

- Control Centralizado y de Grupos
- Programación de la Posición
- Localización el Sol
- Programación Automática
- Mejora del Clima
- Protección del Viento y la Lluvia
- Modo de seguridad
- Pasarela SMI

### **KNX controla Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado**

- Control de la Habitación Individual
- Control Central y Automático
- Modos de operación Temporizados
- Programas para Seguridad
- Válvula para el Control Circulación
- Calefacción bajo el suelo
- Unidades Fancoils
- Calefacción Eléctrica

### **KNX controla la Seguridad**

- Control de la Intrusión
- Detección de Humo

- Fallos Técnicos
- Control de Accesos
- Tecnologías Preventivas
- Simulación de Presencia
- Monitorización de Fallos
- Supervisión del Bus

### **KNX controla la Visualización**

- Enchufes / Controladores
- Paneles Táctiles y Paneles de Visualización
- Control Remoto IR
- Visualización por PC
- Servidores Web
- WAP
- PDA

### **KNX controla el Acceso Remoto y Automático**

- Relaciones Lógicas
- Funciones Temporizadas
- Supervisión del Sistema
- Acceso a Internet
- Control Remoto
- Programación Remota
- Mensajes

A continuación se comentan algunos aspectos técnicos. KNX contempla tres modos de configuración, que podrán seleccionarse según el nivel de competencia de cada instalador:

- Modo-S( modo sistema o system). Esta configuración sigue la misma filosofía que el EIB actual, esto es, los diversos dispositivos o nodos de la nueva instalación son instalados y configurados por profesionales con ayuda de una aplicación software sobre PC diseñada específicamente para este propósito.
- Modo-E (modo fácil o easy). En la configuración sencilla los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. Aún así, deben ser configurados algunos detalles durante su instalación, ya sea con el uso de un controlador central (como una pasarela residencial o similar) o mediante unos microinterruptores alojados en el mismo

dispositivo (similar a los dispositivos X.10 que hay en el mercado).

- **Modo-A (modo automático).** La configuración automática sigue una filosofía Plug & Play, es decir, ni el instalador ni el usuario final tiene que configurar el dispositivo. Es exactamente la misma filosofía a la que tienden muchos productos informáticos de uso cotidiano, pues permite una rápida y sencilla instalación o ampliación de las redes, evitando que el usuario final tenga que leer complicados manuales de instalación o especificaciones. Este modo está especialmente indicado para el empleo en electrodomésticos y equipos de entretenimiento.

En una red KNX se pueden encontrar básicamente cuatro tipos de componentes: módulos de alimentación de la red, acopladores de línea para interconectar diferentes segmentos de red y elementos sensores y actuadores. Es capaz de gestionar más de 10.000 de estos dispositivos.

Cuando se habla de una red KNX se está hablando de una red distribuida, es decir los distintos elementos de la red de los que se habla anteriormente poseen cierta capacidad de decisión. Pueden realizar funciones previamente programadas descongestionado así al centro de control y los medios de transmisión.

**Alimentación:** cuando se usa como medio de transmisión el par trenzado la alimentación y la información va por el mismo bus. Por lo tanto cada línea de bus tiene su propia fuente de alimentación que suministra la tensión a todos los dispositivos conectados.

Existen dos tipos de **direcciones**:

1. **Direcciones Físicas:** identifican unívocamente cada dispositivo y corresponden con una localización en la topología del sistema. La dirección física se representan por tres campos separados por puntos: [área].[línea].[dispositivo].
2. **Direcciones de grupo:** Éstas se emplean para definir funciones específicas del sistema y son las que determinan las asociaciones de dispositivos en funcionamiento (y la comunicación entre sus objetos de aplicación). Se pueden usar dos tipos de direccionamiento de grupo (de

dos y tres niveles) dependiendo de las necesidades en la jerarquización de las funciones del sistemas.

El método de acceso al medio empleado es de tipo CSMA/CA. La codificación se realiza de modo que el estado lógico '0' es dominante (flujo de corriente) sobre el '1', que se denomina recesivo (no pasa corriente).

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

## BACNET

### *Referencia Bibliográfica [AP05][I06][T01][T02]*

BACnet es un protocolo norteamericano para la automatización de viviendas y redes de control que fue desarrollado bajo el patrocinio de una asociación norteamericana de fabricantes e instaladores de equipos de calefacción y aire acondicionado (ASHRAE). El principal objetivo, a finales de los años ochenta, era la de crear un protocolo abierto (no propietario) que permitiera interconectar los sistemas de aire acondicionado y calefacción de las viviendas y edificios con el único propósito de realizar una gestión energética inteligente desde la vivienda a grandes edificios.

Se definió un protocolo que implementaba la arquitectura de niveles OSI y se decidió empezar usando, como soporte de nivel físico, la tecnología RS-485 (similar al RS-232 pero sobre un par trenzado y transmisión diferencial de la señal, para hacer más inmune esta a las interferencias electromagnéticas). Incluso a principios de los años 90, cuando apareció el protocolo LonTalk usado en LonWorks, esta asociación se planteó su inclusión como parte del protocolo BACnet, a pesar de que Echelon demostró que no pensaba ceder los derechos de patente ni dejar de cobrar royalties por los chips que implementan el Lonworks. Todo ello iba en contra de las bases fundacionales del grupo de trabajo BACnet como protocolo abierto y por ello no fue absorbido.

La parte más interesante de este protocolo es el esfuerzo que han realizado para definir un conjunto de reglas HW y SW que permiten comunicarse a dos dispositivos independientemente si estos usan protocolos como el EIB, el BatiBUS, el EHS, el LonTalk, TCP/IP, etc... Actualmente BACnet está recogido en el estándar ISO 16484-5:2007(E) en dónde se especifica su transmisión por diferentes medios físicos:

- Par trenzado
- Coaxial
- Fibra óptica

Con posibilidad de velocidades de transmisión que van desde 1Mbps a 100Mbps. Es por ello que vemos una limitación importante en este protocolo que no lo vemos en otros y es que debido a los medios de transmisión que soporta su implantación tendrá un añadido en el coste en edificios antiguos y que no contemplan una preinstalación ICT.

Analizando este protocolo de control más técnicamente se puede decir lo siguiente. BACnet no define la configuración interna, la estructura de datos o la lógica de control de los controladores. La información que necesita ser visible sobre la red de comunicación es abstraída de los detalles e implementación a través del uso de objetos estándar. La determinación de los objetos en un dispositivo a partir de sus procesos y datos son dejados al fabricante o implementador.

Con respecto a la arquitectura de comunicación de BACnet, esta se derivó del modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos (OSI). El comité 135 suprimió funcionalidades y capas del modelo OSI que no eran requeridas en un entorno de comunicaciones de edificios inteligentes y ambientes industriales. De ahí que se hable de un colapso del modelo OSI en la arquitectura de BACnet, tal y como lo muestra la siguiente figura.

Capa de Aplicación BACnet				Aplicación	
Capa de Red BACnet				Red	
ISO 8802-2 (IEEE 802.2)		MS/TP	PTP	LonTalk	Enlace
ISO 8802-3 (IEEE 802.3)	ARCNET	EIA-485	EIA-232		Física

*Ilustración 7: Torre de Protocolo BACnet.*

La capa de aplicación de BACnet proviene en realidad de la capa de aplicación más algunas funcionalidades de las capas de presentación y transporte del modelo OSI. Las funcionalidades de la capa de transporte requieren de una entrega confiable de datos. En la “capa” de presentación se utiliza ASN.1 para la representación de datos sobre la red. Con respecto a la capa de aplicación, se tiene que analizar como dos partes separadas pero estrechamente relacionadas: un modelo de información contenido en un dispositivo de automatización de edificios, y un grupo de funciones o servicios usados para intercambiar esta información.

El diseño interno y configuración de un dispositivo es propietario de cada vendedor. BACnet supera este obstáculo con la definición de una colección de estructuras de datos abstracta llamadas objetos, en donde las propiedades de estos representan varios aspectos del hardware, software y operación del dispositivo. Los objetos BACnet proveen un medio de identificación y acceso a la información sin requerir el conocimiento de los detalles del diseño interno del dispositivo. El software de comunicación en el dispositivo puede interpretar peticiones por información contenida en los objetos abstractos y traducir esta petición para obtener la información desde la estructura de datos real interna del dispositivo. En conjunto, los objetos proveen una representación visible a la red del dispositivo BACnet. Existen 18 tipos de objetos estandarizados por BACnet como entradas/salidas analógicas, digitales, bucles de control (PID, etc) entre otros. Algunas propiedades son obligatorias otras son opcionales, pero la que siempre se debe configurar es la dirección o identificador de dispositivo el cual permite localizar a este dentro de una instalación compleja BACnet.

Con respecto a los servicios, estos se agrupan en seis categorías:

- Acceso a objetos.
- Alarma y eventos.
- Manejo de dispositivos remotos.
- Terminales virtuales.
- Seguridad.
- Acceso a archivos.

En total son 37 servicios que constituyen los medios por los cuales un dispositivo BACnet adquiere información de otro dispositivo, comanda otro dispositivo para realizar algunas acciones, o anuncia a uno o más dispositivos que algún evento ha ocurrido. (algunos ejemplos como Who-Is, I-am, Who-Has y I-Have, utilizados para la detección de Objetos y Dispositivos. Otros servicios como Read-Property y Write-Property son usados para la lectura o escritura de datos). De esta manera BACnet se basa en una arquitectura cliente-servidor.

Referente a la capa de red, su función es proveer un camino para interconectar LANs de diferentes tecnologías. Ya que en ciertas circunstancias es posible usar diferentes tecnologías de transporte para cumplir con un mismo trabajo, en donde la razón costo/velocidad puede no ser la misma; el diseño en BACnet permite adaptarse al transporte existente o al deseado. Últimamente, la popularización de la pila TCP/IP en el mundo gracias a Internet ha movilizó a los protocolos de comunicación industriales a adoptar su esquema red. BACnet no es ajeno a esa tendencia y permite su implementación sobre redes IP, para tal fin ofrece dos opciones: IP Message Tunneling y BACnet/IP.

Para resumir, el protocolo de comunicación de datos para la automatización de edificios y redes de control BACnet, consiste en un modelo de información (objetos BACnet), servicios, un protocolo de capa de red, y una selección de varias tecnologías de transporte de red. Bacnet está teniendo una progresión exponencial en su entrada en el mercado, aunque quizás de momento todavía demasiada localizada en Estados Unidos. Pero seguro que será una tecnología de gran difusión en un futuro.

*Referencia Bibliográfica [AP06][AP07][I07][T01][T02][T03][T05]*

Echelon presentó la tecnología LonWorks en el año 1992, desde entonces multitud de empresas vienen usando esta tecnología para implementar redes de control y automatización distribuidas. El protocolo de LonWorks llamado LonTalk está diseñado para cubrir los requisitos de la mayoría de las aplicaciones de control: edificios de oficinas, hoteles, transporte, industrias, monitorización de contadores de energía, street-lighting, vivienda, etc.

LonWorks ha hecho un gran esfuerzo por la estandarización de su tecnología y fruto de ello es:

- Homologación por las distintas normas Europeas (EN-14908). Así como por el estándar europeo de electrodomésticos CEDEC AIS o estándar para la Federación Internacional de Estaciones de Servicio (todas las estaciones de servicio Europeas).
- Estados Unidos (EIA-709-1). Además el protocolo ha sido adoptado como parte de la norma de control BACnet de la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado.
- Chinas (GB/Z20177-2006).
- SEMI (Semiconductor Equipment Materials International – Internacional de Materiales para Equipos con Semiconductores) especifica al sistema Lonworks® como un bus de sensores para interconectar sensores simples y complejos, actuadores y equipos de instrumentación en su norma E-56.6.
- Además se ha impuesto dentro de la asociación de petroleros como estándar para el control y comunicación de la red de gasolineras (IFSF) y es ampliamente utilizado en el control de viviendas y edificios, el control industrial, el control de transporte ferroviario, naval y

aeroespacial, la monitorización remota de contadores y el street-lighting.

La implementación de LonWorks por más de 1000 fabricantes y el éxito que ha tenido en instalaciones, en las que impera la fiabilidad y robustez, se debe a que desde su origen ofrece una solución con arquitectura descentralizada, extremo a extremo (peer to peer), que permite distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en la vivienda y que cubre desde el nivel físico al nivel de aplicación de la mayoría de los proyectos de redes de control. Se pueden citar algunos ejemplos en los que ha participado LonWorks para hacerse una idea del éxito de esta iniciativa:

- Bellagio Hotel, Las Vegas. Control de las Fuentes Luminosas.
- Le Musée du Louvre, Paris. Control de la Iluminación.
- San Jose International Airport, San Jose CA . HVAC (Climatización).
- Capitulo di S. Pietro, Vaticano, Roma. Control ambiental .

Su arquitectura es un sistema abierto previo pago de taxas a cualquier fabricante que quiera usar esta tecnología sin depender de sistemas propietarios, que permite reducir los costes y aumentar la flexibilidad de la aplicación de control distribuida. Hay que destacar que está más implantada en Estados Unidos que en Europa aunque existen sistemas LonWorks europeos. Aunque Echelon fue el promotor de la tecnología en la actualidad la asociación que toma las decisiones sobre normalización y certificación es LonMark Internacional. Esta asociación formada por los distintos fabricantes que utilizan la tecnología LonWorks, se encarga de definir los perfiles necesarios para que los equipos sean completamente interoperables entre varios fabricantes, por ejemplo, se define que la temperatura se expresará en grados centígrados y con dos decimales.

Cualquier dispositivo Lonworks, o nodo, está basado en un microcontrolador llamado Neuron Chip. El hecho de que Echelon controlara en un principio la producción del Neuron Chip y que actualmete sólo lo fabriquen Toshiba y Cypress ha limitado a LonWorks a proyectos de un alto

coste económico por ser caros para la distribución en el sector residencial. El único factor que ha beneficiado conseguir una bajada de precios es que hay más de 100 millones de dispositivos instalados por todo el mundo. Actualmente toda la información para implementar LonWorks en otro chip esta publicada en medios oficiales pero al estar la familia Neuron chips adaptada y dimensionada exclusivamente para este objetivo los fabricantes que eligen otras opciones son muy escasos (chips sobredimensionados encarecerán los equipos).

En una red LonWorks se pueden distinguir dos partes:

- **Transmisor LONWork** (Transceivers): Estos dispositivos sirven de interfaz entre el chip *Neuron* y el medio físico. Dependiendo del medio físico la velocidad de transmisión y topología es distinta
- **Circuito Integrado *Neuron***: Es el corazón de la tecnología LONWork. Contiene toda implementación del protocolo LonTalk. Cada CI *Neuron* tiene tres procesadores de 8-bit, dos dedicados al protocolo y un tercero a la aplicación del nodo.

Una red LonWorks está compuesta por tres clases de equipos:

- Componentes de infraestructura (routers y repetidores).
- Equipos de Aplicación que trabajan en el chip *Neuron* o son soportados con un procesador distinto, actuando el *Neuron* como coprocesador de comunicaciones (sensores y actuadores inteligentes).
- Equipos a nivel del sistema (herramientas de instalación, loggers de datos, estaciones SCADA e interfaz hombre-máquina).

El formato de las tramas está formado por un campo de control, la dirección de nodo, la dirección de dominio, los datos de usuario y un campo de CRC (código de redundancia cíclica). El tamaño máximo del campo de datos es de 228 bytes.

Atendiendo a sus capas de comunicación se puede decir lo siguiente:

**Nivel Físico:** este es uno de los puntos fuertes de LonWorks al igual que en KNX y es la posibilidad de poder transmitir por varios medios físicos dotando así de mayor flexibilidad a la red:

Transmisor	Medio Físico	Velocidad binaria	Topología de red	Distancia máxima	NºNodos	Otros
PLT-22	Ondas Portadoras	5,4 Kbps	Cualquiera en redes de baja tensión o par trenzado sin alimentación.	Depende de la atenuación entre emisor y receptor y del ruido en la línea.	Depende de la atenuación entre emisor y receptor y del ruido en la línea.	Compatible con PLT-20 y PLT-21.
FTT-10A	Par Trenzado	78 Kbps	Bus, estrella o lazo. Cualquier combinación.	500 metros, hasta 2700 metros con doble bus e impedancias de carga en los extremos.	64	Compatible con FTT-10 y LPT10.
LPT-10	Par Trenzado	78 Kbps	Bus, estrella o lazo. Cualquier combinación.	500 metros, hasta 2700 metros con doble bus e impedancias de carga en los extremos.	32, 64, 128 en función del consumo.	Capaz de telealimentar nodos por el mismo par trenzado.
TPT/XF-78	Par Trenzado	78 Kbps	Bus	1400 metros.	64	Ø Aislado con transformador
TPT/XF-1250	Par Trenzado	1,25 Mbps	Bus	1400 metros.	64	Ø Aislado con transformador
-	RF	-	-	-	-	-

*Tabla 6: Especificaciones LonWorks*

**Nivel Enlace:** Usa la técnica CSMA/CA (con prioridad opcional) y CSMA/CD con una codificación Manchester diferencial.

**Nivel de Red:** Emisión de ACK y UNACK. Transmisión “mono-” y “multi-” y difusión con

mucha flexibilidad en el direccionamiento:

- *Dirección física.* Cada dispositivo incluye un único identificador de 48 bits conocido como Neuron ID. Esta dirección es asignada cuando un dispositivo es fabricado y no cambia durante la vida del mismo.
- *Dirección del Dispositivo.* A cada dispositivo se le asigna una dirección particular cuando es instalado en una red. Las direcciones de dispositivo constan de tres componentes:
  - Identificación de dominio. Hace referencia a un conjunto de dispositivos que pueden interactuar. Permite agrupar 32.385 dispositivos. Si dos dispositivos pretenden intercambiar paquetes, deben estar incluidos dentro de un mismo dominio.
  - Identificación de subred. Identifica un conjunto de 127 dispositivos dentro de un dominio. La existencia de este tipo de agrupación de dispositivos se justifica teniendo en cuenta las necesidades de acceso simultáneo a varios dispositivos de un mismo tipo.
  - Identificación del nodo. Hace referencia a un dispositivo individual dentro de una subred.
- *Dirección de grupo.* Un grupo es una colección lógica de dispositivos dentro de un dominio. Al contrario que en el caso de la subred, se agrupan juntos sin tener en cuenta su localización dentro del dominio. Dentro de un grupo se pueden incluir todos los dispositivos de un dominio si es una comunicación sin reconocimiento, en caso contrario se verá limitado a 64. Esta dirección se usa principalmente para disminuir la cantidad de paquetes necesarios para el acceso a varios dispositivos.
- *Dirección Broadcast.* Identifica todos los dispositivos de una subred o en un dominio. Es el método más eficiente para comunicar con muchos dispositivos si el mensaje les interesa a todos.

**Nivel de transporte:** Servicios de mensajes hacia el exterior, desde el exterior, detección de duplicidades, posibilidad de autenticación, etc. Servicio de transportes tanto “mono-” como difusión, repetición si UNACK, etc.

**Nivel de Sesión:** Pregunta-Respuesta.

**Niveles de Presentación y Aplicación:** Programación de variables de redes, mensajes genéricos de paso, mensajes de gestión de la red, mensajes de diagnósticos de la red, transmisión de tramas externas, etc. Hay cuatro tipos distintos de mensajes para el correcto envío y recepción de paquetes:

- Reconocimiento: Cuando se usa un mensaje con reconocimiento, bien para un dispositivo individual, bien un grupo de 64, el emisor espera respuesta de todos los dispositivos individualmente (de este hecho nace la limitación del número de dispositivos en un grupo). Si ésta no se produce después de un tiempo de espera predeterminado, el emisor reintenta la transmisión.
- Repetición del mensaje. Permite que un mensaje sea reenviado múltiples veces a un dispositivo o grupo. Se utiliza principalmente en el proceso de reconocimiento. Es muy útil en el caso de reconocimiento de un grupo de dispositivos, ya que éstos intentarán realizarlo al mismo tiempo por lo que será necesario repetir el mensaje.
- Mensaje con No Reconocimiento. Aquél del cual no se espera reconocimiento. Permite una baja carga de la red con mensajes de reconocimiento, por lo que es un servicio muy utilizado.
- Servicio de Autenticación. Permite al receptor de un mensaje, determinar si el emisor estaba autorizado para el envío del mensaje. Está implementado mediante el uso de claves de 48 bits proporcionadas en la fase de instalación del sistema.

Una variable de red es cualquier objeto de datos (temperatura, posición de un actuador, etc.) que el programa de un dispositivo particular espera obtener de otros dispositivos en la red (variable

de entrada) o presenta a otros dispositivos de la red (variable de salida).

El programa de un dispositivo no necesita conocer nada acerca del origen de las variables de entrada o del destino de las de salida. Cuando la aplicación modifica el valor de una de las variables de salida del dispositivo, este nuevo valor pasa a formar parte del firmware del dispositivo. Mediante un proceso que se produce durante el diseño en instalación de la red denominado binding, la parte de firmware del dispositivo es configurada para conocer las direcciones lógicas de los otros dispositivos que esperan recibir la modificación del valor de la variable de salida. De forma análoga, cuando se recibe una actualización del valor de una variable de entrada, ésta es comunicada a la aplicación.

El proceso binding crea conexiones lógicas entre una variable de salida en un dispositivo y una variable de entrada en otro. Si un dispositivo contiene un interruptor físico, con su correspondiente variable de salida denominada interruptor on/off, y otro dispositivo, como una lámpara, que tiene variable de entrada denominada lampara on/off, se crea una conexión entre ambas de forma parecida a si se conectan ambos dispositivos mediante un cable.

LonMark es una asociación de fabricantes que desarrollan productos o servicios basados en redes de control Lonworks. Esta asociación especifica y publica las recomendaciones e implementaciones que mejor se adaptan a cada uno de los dispositivos típicos de las redes de control, para ello se basan en objetos y perfiles funcionales. Los objetos LonMark forman las variables que se intercambian en la red de control a nivel de aplicación. Estos objetos describen los formatos de los datos que se intercambian los nodos y la semántica que se usa para relacionarlos con otros objetos de la aplicación distribuida. Hay tres objetos que son básicos, el actuador, el sensor y el controlador.

Los perfiles funcionales detallan en profundidad la interfaz de la aplicación distribuida con la red Lonworks (variables de red y las propiedades de configuración) y el comportamiento que tendrán las funciones implementadas. Hay que recalcar que los perfiles funcionales estandarizan las funciones no los productos de forma que permite que diversos fabricantes ofrezcan el mismo producto a nivel funcional pero desde el punto de vista hardware no tenga nada que ver un diseño con otro. Los perfiles LonMark aseguran la compatibilidad total entre productos Lonworks.

Para no limitar el conjunto de funciones u objetos que un fabricante puede embarcar en un nodo Lonworks, los perfiles funcionales se especifican con un conjunto de objetos o funciones obligatorias además de un conjunto opcional de las mismas. En este punto se debe indicar que aunque existen cientos de productos Lonworks no todos tienen la certificación LonMark.

## MODBUS

### *Referencia Bibliográfica [AP08]/[I08]*

Modbus es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por MODICON para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Luego no es un protocolo de control inmótico sino un protocolo de comunicaciones estándar industrial. De hecho en la industria es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos. Actualmente es coordinado por la Modbus Organization ([www.modbus.org](http://www.modbus.org)). Es un protocolo estándar:

- ISO 15745-4:2003: Profile of Modbus.

Las razones por las cuales el uso de Modbus es superior a otros protocolos de comunicaciones son:

- Es un protocolo totalmente público.
- Su implementación es muy fácil y requiere poco desarrollo.
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

Modbus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. Modbus también se usa para la

conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo Modbus para puerto serie y Ethernet (Modbus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con un suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC). La versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión mediante paquetes TCP/IP.

Modbus Plus (Modbus+ o MB+), es una versión extendida del protocolo que permanece propietaria de Modicon. Dada la naturaleza de la red precisa un coprocesador dedicado para el control de la misma. Con una velocidad de 1 Mbit/s en un par trenzado sus especificaciones son muy semejantes al estándar EIA/RS-485 aunque no guarda compatibilidad con este.

Cada dispositivo de la red Modbus posee una dirección única. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes Modbus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando Modbus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos Modbus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

### **Medio Físico**

El medio físico de conexión puede ser un bus semidúplex (half duplex) (RS-485 o fibra óptica) o dúplex (full duplex) (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica). La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

## Acceso al Medio

La estructura lógica es del tipo maestro-esclavo, con acceso al medio controlado por el maestro. El número máximo de estaciones previsto es de 63 esclavos más una estación maestra.

Los intercambios de mensajes pueden ser de dos tipos:

- Intercambios punto a punto, que comportan siempre dos mensajes: una demanda del maestro y una respuesta del esclavo (puede ser simplemente un reconocimiento («acknowledge»).
- Mensajes difundidos. Estos consisten en una comunicación unidireccional del maestro a todos los esclavos. Este tipo de mensajes no tiene respuesta por parte de los esclavos y se suelen emplear para mandar datos comunes de configuración, reset, etc.

## Protocolo

La codificación de datos dentro de la trama puede hacerse en modo ASCII o puramente binario, según el estándar RTU (Remote Transmission Unit). En cualquiera de los dos casos, cada mensaje obedece a una trama que contiene cuatro campos principales, según se muestra en la figura. La única diferencia estriba en que la trama ASCII incluye un carácter de encabezamiento («:»=3AH) y los caracteres CR y LF al final del mensaje. Pueden existir también diferencias en la forma de calcular el CRC, puesto que el formato RTU emplea una fórmula polinómica en vez de la simple suma en módulo 16. Con independencia de estos pequeños detalles, a continuación se da una breve descripción de cada uno de los campos del mensaje:



*Ilustración 8: Datagrama Modbus.*

- Código de operación o función (1 byte): Cada función permite transmitir datos u órdenes al esclavo. Existen dos tipos básicos de órdenes:
  - Ordenes de lectura/escritura de datos en los registros o en la memoria del esclavo.
  - Ordenes de control del esclavo y el propio sistema de comunicaciones (RUN/STOP, carga y descarga de programas, verificación de contadores de intercambio, etc.) La siguiente tabla muestra la lista de funciones disponibles en el protocolo MODBUS con sus correspondientes códigos de operación.
  - Campo de subfunciones/datos (n bytes): Este campo suele contener, en primer lugar, los parámetros necesarios para ejecutar la función indicada por el byte anterior. Estos parámetros podrán ser códigos de subfunciones en el caso de órdenes de control (función 00H) o direcciones del primer bit o byte, número de bits o palabras a leer o escribir, valor del bit o palabra en caso de escritura, etc.
  - Palabra de control de errores (2 bytes): En código ASCII, esta palabra es simplemente la suma de comprobación ('*checksum*') del mensaje en módulo 16 expresado en ASCII.

Función	Código	Tarea
0	00 <sub>H</sub>	Control de estaciones esclavas
1	01 <sub>H</sub>	Lectura de $n$ bits de salida o internos
2	02 <sub>H</sub>	Lectura de $n$ bits de entradas
3	03 <sub>H</sub>	Lectura de $n$ palabras de salidas o internos
4	04 <sub>H</sub>	Lectura de $n$ palabras de entradas
5	05 <sub>H</sub>	Escritura de un bit
6	06 <sub>H</sub>	Escritura de una palabra
7	07 <sub>H</sub>	Lectura rápida de 8 bits
8	08 <sub>H</sub>	Control de contadores de diagnósticos número 1 a 8
9	09 <sub>H</sub>	No utilizado
10	0A <sub>H</sub>	No utilizado
11	0B <sub>H</sub>	Control del contador de diagnósticos número 9
12	0C <sub>H</sub>	No utilizado
13	0D <sub>H</sub>	No utilizado
14	0E <sub>H</sub>	No utilizado
15	0F <sub>H</sub>	Escritura de $n$ bits
16	10 <sub>H</sub>	Escritura de $n$ palabras

*Tabla 7: Funciones Modbus*

## MODBUS TCP/IP

MODBUS® TCP/IP es una variante o extensión del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. De este modo, Modbus-TCP se puede utilizar en Internet, de hecho, este fue uno de los objetivos que motivó su desarrollo (la especificación del protocolo se ha remitido a la IETF=Internet Engineering Task Force). En la práctica, un dispositivo instalado en Europa podría ser direccionado desde EEUU o cualquier otra parte del mundo.

Las ventajas para los instaladores o empresas de automatización son innumerables:

- Realizar reparaciones o mantenimiento remoto desde la oficina utilizando un PC, reduciendo así los costes y mejorando el servicio al cliente.
- El ingeniero de mantenimiento puede entrar al sistema de control de la planta desde su casa,

evitando desplazamientos.

- Permite realizar la gestión de sistemas distribuidos geográficamente mediante el empleo de las tecnologías de Internet/Intranet actualmente disponibles.

MODBUS® TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial *de facto* debido a su simplicidad, bajo coste, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto.

En la actualidad hay cientos de dispositivos MODBUS® TCP/IP disponibles en el mercado. Se emplea para intercambiar información entre dispositivos, así como monitorizarlos y gestionarlos. También se emplea para la gestión de entradas/salidas distribuidas, siendo el protocolo más popular entre los fabricantes de este tipo de componentes.

La combinación de una red física versátil y escalable como Ethernet con el estándar universal de interredes TCP/IP y una representación de datos independiente de fabricante, como MODBUS®, proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso.

El protocolo Modbus TCP: Modbus/TCP simplemente encapsula una trama Modbus en un segmento TCP. TCP proporciona un servicio orientado a conexión fiable, lo que significa que toda consulta espera una respuesta.

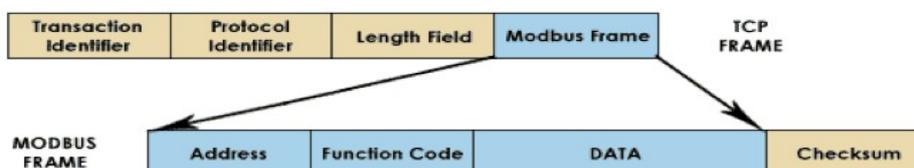


Tabla 8: Datagrama Modbus/TCP

Esta técnica de consulta/respuesta encaja perfectamente con la naturaleza Maestro/Esclavo de Modbus, añadido a la ventaja del determinismo que las redes Ethernet conmutadas ofrecen a los usuarios en la industria. El empleo del protocolo abierto Modbus con TCP proporciona una solución

para la gestión desde unos pocos a decenas de miles de nodos.

### **Prestaciones de un sistemas MODBUS TCP/IP**

Las prestaciones dependen básicamente de la red y el hardware. Si se usa MODBUS TCP/IP sobre Internet, las prestaciones serán las correspondientes a tiempos de respuesta en Internet, que no siempre serán las deseables para un sistema de control. Sin embargo pueden ser suficientes para la comunicación destinada a depuración y mantenimiento, evitando así desplazamientos al lugar de la instalación. Si disponemos de una Intranet de altas prestaciones con conmutadores Ethernet de alta velocidad, la situación es totalmente diferente.

En teoría, MODBUS TCP/IP, transporta datos hasta  $250/(250+70+70)$  o alrededor de un 60% de eficiencia cuando se transfieren registros en bloque, y puesto que 10 Base T proporciona unos 1.25 Mbps de datos, la velocidad de transferencia de información útil será:

$1.25M / 2 * 60\% = 360000$  registros por Segundo En 100BaseT la velocidad es 10 veces mayor.

Esto suponiendo que se están empleando dispositivos que pueden dar servicio en la red Ethernet aprovechando todo el ancho de banda disponible.

En los ensayos prácticos realizados por by Schneider Automation utilizando un PLC Ethernet MomentumTM con entradas/salidas Ethernet, demostró que se podían escanear hasta 4000 bloques I/O por segundo, cada uno con hasta 16 I/O analógicas de 12-bits o 32 I/O digitales (se pueden actualizar 4 bases por milisegundo). Aunque estos resultados están por debajo del límite teórico calculado anteriormente, pero debemos recordar que el dispositivo se probó con una CPU de baja velocidad (80186 a 50MHz con 3 MIPS).

Además, el abaratamiento de los ordenadores personales y el desarrollo de redes Ethernet cada vez más rápidas, permite elevar las velocidades de funcionamiento, a diferencia de otros buses que están inherentemente limitados una sola velocidad.

## OTROS

Otros sistemas de control conocidos y que intentan hacerse con una parte del mercado como son CEBus, SCP, X10 aportan soluciones más orientadas al campo residencial. Luego por no encajar bien en las necesidades de este proyecto no se analizarán.

## PROPÓSITO ESPECÍFICO

En este caso los siguientes protocolos están orientados a cubrir necesidades específicas dentro del ámbito de control. Luego son sistemas que normalmente conviven con otros sistemas de comunicación pero ofrecen muy buenas soluciones dentro de su campo por ser más específicos.

## DALI (DIGITAL ADDRESSABLE LIGHTING INTERFACE)

### *Referencias Bibliográficas [AP09][I09][I10][W07]*

El término DALI es sinónimo de estándar. Es abierto y está desarrollado para la comunicación entre un controlador y los distintos equipos de conexión electrónicos: balastos y luminarias. DALI es un sistema autónomo, con control digital. DALI es una interfaz digital en la tecnología de la iluminación, utilizado como un subsistema en la automatización de edificios, casas, oficinas, etc.

Este estándar es compartido y apoyado por los más importantes fabricantes en iluminación a nivel mundial desde 1999. Por ello, su compatibilidad con los distintos fabricantes del mercado queda asegurada, aparte de las claras ventajas que presenta el control digital sobre el analógico. Se presenta como sucesor a 0-10v y como el rival de Digital Signal Interface (DSI).

El Activity Group DALI ([www.dali-ag.org](http://www.dali-ag.org)) es el grupo de trabajo dedicado a establecer el Estándar. Los miembros del AG DALI son: ABB, BAG, CEAG, DELMATIC, DIAL, ECKERLE,

ERC, ERCO, ETAP, GEWISS, GITRONICA, HADLER, HELVAR, HÜCO, INSTA, JOHANSON CONTROLS, LIGHTOLIER, LUTRON, LUXMATE, MAY& CHRISTE, NIKO, OSRAM, PHILIPS LIGHTING, SANDER, TRIDONIC, TROLL, UNIVERSAL LIGHTING TECHNOLOGIES, VOSSLOHGIES, VOSSLOH-SCHWABE, WILA.

Las tareas del AG DALI son:

- Adopción de la tecnología DALI mundialmente
- Asegurar la compatibilidad de los productos DALI
- Soportar las aplicaciones DALI

No es necesaria la Certificación o el Registro de los productos DALI. El logo DALI garantiza e indica la compatibilidad de estos productos. Es un estándar en Estados Unidos y en Europa:

- DIN IEC 60929. International Electrotechnical Commission IEC 60929 (Europa).
- NEMA 243-2004 (Estados Unidos).

DALI cada vez se utiliza más en iluminación de edificios. La moderna e inteligente tecnología actual de iluminación es factible con DALI. Hay sistemas DALI implantados en muchos edificios como restaurantes, hospitales u oficinas llevando acabo cometidos como los siguientes:

- Para ambientes de iluminación: en clínicas, salas de clase, etc
- Efectos luminosos: En salas de exposiciones de arte, teatros...
- Control funcional de la iluminación: En edificios, en oficinas, etc.
- Supervisión: edificios con control de las instalaciones .

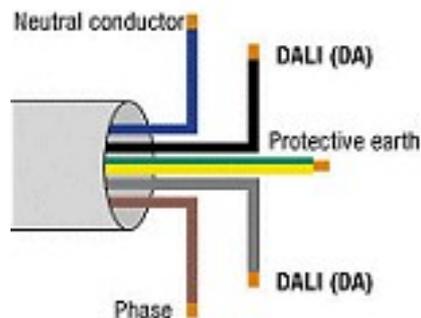
En el mercado actual Europeo se puede encontrar balastos y equipos electrónicos adecuados y disponibles para todos los tipos de lámparas (por ejemplo: Lámparas halógenas, fluorescentes, bombillas incandescentes, LEDs, etc). La relación de productos y componentes DALI es extensa. También se encuentran disponibles los Gateways EIB-KNX, LON. Para complementar con otras tecnologías de iluminación potenciando aun más su uso.

Las ventajas de usar DALI son numerosas y se pueden enumerar como sigue:

- *Planificación más sencilla y flexibilidad en los grupos de iluminación:* Los grupos de iluminación no tienen porque estar cerrados desde un principio sino que es fácilmente

modificable después de la instalación de control.

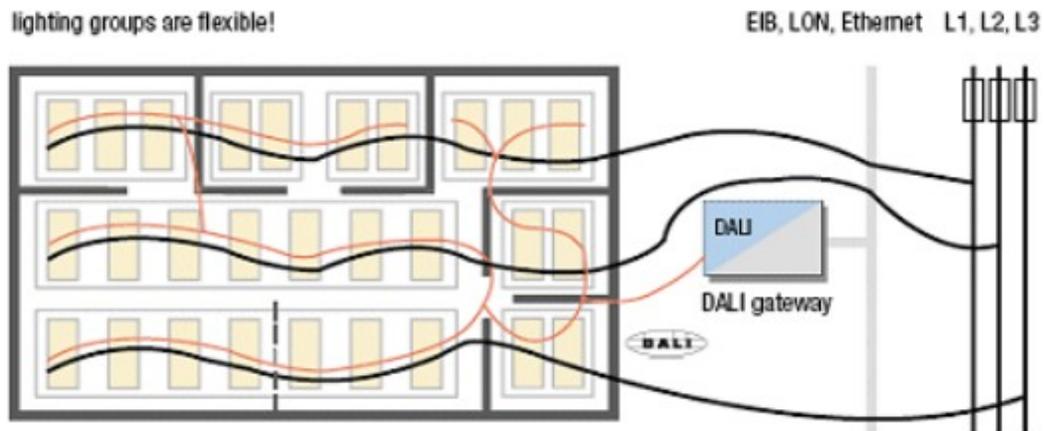
- *Fácil instalación:* El cableado de los equipos es simple, un cable de 2 hilos sin polaridad, ya que comúnmente la conexión está opto acoplada, y puede instalarse junto con los cables de red. Así se llevaría por el mismo cable alimentación y control de balastos u otros dispositivos a controlar. Inclusive utilizando un cable estándar de 5 hilos como lo muestra la figura.



*Ilustración 9: Bus DALI.*

- *Sincronización:* con DALI, los cambios que suceden en campo son directamente reflejados en control.
- *Integración con KNX, LON y Ethernet:* este es uno de los punto fuertes de DALI, que puede trabajar hombro con hombro con otros protocolos como Konnex, LonWorks o BacNET mediante pasarelas que están ya desarrolladas sin necesidad de hacer cambios en la instalación (Al contrario que pasaba con 0-10v. ya que había que recablear la instalación).

Luego el esquema general de un sistema DALI quedaría como muestra la figura.



*Ilustración 10: Red DALI.*

Es importante tener muy presente algunas características técnicas a la hora de la instalación. Sobre todo el sistema de direccionamiento, número de equipos direccionables o longitudes máximas de bus son determinantes a la hora del diseño de la red DALI:

- Velocidad de transmisión de los datos 1200 Baudios.
- Sistema maestro-esclavo sin control de colisión, cada elemento es direccionable.
- Línea de control de 2 hilos.
- Interfaz de tensión de 16V (de 9,5V a 22,5V)
- Interfaz de corriente de 250mA. Los dispositivos DALI necesitan un máximo de 2mA.
- No se especifican cables para muy baja tensión, no se utilizan cables especiales.
- Un máximo de 64 componentes DALI en un sistema. Es decir por maestro como max 64 esclavos.
- Hasta 16 grupos. Para poder direccionarlos juntos y aplicarles propiedades conjuntas.
- Hasta 16 escenas de iluminación.
- Limitación de bus a 300m.

Las aplicaciones y funcionalidades de DALI se listan a continuación:

- Conexión (ON/OFF) .
- Se establecen valores de iluminación.
- Regulación de iluminación con curvas logarítmicas (como el ojo humano).
- Tiempos de desconexión de escenas.
- Control individual de aparatos o de grupos.
- Regulación sincronizada de todos los componentes.
- Control simultáneo de todos los aparatos.
- Límites de regulación máx. / mín.
- Confirmación del estado del aparato (lámpara on/off, nivel de iluminación, fallo en lámpara o equipo electrónico) .

- Funcionamiento con energía auxiliar o de emergencia.

La potencialidad del sistema DALI no es está centralizada en el equipo maestro. Muchos de los ajustes y valores de iluminación se almacenan en cada balasto y equipos electrónicos de iluminación:

- Dirección individual.
- Asignación de los grupos.
- Escenas de iluminación.
- Velocidad de la regulación.
- Cambio de iluminación al recuperar la tensión.
- Valor de iluminación en caso de utilizar la alimentación auxiliar o de emergencia.
- Acuse de recibo del fallo de lámpara o del equipo electrónico (estatus)

El estándar DALI especifica un número de comandos que una unidad receptora o esclava debe reconocer. Consisten en dos octetos, donde el primer byte indica la dirección del receptor y el segundo byte contiene el comando a ejecutar. Para hacerse una idea mejor de como puede quedar una red DALI se puede observar el siguiente esquema:

DALI ofrece una alternativa digital al control analógico de 0-10V luego es interesante analizar que ofrece con respecto a este protocolo en desuso.

0-10V	DALI
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Línea de control de 2 hilos.</li> <li>• Controlable por sistemas de bus (EIB u otros).</li> <li>• Rango de regulación de 1...100%, curva de característica lineal.</li> <li>• Sin respuesta (sin feedback).</li> <li>• Sin direcciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada de control libre de potencial.</li> <li>• Línea de control de 2 hilos.</li> <li>• Controlable por sistemas de bus (EIB u otros).</li> <li>• Rango de regulación de 1...100%, curva de característica logarítmica.</li> <li>• Con respuesta (feedback) individual.</li> <li>• Con direcciones individual, de grupo y multidifusión.</li> <li>• Memoria de escenas.</li> <li>• Tiempos de regulación programables.</li> <li>• Regulación sincronizada.</li> <li>• Relés integrados (ON/OFF)</li> </ul>

*Tabla 9: Comparación 0-10V/DALI*

Por contra, DALI tiene como fuerte competidor DMX512 que como se desarrolla a continuación ofrece prácticamente lo mismo que DALI pero quizás con un enfoque más estético. Es decir tiene más variedad dedicada al control de escenas y creación de ambientes dentro del sector del espectáculo como teatros, escenarios, discotecas, etc. Aunque DALI contrarresta por ser más sencillo y estar más difundido.

## DMX512

### *Referencia Bibliográfica [I09][W08]*

A menudo abreviado como DMX (Digital MultipleX), es un protocolo utilizado para la comunicación entre controles DMX y luminarias DMX. Es decir, al igual que DALI se encarga sólo del control de luminarias tanto funcional como decorativa. Desarrollado por la Comisión de Ingeniería de USITT, el estándar comenzó en 1986 con posteriores revisiones en 1990 que dieron paso al USITT DMX512/1990. La ESTA (Entertainment Services and Technology Association) tomó el control del estándar en 1998 y empezó el proceso de revisión. El nuevo estándar, conocido oficialmente como "Entertainment Technology — USITT DMX512–A — Asynchronous Serial Digital Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories", fue aprobado por ANSI en noviembre del 2004. El actual estándar es también conocido como "E1.11, USITT DMX512–A", o solo "DMX512-A", y es mantenido por la ESTA.

DMX surge como la solución al problema de la incompatibilidad que existía entre marcas por la utilización de protocolos propietarios, lo cual obligaba a tener un control de manejo por cada marca de luces que se poseía. Luego fue originalmente pensado para usarlo en controladores de enlace y dimmer de diferentes fabricantes en el mundo del teatro. Un protocolo que sería usado como último recurso después de probar otros métodos más en propiedad, no GNU. Sin embargo, pronto se convirtió en el protocolo preferido no sólo para controladores de enlace y dimmers, sino también para controlar aparatos de iluminación como scanners y cabezas móviles, y dispositivos de efectos especiales como máquinas de humo.

El protocolo DMX funciona bajo licencia GNU. DMX512 y DALI se integra en el mercado como competencia pero aún así no son incompatibles y existen pasarelas DALI-DMX para

cohesionar los dos sistemas. DMX ofrece mayor potencia y menores limitaciones que DALI sobre todo en el plano decorativo.

Como siempre ver una visión global de las características técnicas del protocolo ayuda a hacerse una idea de hasta dónde puede llegar. DMX512 se basa en la utilización de "canales" para transmitir comandos a los dispositivos receptores. DMX512 tiene un límite de 512 canales "por universo" (*DMX universe*), y cada canal ocupa un byte. Por lo que el valor transmitido por canal se puede regular desde 0 hasta 255: son los "valores" DMX (*DMX values*). Cada trama DMX512 lleva los 512 bytes correspondientes al dato de cada canal, independientemente de que se utilicen o no todos los canales. Las mesas profesionales que usan DMX pueden soportar hasta 8 universos DMX y con la tecnología *EtherDMX* estos pueden ser ampliados aún más.

En DMX512 se transmiten los datos de modo asincrónico, a 250 Kbps. Esto significa que las señales del transmisor y de los receptores no están en sincronía, pero los receptores se sincronizan al mando de la consola cada vez que ésta envía una determinada señal. Básicamente la trama DMX completa se compone de una señal de sincronización y a continuación los 512 bytes de información que se corresponden con los 512 valores DMX. Los receptores reciben toda la trama, pero procesan sólo la información relativa a los canales para los que están configurados.

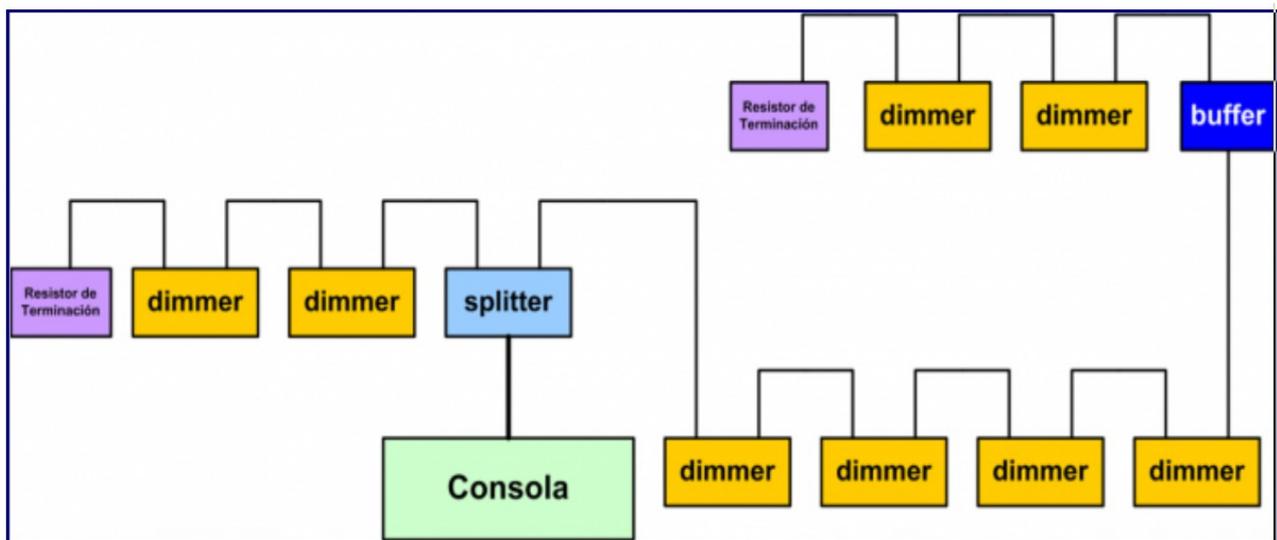
La trama completa tiene varias partes:

- Señal BREAK: es un nivel bajo con un mínimo de 88us.
- Marca tras BREAK: nivel alto con un mínimo de 8us.
- Byte Start: el byte Start siempre vale 0.
- Tiempo entre bytes: es un nivel alto que puede llegar hasta 1s.
- Trama de 512 bytes: aquí aparecen los datos de los 512 canales.
- Cada byte se transmite con:
  - Un bit de start a nivel bajo.
  - Los 8 bits de datos.
  - Dos bits de stop a nivel alto.

De esta manera, algunas consideraciones de tiempo respecto al protocolo son las siguientes:

- Duración mínima para una trama completa: 22,7ms.
- Máxima velocidad de refresco de la información: 44 veces por segundo.

Con DMX512 se pueden alcanzar distancias de comunicación, entre los extremos del BUS, de hasta 500m. Sin embargo esta distancia es para un caso más o menos ideal, pero en la práctica es raro encontrar líneas de transmisión con más de 100m de longitud. Si fuese necesario aumentar las distancias es preciso utilizar buffers o splitters. Por ejemplo en la siguiente figura se muestra una topología típica de una red DMX.



*Ilustración 11: Red DMX*

Habitualmente, los dispositivos DMX tienen una entrada y una salida, de manera que es fácil configurarlos en serie, uno tras otro. **Es obligatorio colocar en los extremos del BUS una resistencia de terminación de 120ohm 1/4W**, los conductores de las señales de dato. Olvidar colocar esta resistencia suele ser causa frecuente de averías en instalaciones DMX o fallas en la comunicación.

Los cables habitualmente utilizados en DMX son los de par trenzado, dado que ofrecen una mayor inmunidad al ruido. Como hemos comentado antes, ambos hilos reciben la misma cantidad de ruido y ello permite a los amplificadores diferenciales eliminarlo para quedarse con la información válida.

Los conectores estándar son los XLR, de los que hay dos modelos: con 3 o con 5 pines. Si

bien es cierto que en la industria del entretenimiento el cable del tipo XLR es el cable estándar, en algunas aplicaciones por motivos prácticos y estéticos es muy común la utilización de cables del tipo UTP Cat5e (cable de red).

Limitaciones: Al avanzar la tecnología, las funciones en los aparatos cada vez se incrementan más, y los canales DMX necesarios para controlarlos también. Mientras un Parcan se basta con un canal DMX, un aparato de cabeza móvil de última generación puede llegar a utilizar más de 40 canales DMX. Es por ello que el límite de 512 canales por universo DMX, que al principio podía parecer más que suficiente, está ya llegando a su límite y la necesidad de adoptar un nuevo protocolo es cada vez mayor. En estos momentos la ESTA (The Entertainment Services & Technology Association) está desarrollando un nuevo protocolo llamado ACN (Advanced Control Network) para este propósito.

## ZIGBEE

### *Referencia Bibliografía [I11][I12][W09]*

ZigBee es una tecnología de inalámbrica de corto alcance y bajo consumo originaria de la antigua alianza HomeRF y que se definió como una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones como la seguridad y la automatización. ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (*wireless personal area network*). Está coordinada y gestionada por Zigbee Alliance. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

La Zigbee Alliance es una organización compuesta por más de 100 empresas que garantizan la estandarización del protocolo y su desarrollo: Ember, Freescale, Honeywell, Invensys, Mitsubishi, Motorola, Philips, Samsung...

En principio, el ámbito donde esta tecnología cobra más fuerza es en domótica. La razón de ello son diversas características que lo diferencian de otras tecnologías:

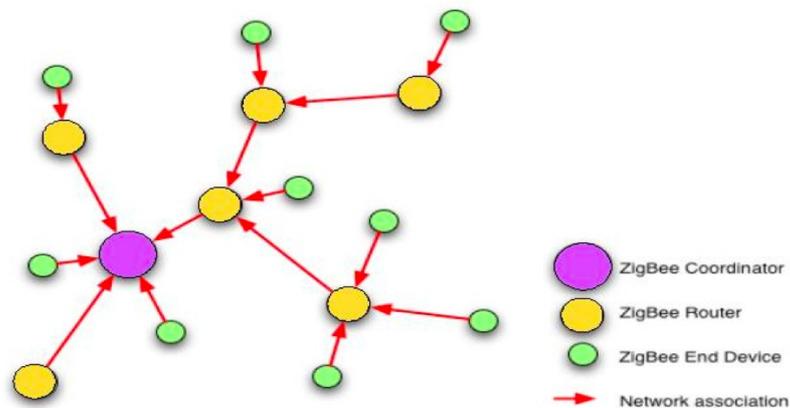
- Su bajo consumo
- Su topología de red en malla.
- Su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).

ZigBee utiliza la banda ISM para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo. Sin embargo, a la hora de diseñar dispositivos, las empresas optarán prácticamente siempre por la banda de 2,4 GHz, por ser libre en todo el mundo. El desarrollo de la tecnología se centra en la sencillez y el bajo costo más que otras redes inalámbricas semejantes de la familia WPAN, como por ejemplo Bluetooth. El nodo ZigBee más completo requiere en teoría cerca del 10% del hardware de un nodo Bluetooth o WIFI típico; esta cifra baja al 2% para los nodos más sencillos. No obstante, el tamaño del código en sí es bastante mayor y se acerca al 50% del tamaño del de Bluetooth.

En ZigBee hay tres tipos de dispositivos:

- Coordinador:
  - Sólo puede existir uno por red.
  - Inicia la formación de la red.
  - Es el coordinador de PAN.
- Router:
  - Se asocia con el coordinador de la red o con otro router ZigBee.
  - Puede actuar como coordinador.
  - Es el encargado del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes.
- Dispositivo final:
  - Elemento básico de la red.
  - No realiza tareas de enrutamiento.

Una posible configuración de una red sería la siguiente:



*Ilustración 12: Red Zigbee.*

Otro punto importante es el soporte y la disponibilidad total de la malla, es decir, que ante caídas de nodos, la red busca caminos alternativos para el intercambio de mensajes, un ejemplo se puede ver a continuación.

En cuanto a seguridad, ZigBee puede utilizar la encriptación AES de 128bits, que permite la autenticación y encriptación en las comunicaciones. Además, existe un elemento en la red llamado Trust Center (Centro de validación) que proporciona un mecanismo de seguridad en el que se utilizan dos tipos de claves de seguridad, la clave de enlace y la clave de red.

La pila de arquitectura ZigBee consta de varios componentes en capas como IEEE 802.15.4 2003 en la capa de Control de Acceso al Medio (MAC), la capa física (PHY) y la capa de red Zigbee (NWK). La capa de aplicación de ZigBee se subdivide en la subcapa APS, la capa ZDO (Zigbee Device Objects) y los objetos de aplicación definidos por cada uno de los fabricantes.

En cuanto al direccionamiento de terminales ZigBee proporciona un subnivel de direccionamiento, que se usa de manera conjunta con otros mecanismos como es el protocolo IEEE802.15.4. Por ejemplo; hay un número de terminales (endpoints) que se pueden utilizar para identificar interruptores y bombillas. El terminal 0 está reservado para la gestión de dispositivos y

es utiliza para direccionar los descriptores del nodo. Cada subunidad que se identifica en un nodo (como pueden ser los interruptores y las bombillas) se asigna a un terminal específico dentro del rango 1-240.

Para permitir una diferenciación de productos en el mercado, los fabricantes pueden añadir clusters que contengan atributos extra para sus propios perfiles. Estos clusters específicos no forman parte de la especificación de ZigBee y su interoperabilidad no está garantizada. Dichos servicios deben ser indicados en cada uno de los terminales descritos por parte del fabricante, acompañando a poder ser la nueva hoja de especificaciones.

## ZWAVE

### *Referencia Bibliografía [I11][I13][I14]*

Z-Wave es un estándar propietario de comunicaciones inalámbricas diseñado para el control y automatización de edificios y residencias. Z-Wave fue desarrollado por Zensys (empresa norteamericana que es todavía propietaria de esta tecnología). Aún así con el fin de crear un estándar y que pudiera desarrollarse como un lenguaje no aliado surgió la Z-Wave Alliance; un consorcio internacional que hace posible la integración con otros fabricantes y dispositivos.

Z-Wave es la iniciativa estadounidense paralela a ZigBee, aunque en los dos últimos años en contra de las perspectivas ha ganado muchísimo terreno en Europa, siendo una amenaza real al estándar abierto de ZigBee Alliance. Z-Wave al igual que ZigBee no nace como otra tecnología wireless de banda ancha sino que su objetivo es exclusivamente para la automatización de dispositivos. Con la filosofía de un gasto energético mínimo y evitar posibles interferencias con las tecnologías wireless existentes Z-Wave trabaja muy lejos de los 2.4 Ghz.

La Z-Wave Alliance está formada por más de 160 fabricantes independientes quienes tienen el acuerdo de fabricación de productos con el estándar Z-Wave. Dentro de los principales miembros están Cooper Wiring Devices, Danfoss, Fakro, Ingersoll-Rand, Intel, Intermatic, Leviton, Universal

Electronics, Wayne-Dalton, Z-Wave y Zensys. ,

## Aplicaciones

- **Control Remoto Residencial:** integrando una red Z-Wave en un contexto doméstico se podrán controlar parámetros como la luz, HVAC... o gestionar servicios de seguridad. Todo basado en directrices previamente automatizadas o interactuar con el sistema en tiempo real. El control podrá ser aplicado a dispositivos individuales o configurar diversos grupos para hacer una gestión más cómoda. Por supuesto la gran ventaja de esta tecnología es poder aplicarla a cualquier tipo de construcción si necesidad de una instalación tediosa. Además existen pasarelas Z-Wave que pueden interoperar con una red Ethernet con la posibilidad de una gestión Web.
- **Entretenimiento:** Además Z-Wave ha tenido también aceptación en la industria del ocio y dispone de dispositivos como lectores DVD controlados remotamente y haciendo una integración multimedia en toda la vivienda.
- *Ahorro Energético y confortabilidad en Edificios:* Como cualquier sistema de automatización ayuda a la optimización del gasto energético tomando decisiones en base a la red de sensores anteriormente comentada. Proporcionando además un mayor confort en edificios de difícil gestión como oficinas o incluso fábricas.
- *Medición Energética:* esta es una aplicación que está tomando fuerza en el último año para gestionar redes eléctricas posibilitando integrar controladores con esta tecnología. Útil en industrias de nueva instalación para no tener que cablear buses con este uso.

Una red Z-Wave puede estar implementada de dos formas:

- **Red única:** la red Z-Wave es lo suficientemente autónoma y dispone de todos los equipos necesarios para poder formar una red de automatización y control completa. De esta forma la red sólo habla Z-Wave. Puede ser por ejemplo en un contexto residencial en donde se

desea controlar algunos parámetros sencillos o simplemente dar solución de una forma automatizada a un problema concreto. La red será de fácil instalación y de forma adaptativa ya que se puede ir ampliando sin necesidad de ninguna planificación. Se irán añadiendo elementos según vayan apareciendo necesidades o queriendo aumentar el confort.

- Como parte de una red de automatización: Z-Wave puede dar solución a necesidades concretas dentro de una compleja red de automatización cuyo núcleo hable lenguajes más potentes. Por ejemplo, en una oficina donde el núcleo de la red hable LonWorks o KNX y para cubrir la red de sensores de temperatura se usa una interfaz Z-Wave.

Hablando ya de las características técnicas se hacen las siguientes anotaciones. El rango de velocidades de transmisión está entre 9,600 bit/s y 40kbit/s. Con una modulación GFSK. El rango de alcance está estipulado en unos 30 metros. La banda de la frecuencia de transmisión es la de 900 Mhz (ISM band):

- Estados Unidos (908.42 Mhz). Limitación a 1mW de potencia.
- Europa (868.42 Mhz). Podrá transmitir a 25mW pero con una limitación de que sólo podrá emitir radiofrecuencia un 1% del tiempo.
- China (919.82 Mhz)
- Australia y Nueva Zelanda (921.42 Mhz)

La red Z-Wave es distribuida y no necesita un nodo maestro. Los dispositivos se pueden comunicar con sus vecinos a lo largo de toda la red con funciones de retransmisión. Si el nodo A quiere comunicar con el nodo C puede usar un nodo B para llegar hasta él. Así se podrá crear una red más amplia sin la limitación de la distancia. La red podrá constar con 232 nodos con la opción de la instalación de un puente por si existe la necesidad de más nodos.

ZigBee se encuentra muy ligado a Z-wave ya que ofrecen servicios muy similares, es interesante por ello hacer un pequeño contraste:

	Z-Wave	ZigBee
Propósito	Monitorización y control remoto para iluminación y aplicaciones del hogar.	Monitorización y control de iluminación industrial y aplicaciones el hogar.
Aplicaciones	En su mayoría son aplicaciones residenciales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luminarias</li> <li>• Seguridad</li> <li>• Acceso</li> <li>• Control multimedia</li> <li>• PC</li> <li>• Aireación</li> <li>• Ventanas</li> <li>• Detectores de humos</li> <li>• etc.</li> </ul>	Industria y Residencias: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatización de residencias y edificios.</li> <li>• Automatización Industria. Control de procesos industriales.</li> <li>• Seguridad.</li> <li>• Acceso.</li> <li>• Ventanas.</li> <li>• etc.</li> </ul>
Estándar	Propietario	IEEE 802.154
Velocidad de transmisión	40 Kbps	250 kbps
Frecuencia	900 Mhz	900 Mhz, 868 Mhz y 915Mhz.
Interoperabilidad	Demostrada (más de 100 productos en el mercado)	Muchos más productos en el mercado que Z-wave.
Fabricante	Zensys	
Asociación y miembros destacados	Z-Wave Alliance: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intel</li> <li>• Logitech</li> <li>• Cisco</li> <li>• Intermatic</li> </ul>	ZigBee Alliance: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ember</li> <li>• Freescale</li> <li>• Honeywell</li> <li>• Philips</li> <li>• Samsung</li> <li>• TI</li> </ul>
Rango de alcance	30 metros punto a punto. Red ilimitada.	Hasta 75m punto a punto. Red ilimitada.

*Tabla 10: Comparación Z-wave/Zigbee.*

Es fácilmente observable como ZigBee ha intentado mejorar en todo a Z-Wave.

*Referencia Bibliografía [I15][I16]*

EnOcean es una tecnología desarrollada por EnOcean Alliance y todavía sin estándar internacional ni europeo (aunque si tiene publicaciones como *Standardization EnOcean Communication Profile* o *EnOcean Equipment Profiles* de 2008 y 2009 respectivamente para facilitar la integración de otros protocolos). Esta tecnología utiliza la energía del ambiente, como la luz, la pulsación mecánica, la temperatura, la presión o las vibraciones para desarrollar productos inalámbricos radio y construir interruptores, detectores de presencia, detectores de luminosidad, termostatos, contactos de ventana, controladores, etc. en el edificio o vivienda. Luego EnOcean ha desarrollado una tecnología radio que junto a los denominados "energy harvesters" (captadores de energía) permiten fabricar dispositivos para utilizar en mercados como el de la automatización de edificios y viviendas sin necesidad de alimentación ni baterías.

EnOcean Alliance es un consorcio de compañías dedicadas a la promoción y la estandarización de la tecnología inalámbrica EnOcean. EnOcean Alliance comenzó sus actividades hace algo más de un año con siete compañías promotoras de la tecnología y se ha convertido en una organización internacional con más de 120 miembros de 20 países distintos. Actualmente existen más de 100 compañías en el mundo que desarrollaron más de 350 dispositivos distintos basados en esta tecnología. Entre los promotores y partners de la EnOcean Alliance se encuentran empresas de primer nivel mundial como:

MASCO	Leviton	Distech Controls	MK Electric	Omnio
Osram	Siemens	Zumtobel	Thermokon	Echoflex Solutions

El trabajo de EnOcean Alliance contribuye a establecer la estandarización de esta tecnología y su interoperabilidad para hacer los edificios más eficientes energéticamente, más flexibles y más sostenibles. La tecnología de EnOcean ya está instalada en más de 100.000 edificios de todo el mundo. Algunos ejemplos de renombre:

- En España por ejemplo la tecnología EnOcean se utiliza en dos de los edificios más emblemáticos de la nueva área de negocios en el norte de Madrid – para manejar la iluminación y las persianas. En Torre Espacio funcionan más de 4.200 dispositivos EnOcean y en Torre de Cristal más de 1.400 dispositivos.
- Alexander Wacker Haus, München (Germany) – 2009.
- Adidas Herzogenaurach (Germany) – 2006.
- Hotel Kempinski, Dubai (UAE) – 2009.
- VA Medical Center, Dayton, OH (USA) - 2009

EnOcean permite tener períodos muy cortos de amortización debido al ahorro proporcionado por la reducción de los costes de instalación, del cableado y del tiempo de integración. Los ahorros en cableado se deben a la ausencia de cables entre los sensores como termostatos, interruptores, detectores de movimiento o los controladores para iluminación. Aparte de considerar el impacto ecológico en el ahorro de decenas de millones de baterías al no requerir de éstas los captadores de energía EnOcean con los que están contruidos los sensores.

Luego se puede citar las siguientes ventajas de la integración de dicha tecnología para el control inmótico:

- Ahorro energético
- Flexibilidad de aplicaciones
- Ahorro de tiempo
- Libre de mantenimiento
- Integración total con el medioambiente
- Reducción de riesgo de fuego por campos inducidos
- Instalación a un coste bajo
- Compatibilidad con otros sistemas como LonWorks, KNX o Ethernet.

Como se ha comentado anteriormente las fuentes de energía de los dispositivos EnOcean son tres:

- *Piezogenerators*: hay materiales como algunos cristales y cerámicas que desde el principio de la electrónica han sido utilizados por sus propiedades electromecánicas. Estos materiales tienen la capacidad de generar campos eléctricos y diferencias de potencial al ser sometidos a un stress mecánico.

- *Solar Cells*: EnOcean también se sirve de la luz solar para alimentar a sus dispositivos pero ésta no puede ser su única fuente debido a que se trata de sensores que tienen que estar operativos en cualquier momento y no puede depender ni de su ubicación ni de la luz ambiental.

- *Thermocouples*: son materiales que generan campos magnéticos cuando están sometidos a diferenciales de temperatura. Son muy usados por ejemplo en termómetros electrónicos. Aunque en este caso, EnOcean aprovecha estas oscilaciones térmicas para alimentar sus dispositivos.

Con la combinación de las tres fuentes de energía es posible crear la red de comunicaciones que establecen los dispositivos EnOcean sin la necesidad de baterías externas. A diferencia de lo que se pueda pensar la inexistencia de una fuente de energía de gran potencia limita la distancia de comunicación entre dos nodos. Gracias a la alta sensibilidad de los receptores de esta tecnología los nodos pueden llegar a estar a una distancia de 300 metros entre ellos. Aunque los dispositivos que proliferan en el mercado tienen un alcance parecido al de dispositivos desarrollados con tecnología ZigBee. Tampoco supone limitaciones en cuanto a la velocidad de transmisión ya que es capaz de transmitir paquetes a 120kbit/s (los paquetes son de una longitud de 14 bytes).

Cada trama digital RF contiene la dirección ID de 32 bits de cada transmisor. La duración del telegrama es tan corta que se puede considerar el riesgo de colisión de ráfagas en el interfaz radio como nulo. De tal manera pueden coexistir miles de dispositivos dentro de una instalación o un edificio con un grado inmejorable de fiabilidad. Además la tecnología EnOcean está certificada por el instituto alemán ECOLOG como una tecnología radio con un grado de polución electromagnética 100 veces menor que un interruptor convencional de 220V.

Ofrece un amplio abanico de productos aunque esta lista se va engrosando a un ritmo vertiginoso:

- Interruptores
- Sensores:
  - Luz
  - Temperatura
  - Presencia
  - Humedad
- Actuadores y Controladores
- Pasarelas

Luego EnOcean es una tecnología todavía por madurar pero que actualmente es una realidad que demuestran proyectos llevados a cabo como los ejemplos anteriores. Se espera un gran crecimiento en los próximos años por su flexibilidad y por su filosofía 'verde', gran aliada en el tiempos actuales.

A modo de resumen se presenta en la siguiente página una tabla comparando los diferentes protocolos estudiados para tener una visualización rápida de sus características técnicas.

PROTOCOLOS	GESTIÓN / ESTÁNDAR	MEDIO FÍSICO	VELOCIDAD	DISTANCIAS	APLICACIONES	ZONA DE MAYOR IMPLANTACIÓN	OTROS
EIB	EIBA *KNX	TP PL Ethernet RF	9600 bps 1200/2400 bps 10M bps -	1000m 600m - 300m	Control y automatización: · Edificios · Residencias	Europa	Respuesta europea a tecnología Japonesa y EEUU.
EHS	EHSA *KNX	TP0 TP1 TP2 PL-2400 IR-1200 RF-1100	4800 bps 9600 bps 64 kbps 2400 bps 1200 bps 1100 bps	- - - - - -	Control y automatización: · Residencias · Integración con electrodomésticos (línea blanca y marrón)	Europa	Destinado a un sector con me adquisición económica. Alternativa a X.10 y HBS (Japón).
KNX	Abierto · ISO/IEC 14543-3 · EN 50090 · EN1332-2 · GB/Z 20965 · ANSI/ASHRAE 135 <a href="http://www.knx.org">www.knx.org</a> <a href="http://www.knxuk.org">www.knxuk.org</a>	TP0 TP1 PL100 PL232 Ethernet Radio	- 9600 bps 1200/2400 bps 2.4 Kbps - -	- - - - - -	· Edificios: oficinas, hoteles, restaurantes, museos. · Industria · Residencias	Europa	Más de 10.000 dispositivos ya en el mercado.
BacNET	Abierto ASHRAE · ISO 16484-5: 2007(E) <a href="http://www.bacnet.org">www.bacnet.org</a>	TP Cable Coaxial FO	1Mbps-100Mbps	Con Eth sobre TP 100m.	· Edificios · Residencias	EEUU Alemania Japon Canada Australia	Integra dispositivos que hablen protocolos diferentes: EIB, BatiBUS, LonTalk, TCP/IP, etc.
LonWorks	Abierto previo taxas. ECHELON · EN-14908 · EIA-709-1 · GB/Z20177-2006 · E-56.6. <a href="http://www.echelon.com">www.echelon.com</a> <a href="http://www.lonmark.es">www.lonmark.es</a>	TP dependiendo del transmisor: · PLT-22 · FTT-10A · LPT-10 · TPT/XF-78 · TPT/XF-1250 RF	5,4 Kbps 78 Kbps 78 Kbps 78 Kbps 1,25 Mbps -	Depnd. d la z carac. 500m-2700m 500m-2700m 1400m 1400m -	· Industria (dispositivos de campo) · Edificios · Residencias (menos por el coste) · Iluminación de calle (Street-lighting)	EEUU Europa (menos)	Protocolo muy potente con más de 1000 fabricantes que desarrollan equipos con este tipo de comunicación.
DALI	Abierto AG Dali · DIN IEC 60929 · NEMA 243-2004 <a href="http://www.dalibydesign.us">www.dalibydesign.us</a> <a href="http://www.dali-ag.org">www.dali-ag.org</a>	PT	1200baudios	300m	Control de luminarias. Funcional y decorativa.	Europa EEUU	Integración con otros protocolos (KNX, LON..) Está en desarrollo modo wifi.
DMX512	Abierto ESTA · USITT DMX512/1990 <a href="http://www.opendmx.net">www.opendmx.net</a> <a href="http://www.esta.org">www.esta.org</a>	PT *UTP	250Kbps	500m	Control de luminarias. Especial incapié en la decorativa y de espectáculo.	Europa EEUU	Controla también otros dispositivos usados en el sector del espectáculo.

Tabla 11: Comparación Protocolos.

## CONCLUSIONES

Aunque a lo largo del Estado del Arte se han realizado algunas valoraciones se pueden sacar ahora las siguientes conclusiones:

- En cuanto a los protocolos genéricos a tener en cuenta se encuentran KNX y LONWORKS. KNX por ser la iniciativa europea y con la posibilidad de poder desarrollar aplicaciones previo pago del estándar. Además esta muchos fabricantes al trabajar con esta tecnología nos permite tener una gran gama de productos y servicios a elegir. LONWORKS en cambio desde EEUU ha tenido mucha difusión y los fabricantes aportan soluciones verdaderamente estables y con un gran soporte. Luego a priori ningún protocolo de estos dos es claramente más interesantes, por lo que dependiendo de las soluciones concretas que nos ofrezcan un fabricante u otro nos decantaremos por uno u otro.
- Atendiendo ahora al protocolo de control de iluminación se tiene claro que se usará DALI debido a la gran difusión que tiene para iluminación funcional y aportando todas las características que necesitamos. Esto garantizará continuidad y futuro, además de tener muchos fabricantes dónde elegir que usen esta tecnología.
- En cuanto a la red de sensorización Zigbee es el protocolo que más establecido en la actualidad con un buen rendimiento para esta necesidad. EnOcean es todavía una tecnología emergente y puede aportar cierto riesgo. Además existen un gran abanico de productos que trabajan en Zigbee.
- Además es importante destacar que Modbus al ser un protocolo industrial muy difundido y muy sencillo nos puede aportar un punto en común para poder integrar todas las subredes. Por ello se elige esta forma de interfuncionalidad ya que todavía no existe ninguna plataforma que aporte una solución de futuro y con garantías. Modbus además de ser totalmente libre con la posibilidad de poder desarrollar un software no demasiado complejo y sin ningún coste de licencia. Luego puede ser una buena solución para interoperar entre subredes.

## COMPARATIVA SOLUCIONES

Teniendo siempre en mente las necesidades y condiciones específicas que se plantean para la planta de Isotrol y para la correcta justificación de la solución definitiva se estudiarán diferentes posibilidades atendiendo a los protocolos y equipos que mejor convengan. La solución definitiva será valorada en función de las posibilidades y coste de cada una de ellas.

Para cubrir los requerimientos y la finalidad del proyecto se estudiará por separado cada uno de los campos a desarrollar. Pero nunca sin perder una visión integral del sistema ya que el éxito dependerá de la buena integración global entre todas las subredes. Por ello se hará la siguiente división:

- Iluminación.
- Climatización.
- Sensorización.
- Mediciones de Red para monitorización.

## ILUMINACIÓN

El control de las luminarias se realizará mediante la tecnología DALI debido a que cumple con todas las funcionalidades deseadas en el campo de la iluminación funcional. Es protocolo sencillo a la vez que flexible y además su gran difusión actualmente en el mercado garantiza la total compatibilidad con otros sistemas y la gran variedad de productos que ofrecen los fabricantes.

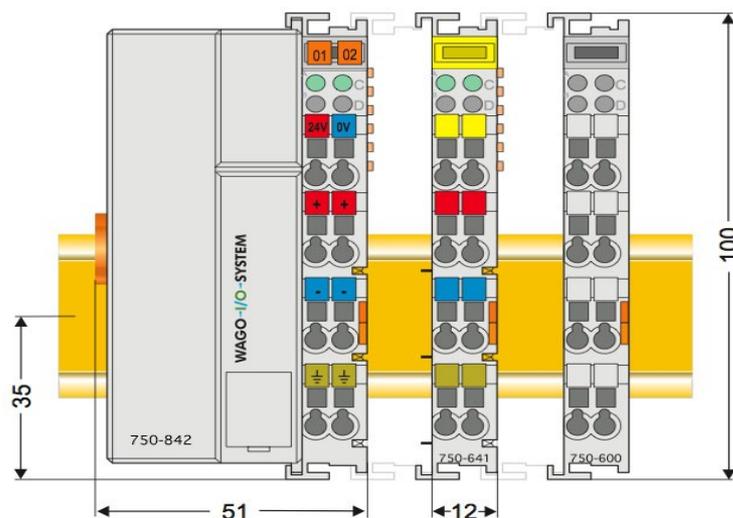
Se estudian entonces, las siguientes soluciones:

*Referencia Bibliográfica [I18]*

Wago proporciona acceso MODBUS sobre TCP/IP para la gestión de balastos esclavos DALI. El sistema de control de luminarias sería mediante másters DALI al que se accedería mediante modbus con la cabecera configurable TCP/IP. En una misma cabecera se pueden integrar varios máster DALI. El montaje constaría de los siguientes dispositivos:

- Cabecera TCP/IP 750-842.
  - Módulo máster DALI 750-641. Uno por cada 64 esclavos que se quieran asociar.
  - Borna de cierre 750-600.
  - Fuente de alimentación para la cabecera TCP/IP. 787-712.
  - Conversor 24-18 V DC para alimentar bus DALI. 288-895.
- Además será necesario:
    - Cable de configuración de la cabecera TCP/IP. (Disponible con conector usb o RS-485).
    - Software de programación de la cabecera TCP/IP.

Entonces se tendría un equipo de control de luminarias como muestra la figura:



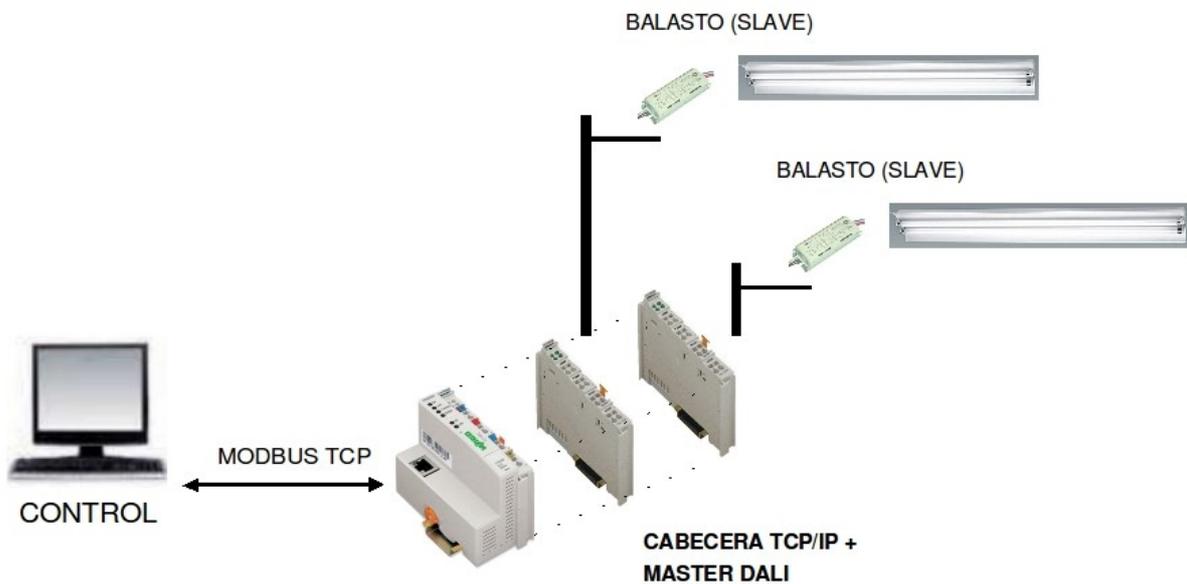
*Ilustración 13: Equipo Wago.*

- *Cabecera TCP/IP 750-842*: La cabecera TCP/IP tiene la funcionalidad de gestionar distintos protocolos de control así como entradas analógicas o digitales sobre TCP/IP con los módulos específicos. Algunos ejemplos son: MODBUS TCP (UDP), BACnet, KNX, PROFINET, Powerlink...

Esta cabecera es programable mediante el software *WAGO-I/O-PRO CAA Programming Tool IEC (759-333)* a través del puerto de servicio del equipo y con el cable de configuración (759-333). A continuación se detalla el equipo y la forma de alimentación con el trafo a 24 V. (En nuestro caso es la opción a de alimentación).

- *Módulo Máster DALI 750-64*: Este módulo se comportará como un máster en una red DALI. Luego con él se podrán direccionar 64 balastos. A través de la cabecera TCP/IP podremos acceder a la red DALI mediante MODBUS sobre TCP/IP. El módulo debe alimentar el bus DALI al voltaje que se especifica en la normativa. Luego cada módulo 750-641 deberá alimentarse con 18 voltios y 130 mA. Para ello Wago dispone de un convertor 24-18 V DC y así poder alimentar dicho módulo desde la cabecera 750-842 a través de dicho convertor. Este convertor suministra 400mA, luego con uno podremos alimentar hasta 3 módulos 750-641 si fuera necesario. A continuación vemos en detalle el 750-641 y su alimentación:
- *Borna de cierre 750-600*: Este módulo simplemente termina el bucle del equipo para su correcto funcionamiento.
- *Software de programación*: Este software, CodeSys, nos permitirá programar el equipo como cualquier PLC. Wago además dispone de librerías básicas para DALI de tal forma que se podría configurar el equipo de forma que haga un control totalmente autónomo. Es posible también alojar el control en otra ubicación como por ejemplo un pc embebido el cual mande las órdenes MODBUS y el equipo Wago traduzca dichas operaciones a los comandos pertinentes DALI. En éste último caso el equipo se configuraría de forma que realice dicho *tunneling*; es decir, habrá que indicar como hacer ese mapeo de órdenes (registros a leer, a escribir...) MODBUS<->DALI.

El sistema quedaría entonces de la siguiente manera:



*Ilustración 14: Sistema Wago.*

Valoración Económica (€)			
Equipos	PVP/Und	Unidades	PVP TOTAL
Cabecera 750-842	301,73	1	301,73
Máster Dali 750-641	129,92	2	259,84
Borna cierre 750-600	11	18	198
Software 759-333	444	1	444
Total			1203,57

*Tabla 12: Valoración Wago.*

TRIDONIT.ATCO

*Referencia Bibliográfica [I19]*

Esta firma líder en iluminación en todo el mundo cuenta con la colaboración de Beckhoff. Esta marca provee de equipos PLC's a Tridonic ofreciendo las mismas posibilidades que Wago. Esto es así debido al pasado compartido entre Wago y Beckhoff. Luego no se comentará más de dicha solución por ser semejante a la de Wago y con un precio superior en el software.

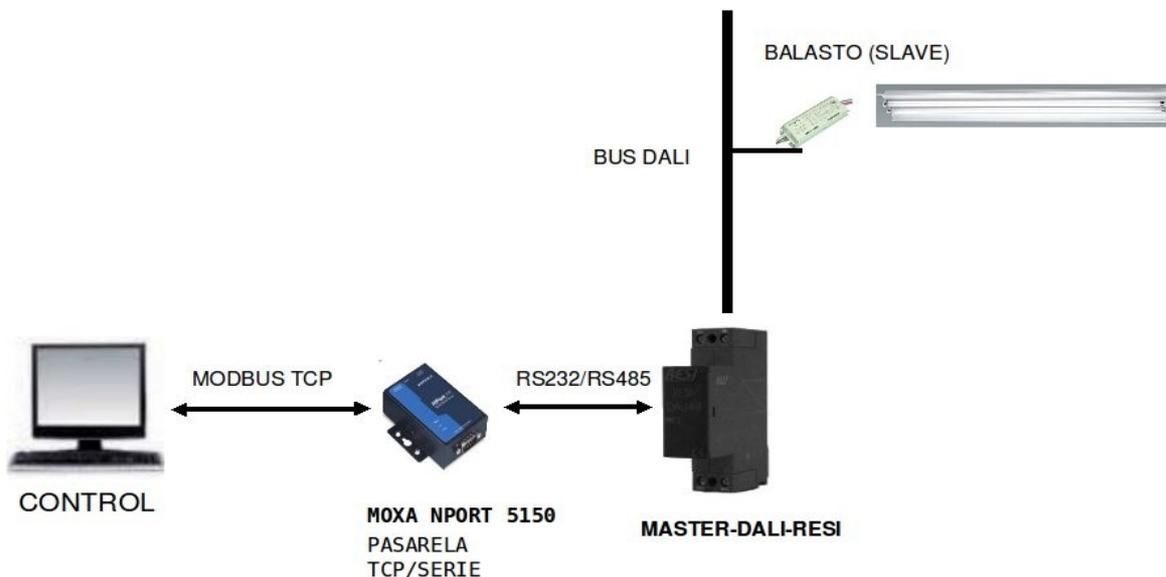
*Referencia Bibliográfica [I20][I21]*

Resi es un fabricante alemán que entre sus productos dispone de un máster DALI para el control de luminarias dentro del estándar. El control de este equipo será mediante conexión MODBUS/RTU en RS232 o RS485 accediendo a sus registros.

Por una cuestión de facilidad y flexibilidad en la instalación de los equipos la mejor forma de acceder a ellos dentro del contexto en estudio será mediante el aprovechamiento de la red Ethernet de la oficina. Por ello usando un conversor de MODBUS/RTU<->MODBUS/TCP tendremos acceso a los máster DALI sin necesidad de tirar un bus de comunicaciones RS485. Este conversor es el MOXA Nport5100. Luego el sistema constará de los siguientes elementos:

- Resi-Dali-Modbus
- MOXA Nport5100

El esquema del sistema quedaría de la siguiente forma:



*Ilustración 15: Sistema Resi.*

Valoración Económica (€)			
Equipos	PVP/Und	Unidades	PVP TOTAL
MASTER-RESI-DALI	360	2	720
MOXA-NPORT5150	90,8	2	181,6
Total			901,6

*Tabla 13: Valoración Resi.*

Además existe la posibilidad de (si por inaccesibilidad de la red local cableada) acceder al máster DALI en modo wireless mediante la red wifi de la oficina. Para esta opción haría falta además instalar el siguiente equipo:

- WL-IDA/S de ACKSYS

Este equipo de ACKSYS permite acceder a un medio serie RS232 / RS422 / RS485 full-duplex y hasta 250 Kbps mediante wifi. Luego se podrá conectar mediante MODBUS/TCP vía wifi con el máster DALI. Esta opción proporciona una solución muy versátil ofreciendo una buena alternativa de conexionado.

## PHILIPS

### *Referencia Bibliográfica [I21][I22][I23]*

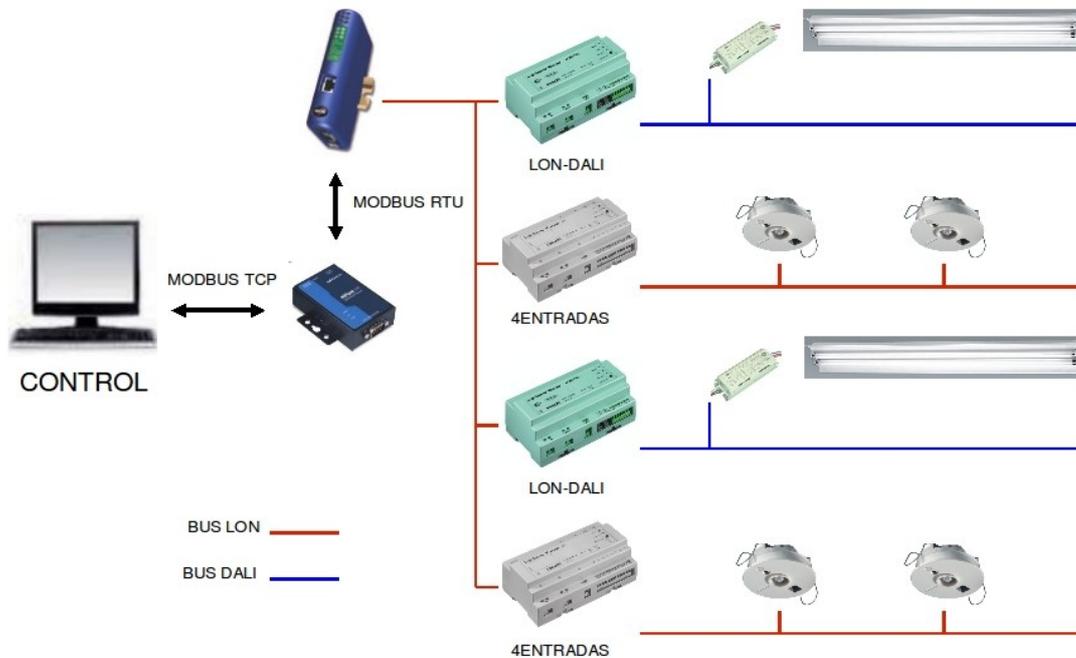
Philips ofrece una solución en control de luminarias por balastos electrónicos compatibles con DALI muy interesantes. Es una solución mixta con una parte DALI y otra parte basada en una red LonWorks.

La red LonWorks consta de unas controladores DALI que son los que hacen de máster DALI y abren la puerta al control de los balastos. Además en la misma red LON se pueden disponer de otros elementos como unos controladores de 4 entradas con los que se puede controlar sensorización y pulsadores. En este sentido, la sensorización relativa al nivel de luminosidad podría

ser implementada de esta forma evitando problemas de comunicación y garantizando la total operatividad del sistema en todo momento. Hay que recordar que la luz en un área de trabajo es totalmente imprescindible su continuo y correcto funcionamiento. Luego por ello, tener un sistema de control de luminarias el cual pueda ser independiente en ciertas ocasiones puede evitar problemas futuros.

Luego la gran ventaja de este sistema sería que se dispone de una configuración que es integrable con todo el sistema de control de la planta y además si es necesario desagregarla en ciertas ocasiones y aislarla para tener una ejecución autónoma. Además, es una garantía de estabilidad el que sensores lumínicos y actuadores (balastos) estén controlados por este sistema LON con la fiabilidad que aporta dicha tecnología y la conexión cableada.

Luego el sistema queda como se indica en el siguiente esquema, en dónde además se contempla la posibilidad de acceder al mundo LON mediante una conexión MODBUS RTU por la pasarela de ANYBUS AB7009.



*Ilustración 16: Sistema Philips.*

A continuación se expresa la valoración económica del sistema de control:

Valoración Económica (€)			
Equipos	PVP/Und	Unidades	PVP TOTAL
LRC 5059/00 (controlador 4 entradas)	195	4	780
LRC 5141/10 (LON-DALI)	222	3	666
LRI 8134/00 (multisensor)	83,4	16	1334,4
Lon Network Interface	260	1	260
Software LightManager Modular	154,57	1	154,57
AB7009 (MODBUS-LON)	695	1	695
LW-Tool-ABC	99	1	99
MOXA NPORT 5150	90,4	1	90,4
Total			4079,37

Tabla 14: Valoración Philips

## CLIMATIZACIÓN

Para el sistema de control de climatización se elige una solución KNX por potencialidad y flexibilidad de dicho protocolo. Además, debido a las perspectivas de desarrollo de esta tecnología aportará una rica experiencia a la empresa. Se han estudiado las siguientes posibilidades:

### ZENNIO

#### *Referencia Bibliográfica [I24][I26]*

Zennio es una firma española que ofrece soluciones en domótica. En este caso interesa sus productos para el control de unidades de climatización. Zennio dispone de unos actuadores que funcionan bajo KNX que a través de vía IR pueden controlar una gama amplia de fabricantes y modelos de máquinas.

Este dispositivo es el ZN1CL - IRSC y soporta los siguientes modelos de unidades interiores de climatización (señalado en naranja el modelo DAIKIN que se encuentra en el edificio Bluenet):

Fabricante	Modelo	Fabricante	Modelo
HITACHI	PC-LH3A Utopia Setfree	DAIKIN	BRC4C152
HITACHI	RAR-2P2 SUMMIT	CARRIER	KIT - 33MC-IS
MITSUBISHI ELECTRIC	PAR-FL31MA = PAR-FL32MA	CARRIER	WH-L07S3
MITSUBISHI ELECTRIC	KP1A = KP1B	CARRIER	TAC490
MITSUBISHI ELECTRIC	KM04F	CARRIER	6711A20026N
MITSUBISHI ELECTRIC	KM05A = KM05B	CARRIER	LCD S/N 233110
MITSUBISHI-HEAVY INDUSTRIES	RMA502A001	CARRIER	CONDUCTOS II
MITSUBISHI-HEAVY INDUSTRIES	RMA502A001C	CARRIER	SPLITS
MITSUBISHI-HEAVY INDUSTRIES	RKX502A001C	LENNOX	NO ID
MITSUBISHI-HEAVY INDUSTRIES	PJA502A704AA	LENNOX	R51M/E
MITSUBISHI-HEAVY INDUSTRIES	RKN502A241F	HIYASU-DAITSU-ARIAGEL	YR-H10
PANASONIC	A75C2295	HIYASU-DAITSU-ARIAGEL	YR-M05
PANASONIC	A75C2616	HIYASU-DAITSU-ARIAGEL	R11HG/E
PANASONIC	A75C3006	HIYASU-DAITSU-ARIAGEL	R71A/E
PANASONIC	A75C2614	HIYASU-DAITSU-ARIAGEL	R51H
PANASONIC	A75C2686	ARIAGEL	20052006-1
PANASONIC	TODA LA GAMA VRV	SAUNIER DUVAL	ZH/LT-01
FUJITSU Y NOCRIA	AR-RY3	SAUNIER DUVAL	A820088
FUJITSU Y NOCRIA	AR-PZ2	GREE	ZY512A
FUJITSU Y NOCRIA	AR-RAC1E	SYNTEK	Y812A
FUJITSU Y NOCRIA	AR-SY1	SAMSUNG	ARH-1405
FUJITSU -GENERAL-FUJI	AR-JW3	SAMSUNG	CB93-03012F
FUJITSU -GENERAL-FUJI	AR-JE5	LG	6711A20039K
FUJITSU -GENERAL-FUJI	AR-JW19	LG	6711A20067C
FUJITSU -GENERAL-FUJI	AR-JW11	REMKO	SEVILLA
FUJITSU -GENERAL-FUJI	AR-JW21	RHOSS	HC.J3 J3-2 03B0 Rhoss CR09512AX00 0B061B 110
FUJITSU-GENERAL	AR-VS7	AERMEC	COOLBIZ SDN.BHD.HS002(RO)
DAIKIN	ARC433A43	AUX	AUX ©
DAIKIN	ARC433A5	COMFORTSTARS	3W
DAIKIN	ARC433A1	SANYO	RCS-SH1AG
DAIKIN	ARC433A50	SANYO	RCS-6HPS4E-GN
DAIKIN	ARC433A41	SANYO	RCS-3MVHPS4E
DAIKIN	ARC433B41	SANYO	RCS-2S2E
DAIKIN	ARC433A7	S&P	CR-96D-1
DAIKIN	ARC452A1	ROCA	Y512F
DAIKIN	ARC452A3	HAIER	YR-H65 e YR-H59
DAIKIN	ARC447A1	HAIER	YR-H71
DAIKIN	ARC417A14	HAIER	YR-H17 e YR-H08
DAIKIN	ARC423A1	TOSHIBA	WH-H2UE
DAIKIN	ARC433A4	TOSHIBA	WH-H1UE
DAIKIN	ARC433A22	TOSHIBA	WH-H01JE
DAIKIN	ARC433A55	TOSHIBA	R51/E
DAIKIN	BRC4C151	TOSHIBA	WH-E1NE

Tabla 15: Modelos de unidades compatibles con la solución Zennio

Luego la configuración del sistema constaría de un ZN1CL-IRSC por cada unidad interior de la planta. La conexión sería vía IR pero para evitar errores de transmisión se adhiere el transmisor IR del ZN1CL - IRSC al receptor IR de la unidad de climatización. Por la otra parte cada equipo se conectaría al bus KNX por el cual tendríamos acceso al control. El sistema quedaría entonces de la siguiente forma:

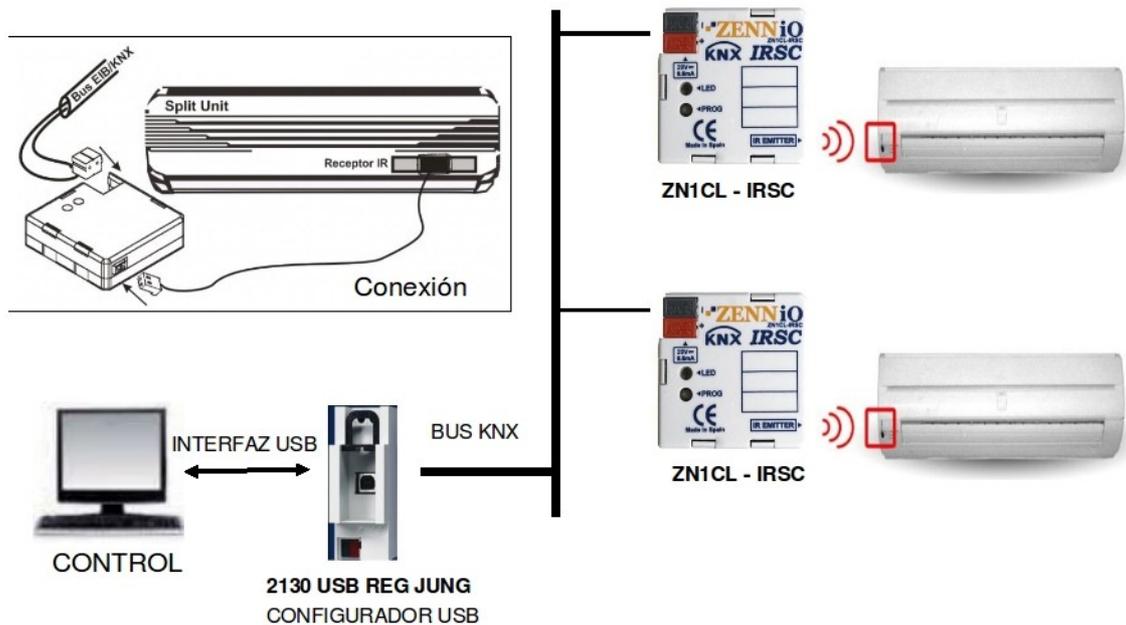


Ilustración 17: Sistema Zennio.

Esta solución es buena en cuanto a la flexibilidad de máquinas a controlar de diferentes fabricantes pero tiene dos grandes inconvenientes:

- Hace falta un ZN1CL - IRSC por cada unidad interior, encareciendo y complicando en el sistema.
- El medio IR es unidireccional y no podemos saber el estado en el que se encuentra la unidad interior de climatización, sólo podemos saber la última consigna enviada. Es decir, si por alguna razón a la máquina no le llega bien la orden no nos daremos cuenta mediante el sistema de control.

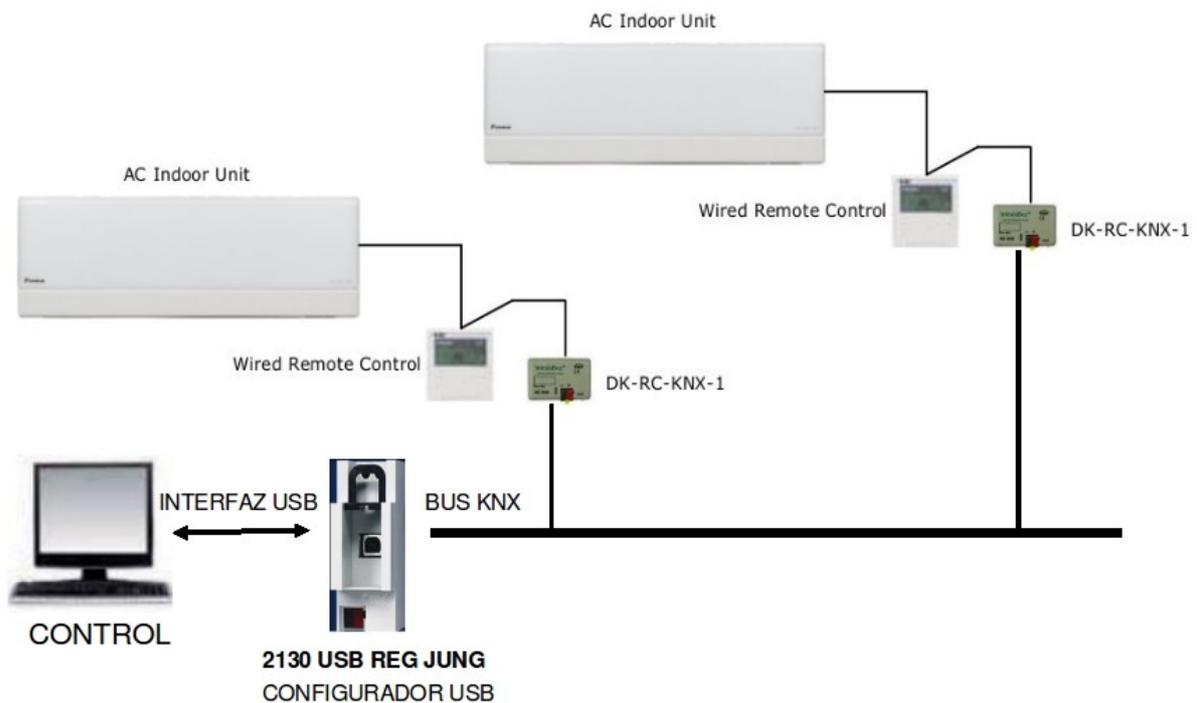
Valoración Económica (€)			
Equipos	PVP/Und	Unidades	PVP TOTAL
ZN1CL - IRSC	145	22	3190
ZPS160 (FUENTE)	115	1	115
Software ETS3	900	1	900
Configurador Jung	200	1	200
Total			4405

Tabla 16: Valoración Zennio.

*Referencia Bibliográfica [I25][I26]*

Intesis Software es una firma de reconocimiento mundial que ofrece soluciones integrales en la automatización de edificios. En concreto tiene algunos productos para control HVAC de características adecuada para nuestras necesidades.

En este caso Intesis comercializa un equipo controlable por KNX para máquinas DAIKIN. El DK-RC-KNX se conecta al bus DAIKIN entre unidad interior y consola de consigna. Luego, se ha de tener un DK-RC-KNX por cada unidad interior. El sistema quedaría de la siguiente forma:



*Tabla 17: Sistema Intesis-KNX.*

Como en la solución anterior tenemos el problema de que hace falta equipo por cada unidad interior pero se gana un control mucho más potente en dónde se sabe el estado de cada unidad por disponer de una comunicación bidireccional.

Valoración Económica (€)			
Equipos	PVP/Und	Unidades	PVP TOTAL
DK-RC-KNX	210	22	4620
ZPS160 (FUENTE)	115	1	115
Software ETS3	900	1	900
Configurador Jung	200	1	200
Total			5835

Tabla 18: Valoración Intesis-KNX.

**DAIKIN-LON / LON-MODBUS**

*Referencia Bibliográfica [I21][I23][I27]*

En este caso la solución es mucho más sencilla aunque tiene ciertas limitaciones. En el caso en el que nos ocupa estas limitaciones no afectarán al sistema. Se trata de la implantación de una tarjeta Daikin que proporciona el control con todos sus equipos desde la unidad exterior mediante LonWorks. Posteriormente se puede acceder a la red LonWorks al igual que en el caso de la iluminación con la pasarela LON-MODBUS de ANYBUS. El sistema quedaría de la siguiente forma:

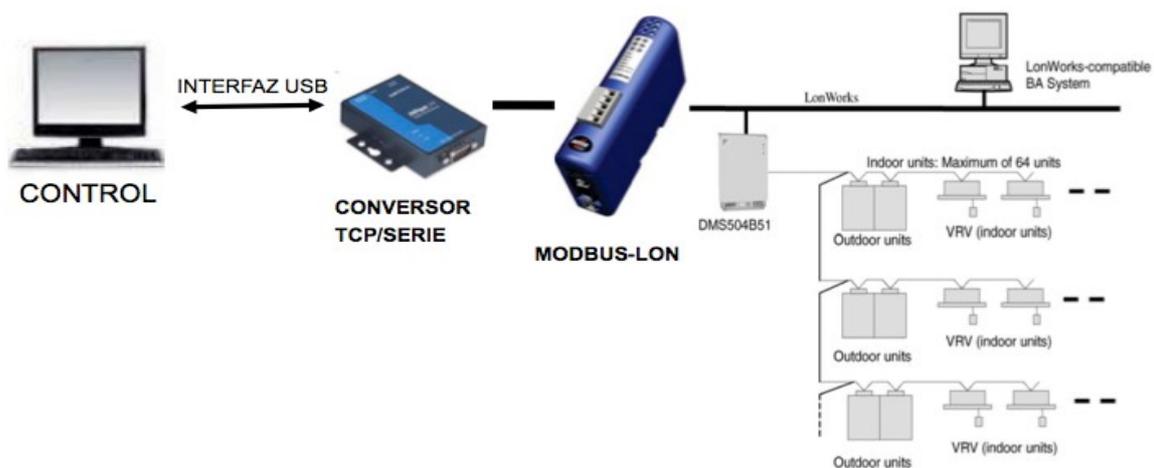


Ilustración 18: Sistema Daikin-Lon.

Valoración Económica (€)			
Equipos	PVP/Und	Unidades	PVP TOTAL
DAIKIN DMS504B51	2400	1	2400
ANYBUS AB7009	695	1	695
MOXA-NPORT5150	90,8	1	90,8
Total			3185,8

Tabla 19: Valoración Daikin-Lon

## SENSORIZACIÓN

Con la sensorización se debe controlar las siguientes magnitudes físicas:

- Temperatura
- Humedad
- Luminosidad

Además también será importante controlar otro tipo de variables muy útiles a la hora de interactuar con el medio como son:

- Detectores de puertas y ventanas.
- Detectores de presencia.

Se intentará estudiar soluciones que minimicen el número de dispositivos dando prioridad a equipos multifunción facilitando así tanto el coste como el impacto de la instalación.

## SENSORES KNX

### *Referencia Bibliográfica [I28][I29]*

KNX tiene una amplia gama de fabricantes que proveen equipos de sensorización para multitud de aplicaciones. Como se ha visto, KNX puede ser usado sobre varios medios de comunicación; pero por la fiabilidad que ofrece el bus KNX par trenzado es el más interesante. Otras formas de comunicación como wireless pueden ser más cómodas pero a la vez menos fiables.

Debido a las prestaciones de fiabilidad y estabilidad que ofrece este protocolo de comunicación (traducido también en un mayor coste) sólo se va a contemplar esta posibilidad ya que para una comunicación wireless en sensorización hay otros protocolos más adecuados.

Se estudian equipos como los siguientes:

- KNX TH de Elsner Elektronik: Multisensor de temperatura y humedad, directamente conectado al bus KNX y configurable con ETS3.

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
Elsner Elektronik	70120	189
		

- Detector de presencia y luminosidad del fabricante Siemens conectado directamente al bus y configurable con el ETS3.

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
Siemens	5WG1 258-2AB11	255
		

## ZIGBEE

*Referencia Bibliográfica [I30]*

La tecnología Zigbee ofrece muy buenas soluciones en cuanto a sensorización. Se tiene así una solución wireless facilitando la instalación y posibilitando poder modificar la ubicación de dichos sensores en tiempo de ejecución o en un futuro.

También existen multitud de fabricantes involucrados en esta tecnología. Se ha elegido la gama Zigbee de 4-Noks debido a la variedad de productos que ofrece. Tanto en formas de comunicación como en tipos de sensores. El sistema Zigbee constará de un equipo coordinador al que se accederá vía modbus TCP. Luego se podrá conectar dicho equipo en cualquier toma de la red local. Los sensores Zigbee se comunicarán con dicho equipo. Estos dispositivos disponen de una batería con una duración de años para que la tarea de mantenimiento no merme las ventajas de la red Zigbee. Existe también la posibilidad de instalar un equipo intermedio que haga las funciones de repetidor para salvar ciertos obstáculos electromagnéticamente opacos o distancias grandes. El sistema quedaría de la siguiente forma:

Cada uno de los sensores son para medir tres magnitudes: temperatura, humedad y luminosidad. Los equipos serían los siguientes:

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
4-noks	ZED-THL-M	
		123

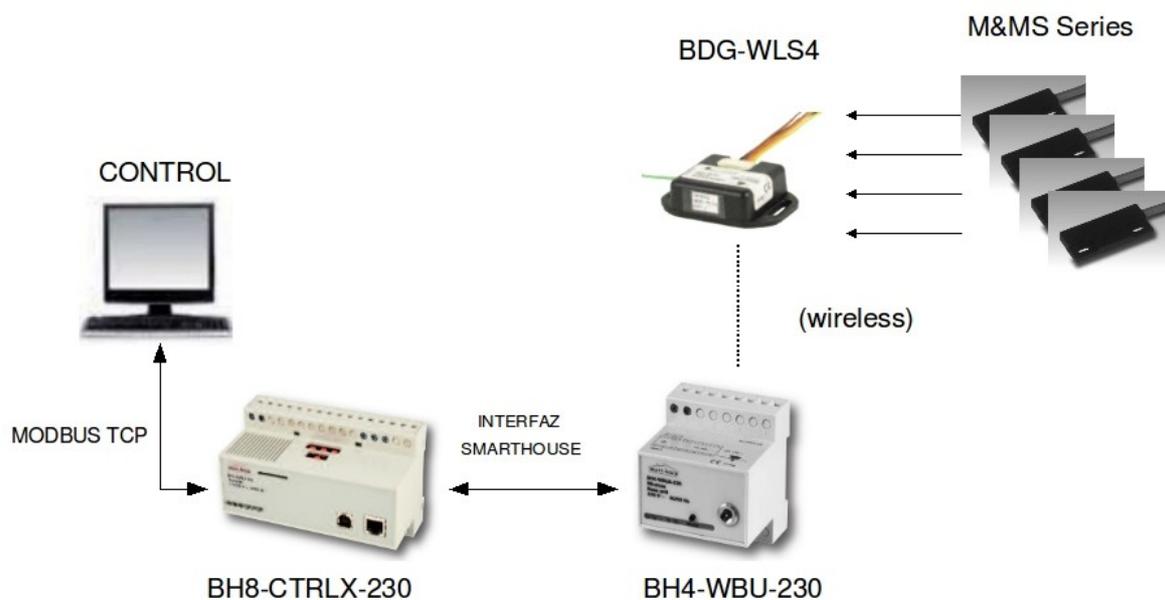
Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
4-noks	ZC-GW-ETH-EM	270
		

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
4-noks	ZR-REP-EM	112
		

*Referencia Bibliográfica [I31]*

Carlo Gavazzi dispone de una gama para domótica denominada SMART-HOUSE la cual ofrece unos sensores para puertas y ventanas que consiste en el siguiente sistema:

Los sensores magnéticos de puertas y ventanas irán cableados hasta un transmisor (BDG-WLS4) el cuál se comunicará vía radio con un receptor (BH4-WBU-230). Dicho receptor se conecta mediante la interfaz SMART-HOUSE a un controlador central (BH8-CTRLX-230) al cuál se podrá acceder mediante MODBUS en su versión RTU o TCP. El Esquema del sistema es el siguiente:



*Ilustración 19: Sistema Carlo Gavazzi puertas y ventanas.*

Y los distintos elementos se muestran a continuación:

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
Carlo Gavazzi	M&MS series	
		16,25

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
Carlo Gavazzi	BDG-WLS4	
		48,75

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
Carlo Gavazzi	BH4-WBU-230	
		91

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
Carlo Gavazzi	BH8-CTRLX-230	
		419,84

## MEDIDORES DE RED

Además en tondo sistema de gestión energética no sólo es importante montar la infraestructura para ahorro energético sino también desde el punto de monitorización es necesario controlar el gasto energético en tiempo real. Esto ayudará a valorar las decisiones tomadas y el buen funcionamiento de la red.

Para saber el consumo en todo en momento y en qué líneas se proveerá de unos medidores de red que se encargarán de facilitar datos como corriente, tensión, potencia activa y reactiva, factor de carga, problemas en la red eléctrica, etc. Se valoran los siguientes equipos:

## SNEHIDERELECTRONICS

### *Referencia Bibliográfica [I32]*

La gama PowerLogic SnehiderElectronics ofrece unos medidores eléctricos muy potentes. La serie PM710 dispone de displays muy completos para visualizar información básica muy cómoda y rápidamente.

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
SchneiderElectric	PM710	
		397

**CARLOGAVAZZI**

*Referencia Bibliográfica [I31]*

Valoración Económica (€)		
Fabricante	Modelo	PVP/Und
Carlo Gavazzi	EM24 DIN	
		212,5

**SOLUCIÓN ADOPTADA**

La solución propuesta estará fuertemente determinada por ofrecer como se pide una total interfuncionalidad en el sistema global de control. Dotando así al sistema de una gran potencialidad y flexibilidad con vistas a adaptaciones, ampliaciones y modificaciones futuras. Además, se ha valorado el enriquecimiento de la red de control con diferentes tecnologías para ofrecer una mayor

experiencia a Isotrol en el sector llegando a un compromiso con el coste económico.

## VISIÓN GLOBAL

Para garantizar la interoperabilidad de todas los sectores de la red de control con la posibilidad de implantar una aplicación en un centro de control se decide tener acceso a todos las variables del sistema mediante el protocolo de control MODBUS. La sencillez y la difusión de este protocolo facilitará dicho cometido. Luego cada solución en cada ámbito de control (iluminación, climatización, sensorización, monitorización) deberá ofrecer una puerta al mundo MODBUS.

Por ello se elige controlar la iluminación mediante el sistema de control de PHILIPS y la climatización mediante la solución DAIKIN-LON. La sensorización de ambiente se establecerá de forma wireless mediante los sensores Zigbee de 4-noks y la sensorización de puertas y ventanas se realizará con el sistema de control que ofrece Carlo Gavazzi en su gama *Smart-Home*. Por último la monitorización de la red se hará también con los medidores de red de la firma Carlo Gavazzi. A continuación se justifica cada elección.

## SUBPARTES. JUSTIFICACIÓN. CONFIGURACIÓN.

### ILUMINACIÓN

#### *Referencia Bibliográfica [I21][I22][I23][I33]*

Aunque la solución de Wago es muy potente en donde podemos tener unas cabeceras con gran capacidad de control agrupando varios máster DALI o tarjetas para otros usos como entradas digitales u otros protocolos de control. Se considera que es una solución para una red de iluminación mucho más compleja que la de unas salas de trabajo. Luego el sistema constará de un proceso de configuración más complejo y que posteriormente no será aprovechado.

La solución RESI es sin duda la que aporta una solución más económica pero conlleva una gran desventaja y es la necesidad de un proceso corriendo desde un centro de control (por ejemplo desde un PC) para el aprovechamiento del ahorro de los balastos electrónicos.

Las consideraciones que se tienen en cuenta para la elección de la solución de PHILIPS son las siguientes:

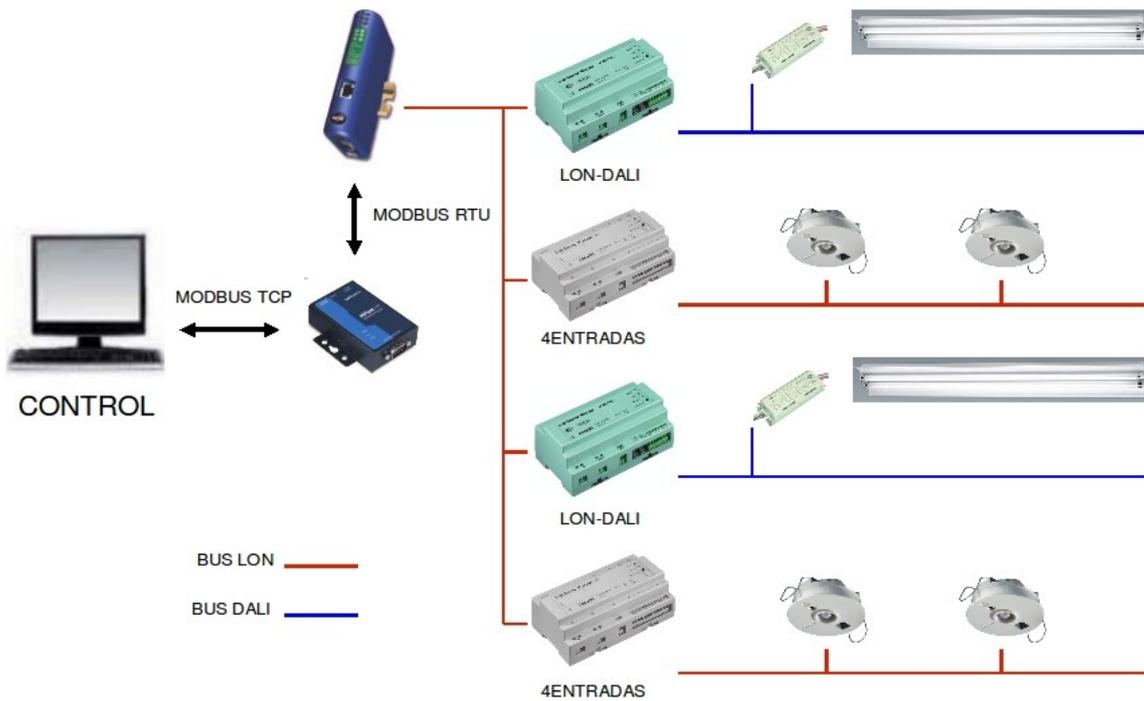
- Aunque es la solución con un mayor coste no es directamente comparable con las anteriores ya que en esta solución está integrada la sensorización de iluminación.
- El hecho de que los sensores de luz y presencia estén directamente integrados en la red de control de luminarias garantiza el buen funcionamiento y de forma autónoma (muy importante mientras no se desarrollen las tareas de programación para el interfuncionamiento del sistema completo).
- Es una solución mixta donde se podrá ganar experiencia con el protocolo DALI y LON con acceso mediante MODBUS a través de la pasarela LON-MODBUS de Anybus.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema entonces queda integrado por 6 elementos diferentes tal y como se observa en el diagrama de la configuración. El sistema de control de iluminación de PHILIPS está basado en una red LON a la cual accederemos mediante MODBUS con la pasarela de ANYBUS. Esta red LON contiene los elementos necesarios para integrar una red DALI y una red de sensores de iluminación y presencia.

La red DALI estará compuesta por el máster DALI (integrante también de la red LON) y por los balastos que regularán la intensidad de corriente eléctrica que pasará al tubo T5 y por consiguiente proporcionará el nivel de luminosidad correspondiente.

Los sensores van cableados a estos equipos LON permitiéndonos así su monitorización dentro de la red LON. Los sensores podrán ir cableados al mismo máster DALI o a un equipo dedicado a recoger sólo información de estos dispositivos cuando por motivos de alcance no sea posible cablearlos al máster DALI. Hay que tener en cuenta que las variables de LON de los balastos en el sistema PHILIPS tienen un tamaño de 6 bytes y los sensores de 3 bytes, esto es importante a la hora de cuantificar el número de pasarelas LON\_MODBUS que serán necesarias.



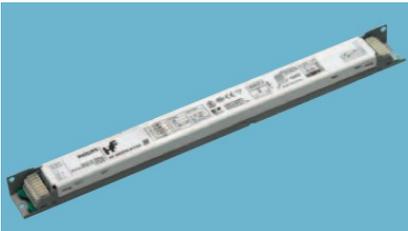
*Ilustración 20: Sistema Philips en Iluminación.*

Veamos cada elemento y su configuración más en detalle:

FABRICANTE	MODELO	
PHILIPS	LRC 5141/10	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de Control de Alumbrado (LCM) pensado para los requerimientos de los edificios de oficinas, se basa en una configuración conjunta con la unidad de entradas 4SI directamente conectadas a la red LON. La funcionalidad del controlador depende enormemente de la aplicación de software empleada.</li> <li>• Instalación en carril DIN.</li> <li>• Alimentación del bus DALI.</li> <li>• Controla hasta 40 actuadores (balastos).</li> <li>• Dos sockets para conexión de sensores y pulsadores. Acepta la instalación de 4 sensores en paralelo por cada socket de conexión (movimiento, luminosidad, receptor IR...)</li> <li>• Gestiona luminarias en grupo según el estándar DALI. Y pueden ser directamente asignados a un sensor determinado.</li> <li>• Configurable y gestionable por LonMaker y LightManager.</li> <li>• Interfaz de conexión de sensores RJ12 y cableado hasta 135 metros.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
PHILIPS	LRC 5059/00	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad de Entradas con 4 entradas de sensores (sensores de luz, detectores de movimiento y receptores de infrarrojos [IR]) y 4 entradas de interruptores o pulsadores estándar y sensores de test de emergencia.</li> <li>• Instalación para carril DIN, aunque también es posible instalarla como caja fuera de cuadro sin que se necesite otro tipo de envoltura o caja.</li> <li>• Configurable y gestionable por LonMaker y LightManager.</li> <li>• Interfaz de conexión de sensores RJ12 y cableado hasta 135 metros.</li> <li>• Alimentación 12Vdc.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
PHILIPS	LRI 8134/00	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El multisensor es una unidad compacta con tres tipos de sensores requeridos para el control en eficiencia energética. Contiene un sensor de luz, de presencia y un sensor infrarrojo para un control manual. Puede ser usado con la mayoría de los sistemas de control de luminarias de Philips, LightMaster Modular, Helio, Trios, y Scenio. La unidad está preparada para la instalación en interiores.</li> <li>• Funcionamiento óptimo instalado en techo entre 2.4 y 3.2 metros del suelo.</li> <li>• Alimentación de 12-24 Vdc del mismo cable de datos.</li> <li>• El sensor de luz detecta el nivel de luz ambiental definido en un área. La información es usada por el controlador. En nuestro caso podremos gestionar esta variable mediante acceso MODBUS. Las características de actuación están disponibles en ANEXOS y detallado en los planos.</li> <li>• El detector de movimiento usa un sensor piroeléctrico infrarrojo para detectar la presencia de un trabajador mediante una señal de movimiento térmico.</li> <li>• El receptor IR permite a los usuarios una comunicación por control remoto para interactuar con el sistema in situ.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
PHILIPS	HF-R TD 318 TL5 EII 3 x TL5 18W	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balasto compatible con estándar DALI.</li> <li>• Específico para el cableado de luminarias TL5x3 de 18W.</li> <li>• Regulación de la intensidad en un rango entre 100% y 1%. Ahorrando hasta un 75% de energía.</li> <li>• Instalación fácil y rápida.</li> <li>• Smart power: luz constante, independiente de las fluctuaciones de la red.</li> <li>• Unidad protegida contra picos de la red eléctrica.</li> <li>• Restauración del circuito en 5 seg. En caso de fallo y parada de emergencia. Una vez el fluorescente es reparado el balasto es reseteado automáticamente.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
<p>HMS ANYBUS</p>	<p>AB7009</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasarela LON_MODBUS.</li> <li>• Por la parte LON se comporta como un elemento más integrante de la red LON y configurable con LONMAKER.</li> <li>• Por la parte MODBUS se comporta como un esclavo controlable por un máster MODBUS. Configuración mediante el software LW-TOOL-ABC.</li> <li>• Conexión RS232/422/485.</li> <li>• Max 512 bytes de entrada y salida de datos.</li> <li>• Aislamiento contra ruido electromagnético.</li> <li>• Alimentación 24 V.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
<p>MOXA</p>	<p>NPORT 5150</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz estándar que actúa como pasarela TCP/IP a serie RS485/422/232.</li> <li>• Proporciona la integración transparente de un dispositivo serie en una red ETHERNET.</li> <li>• Configurable mediante interfaz web o conexión telnet.</li> <li>• Robusto contra ruido electromagnético.(15KV ESD.)</li> <li>• Monitorización mediante SNMP.</li> <li>• Alimentación a 12Vdc.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
PHONEIX CONTACT	TRIO POWER 24DC/2.5A	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de alimentación fiable incluso a altas temperaturas ambiente.</li> <li>• Resistencia al cortocircuito y al circuito abierto.</li> <li>• Alta rigidez dieléctrica.</li> <li>• Gracias a una entrada de amplia gama y un paquete internacional de homologaciones puede utilizarse en el mundo entero en todos los sectores industriales.</li> <li>• Tensión de salida 24DC/2.5A.</li> <li>• Tensión de entrada 100 V AC ... 240 V AC.</li> </ul>		

Para realizar correctamente una instalación del Sistema LMM de PHILIPS, es necesario llevar a cabo los siguientes puntos:

1. Decidir la ubicación física de cada uno de los equipos del Sistema LMM y el circuito que deberá seguir el cable de bus en el edificio (siempre respetando lo especificado en proyecto).
2. Instalar Controladores, Controladores de Planta, Repetidores (si los hubiera), Sensores, Pulsadores, etc., respetando todas las recomendaciones y especificaciones descritas en las Hojas de Instalación que se suministran en el interior del embalaje que protege a cada equipo.
3. Conectar a 230 VAC cada uno de los equipos con sus circuitos correspondientes.
4. Instalar el Bus de comunicaciones entre aquellos equipos que deban estar conectados al mismo y comprobar continuidad antes de conectar los distintos equipos a la Línea de Bus.

El cable utilizado debe haber sido proporcionado por Philips o tener las mismas características técnicas. En ningún caso debe conectarse tensión a este cable.

5. Indicar en las tablas adjuntas los datos de cableado así como los números de serie de todos los equipos conectados al Bus (salvo los Repetidores) con su denominación en el plano y en las que aparezcan todos los datos referentes a cada uno de los equipos, tal y como se indica en el punto 1.
6. Conectar los Controladores a su Línea de Bus correspondiente.
7. Conectar a la Línea Principal de Bus cada uno de las Líneas de Bus secundarias que formarán los distintos canales de campo por medio de los Controladores de Planta correspondientes.
8. Conectar las luminarias a las salidas de los controladores e indicar claramente en planos qué luminarias o grupo de ellas están conectadas a cada salida de los distintos controladores. A su vez deberá indicarse también las salidas utilizadas en cada uno de los controladores en la Tabla de Identidad de Controladores (Ver punto siguiente y ANEXO).

#### PROCEDIMIENTO DE COMPROBACIÓN GENERAL.

A continuación, se detalla paso a paso el procedimiento de comprobación que debe realizarse previamente a la puesta en marcha y configuración del sistema LMM.

1. En primer lugar, una vez que todas las luminarias, sensores e interruptores están conectados a los Controladores, el instalador debe identificar cada conexión con el objetivo de facilitar cualquier posible alteración o cambio en la instalación.
2. Comprobar físicamente que todas las luminarias están conectadas y que incorporan sus lámparas y balastos.

3. Comprobar físicamente que llegue tensión de red a todos los equipos que la necesiten.
4. Comprobar físicamente que los Controladores y los Controladores de Planta están conectados al Bus de Datos.
5. Comprobar físicamente que los sensores estén conectados al Controlador correspondiente, así como los pulsadores y botoneras.
6. Comprobar físicamente que las líneas de regulación (ya sean 1-10V o DALI) entre los Controladores y los balastos de las luminarias se encuentran conectados y con la polaridad correcta en el caso de 1-10V. Así mismo comprobar que los reguladores tipo “Dimmer” en caso de lámparas incandescentes se encuentran correctamente conectados. En ningún caso debe conectarse tensión de red a la línea de regulación de las luminarias, ya que puede dañar gravemente el controlador.
7. Verificar que todos los planos en CAD se encuentran actualizados e incluyen toda la información necesaria. Es necesario enviar estos planos a la persona de Philips que les será designada para que pueda tratarlos y adaptarlos al Sistema de Gestión del Alumbrado LMM.

#### TABLAS DE IDENTIFICACIÓN DE CONTROLADORES.

El objetivo de las Tablas de Identificación ( ver ANEXO) es recopilar toda la información necesaria para poder llevar a cabo la puesta en marcha y programación del sistema después de su instalación. Por ello, es imprescindible la correcta realización de las tablas rellenando las casillas necesarias en cada uno de los casos.

No disponer de estas tablas debidamente cumplimentadas conlleva un tiempo de puesta en marcha extra que se valorará antes de empezar la misma y que en algunos casos puede significar la imposibilidad de realizar dicha puesta en marcha.

Existe un modelo diferente de Tabla de Identificación para cada uno de los siguientes

equipos:

- Controlador LRC 59xx (9 salidas y 4 entradas)
- Controlador LRC 5414 (4 salidas y 4 entradas)
- Controlador LRC 5423 (4 salidas carril DIN)
- Controlador LRC 5059 (4 Entradas carril DIN)
- Controlador LRC 514x (LON-DALI carril DIN)

## CÁLCULO Y LISTADO DE EQUIPOS

Según los siguientes parámetros especificados en los datasheets correspondientes a cada equipos:

- Longitud de buses y cableado de equipos.
- Alcance de enlaces wireless.
- Rango cubierto por sensores.
- Alimentación de equipos.
- Valoración de de capacidad de la pasarela LON-MODBUS con respecto a las variables a controlar: en este caso al direccionar por grupos DALI se reducen mucho las variables a controlar y con la pasarela de ANYBUS contemplada será suficiente para controlar el sistema de iluminación.

Y las características del entorno de implantación queda determinado el número de equipos y emplazamiento de cada uno. (Véanse Planos Iluminación).

Son necesarios los siguientes equipos:

■ Balastos	90
■ LRC 5141/10	3
■ LRC 5059/00	4
■ LRI 8134/00	16
■ AB7009	1

- NPORT 5150            1
  
- TRIO POWER            1

Son necesarios los siguientes metros de cable:

- BUS LON                200m
  
- BUS DALI               1000m
  
- SENSORES              450m

## CLIMATIZACIÓN

### *Referencia Bibliográfica [I21][I23][I27]*

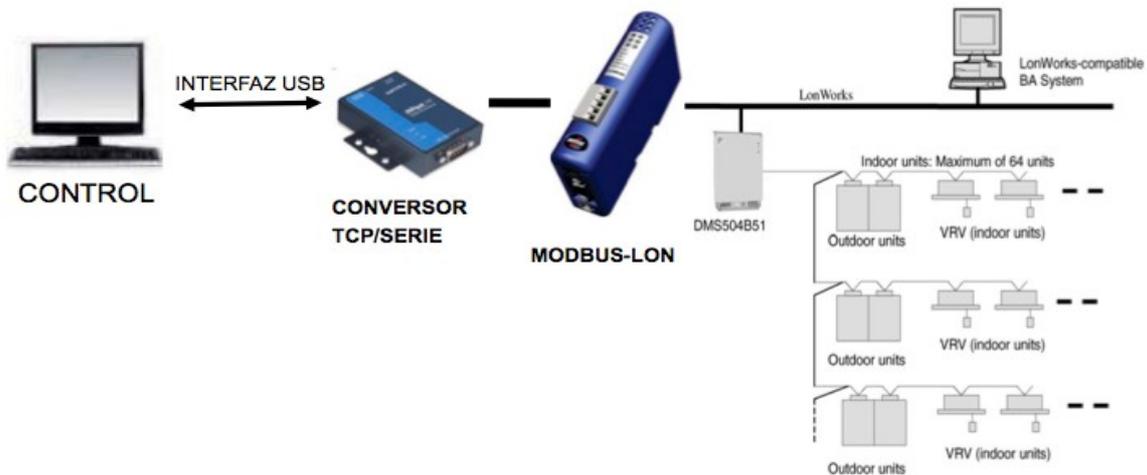
En climatización se estudió el caso de dar una solución sobre KNX queriendo así dotar a la red de los protocolos más importantes dedicados al control inmótico. Sin embargo, sacando a relucir la pequeña desventaja todavía de ésta iniciativa europea frente a la norteamericana, en el mercado no existe una solución equiparable económicamente a la posibilidad de conectividad entre LON y DAIKIN (Equipos de climatización instalados en Isotrol). Se elige por tanto el sistema LONWORKS como se justifica:

- Con las posibilidades que nos ofrece KNX se necesita un equipo por cada unidad interior. Esto, además de encarecer el sistema complica su instalación y su gestión sin obtener ninguna ventaja. En cambio, DAIKIN dispone de una pasarela LON-DII. Simplifica mucho el sistema, disponiendo tan sólo de dos equipos para poder controlar y monitorizar la red.

Hay que destacar que con MODBUS se tiene una limitación que en nuestro caso no nos afecta. Los máster MODBUS tienen un espacio de palabras limitado de entrada y salida de datos. Por lo que el número de variables a controlar esta limitado por ese número que dependerá de un

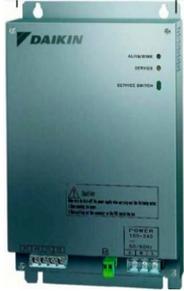
equipo u otro. La pasarela de Anybus dispone de 512 bytes para entrada y otros 512 bytes para salida. Como en nuestra red habrá que gestionar 42 unidades como máximo disponemos de varias variables por cada unidad. Por ejemplo temperatura, estado, velocidad de fan, lamas. Esto tanto en salida para monitorizar el sistema como en entrada para controlar el sistema. Es evidente que para una red de climatización mucho mayor esta solución no sería viable o habría que prescindir de parámetros a gestionar perdiendo control.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA



*Ilustración 21: Sistema Daikin-Lon para la Climatización.*

El sistema queda entonces tan sencillo como se ve en el esquema. Los dos equipos que proporcionan acceso al control de todas las unidades de control de la planta son los siguientes:

FABRICANTE	MODELO	
DAIKIN	DMS504B51	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasarela DAIKIN_LONWORK con la que se puede acceder a las unidades interiores de un sistema VRV DAIKIN a partir de su conexión en bus a todas las unidades exteriores.</li> <li>• Configuración de variables y objetos mediante LONMAKER.</li> <li>• Agrupación de unidades en subgrupos.</li> <li>• Maximo de 64 subgrupos de unidades interiores.</li> <li>• Alimentación a 230Vac.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
HMS ANYBUS	AB7009	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasarela LON_MODBUS.</li> <li>• Por la parte LON se comporta como un elemento más integrante de la red LON y configurable con LONMAKER.</li> <li>• Por la parte MODBUS se comporta como un esclavo controlable por un máster MODBUS y conexión RTU. Configuración mediante el software LW-TOOL-ABC.</li> <li>• Conexión RS232/422/485.</li> <li>• Max 512 bytes de entrada y salida de datos.</li> <li>• Aislamiento contra ruido electromagnético.</li> <li>• Alimentación 24Vdc.</li> </ul>		

Será necesario además el conversor SERIE-TCP como anteriormente.

FABRICANTE	MODELO	
MOXA	NPORT 5150	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz estándar que actúa como pasarela TCP/IP a serie RS485/422/232.</li> <li>• Proporciona la integración transparente de un dispositivo serie en una red ETHERNET.</li> <li>• Configurable mediante interfaz web o conexión telnet.</li> <li>• Robusto contra ruido electromagnético.(15KV ESD.)</li> <li>• Monitorización mediante SNMP.</li> <li>• Alimentación a 12Vdc.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
PHONEIX CONTACT	TRIO POWER 24DC/2.5A	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuente de alimentación fiable incluso a altas temperaturas ambiente.</li> <li>• Resistencia al cortocircuito y al circuito abierto.</li> <li>• Alta rigidez dieléctrica.</li> <li>• Gracias a una entrada de amplia gama y un paquete internacional de homologaciones puede utilizarse en el mundo entero en todos los sectores industriales.</li> <li>• Tensión de salida 24DC/2.5A.</li> <li>• Tensión de entrada 100 V AC ... 240 V AC.</li> </ul>		

Es necesario crear una nueva red LON para así no perder puntos de control con el acceso modbus.

## CÁLCULO Y LISTADO DE EQUIPOS

Se necesitarán los siguientes equipos:

- DMS504B51            1
  
- AB7009                1
  
- NPORT 5150           1
  
- TRIO POWER         1

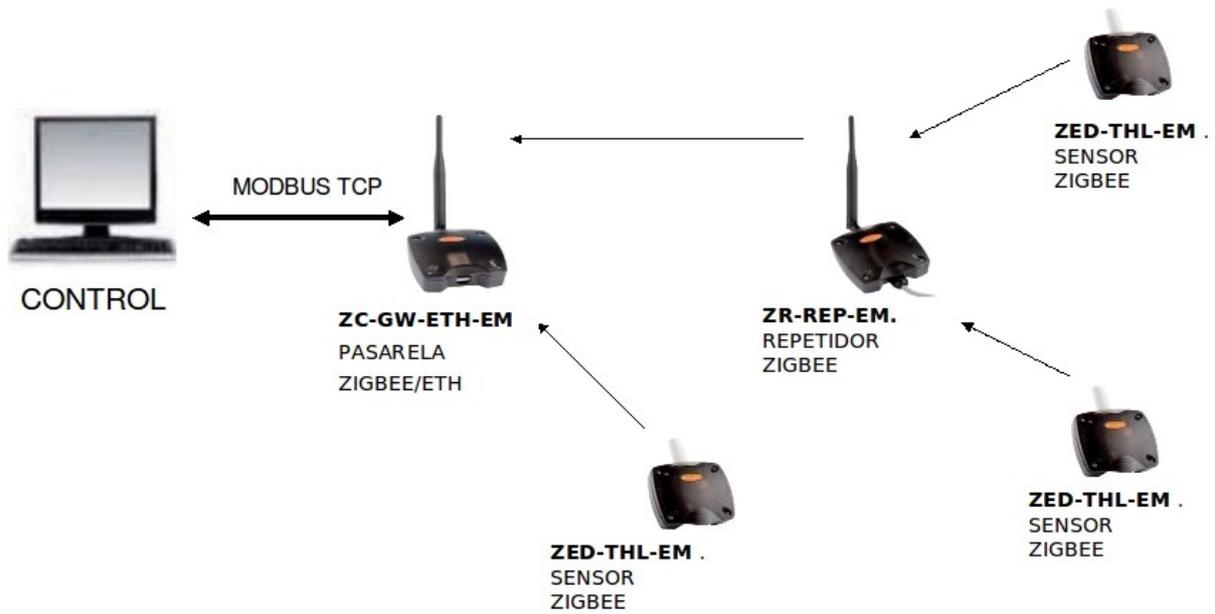
## SENSORIZACIÓN

### *Referencia Bibliográfica [I30][I31]*

En el caso de la sensorización entre las dos posibilidades que se estudiaron más arriba se elige la implantación de una red Zigbee por las siguientes motivos:

- En primer lugar la flexibilidad que proporciona Zigbee en cuanto a enlaces wireless.
  
- En segundo lugar por la prácticamente inexistente instalación que necesitan los sensores.
  
- Y en tercer lugar se tiene una salida directamente en MODBUS totalmente compatible con la filosofía de actuación que hemos seguido.

Entonces queda el sistema de la siguiente manera con tres tipos de equipos:



*Ilustración 22: Sistema Zigbee para Sensorización.*

FABRICANTE	MODELO	
4NOKS	ZC-GW-ETH-EM	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cordinador de la red Zigbee con acceso mediante MODBUS/TCP.</li> <li>• Almacenamiento de datos en memoria local.</li> <li>• Configuración de conexión MODBUS mediante interfaz web. (Desarrollador de la interfaz ethernet DIGI).</li> <li>• Potencia de transmisión 1mW.</li> <li>• Alcance exterior/interior 100m/30m.</li> <li>• Alimentación a 12Vdc.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
4NOKS	ZR-REP-E230M	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetidor de señal para dar mayor alcance o salvar algún obstáculo en concreto.</li> <li>• Función de enrutado de mensajes Zigbee.</li> <li>• Potencia transmisión 10mW.</li> <li>• Alcance exterior/interior 200m/50m.</li> <li>• Antena externa.</li> <li>• Alimentación 230 Vac.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
4NOKS	ZED-THL-M	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensor de humedad, temperatura y luminosidad.</li> <li>• Alimentación batería 3.6V/2000mA.</li> <li>• Tiempo de envío de mensajes configurable para una mayor eficiencia de la batería.</li> <li>• Potencia transmisión 2mW.</li> <li>• Alcance exterior/interior 100m/30m.</li> <li>• Antena interna.</li> </ul>		

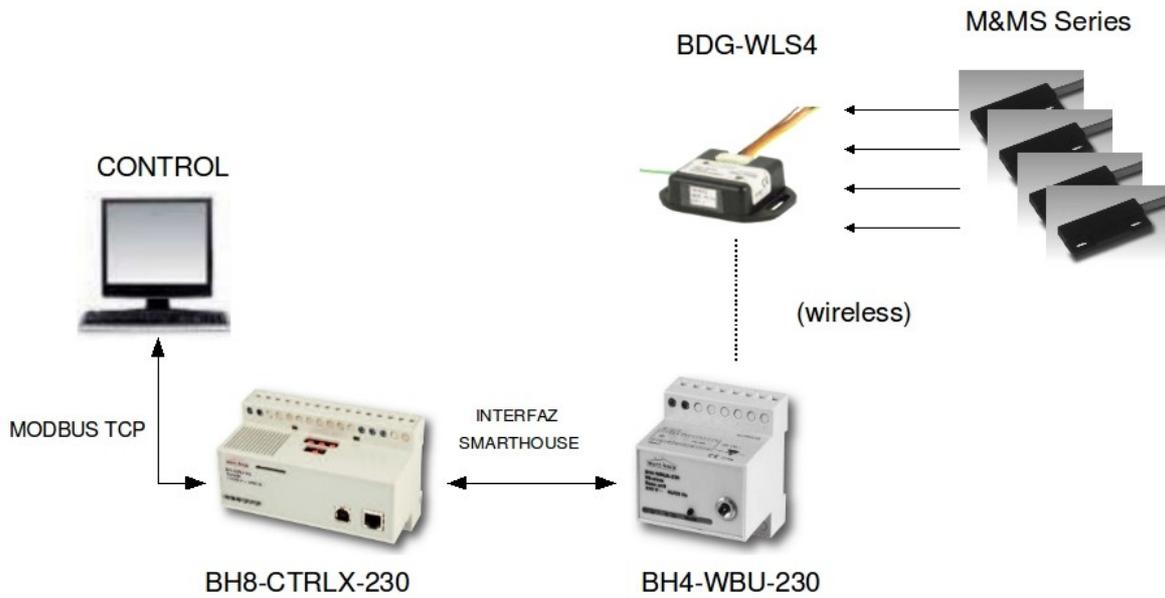
## CÁLCULO Y LISTADO DE EQUIPOS

Se tendrán 4 sensores THL por cada sala y además se adquirirá un repetidor Zigbee para evitar problemas de comunicación ya que al tener un gateway las distancias a cubrir quedan al límite de las especificaciones técnicas.

- ZC-GW-ETH-EM     1
  
- ZED-THL-EM        8
  
- ZR-REP-E230M     1

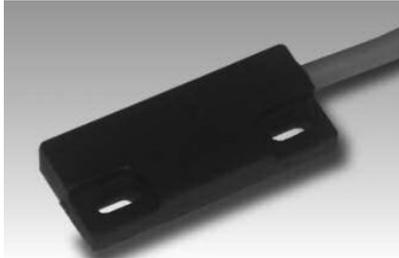
### PUERTAS Y VENTANAS

En cuanto a la sensorización de puerta y ventanas no se han estudiado más casos ya que lo importante es tener un sistema que te de la flexibilidad wireless y el fabricante CARLO GAVAZZI cumple con este requisito y son de notable fiabilidad. Tal y como se mostró en el apartado anterior el sistema es el siguiente:



*Ilustración 23: Sistema Garlo Gavazzi para sensorización de puertar y ventanas.*

Vemos como está compuesto por cuatro tipo de equipos. Los sensores tanto de puertas y ventanas van cableados hasta una unidad BDG-WLS4 que proporciona un enlace RF con la BH4-WBU-230. Este último dispositivo es conectado mediante una interfaz física a la unidad central BH8-CTRLX-230 con la que se tendrá acceso a la red de sensores mediante acceso MODBUS pudiendo monitorizar el estado de cada ventana o puerta implementada. Tenemos la posibilidad de cablear hasta 4 sensores magnéticos a cada transmisor RF, siempre que se pueda por limitaciones estéticas o de distancia. Los detalles de cada equipo se ven a continuación:

FABRICANTE	MODELO																						
CARLOS GAVAZZI	SENSOR DE PROXIMIDAD MAGNÉTICO M&MS SERIES																						
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sensor es un pequeño contacto magnético para detectar el estado (abierto/cerrado) de puerta o ventanas.</li> <li>• Carcaza de plástico.</li> <li>• Configuración: NO (normalmente abierto), NC (normalmente cerrado), CO (posibilidad de cambio).</li> <li>• Existen los siguientes modelos:</li> </ul>																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Housing dimensions</u></th> <th><u>Connection</u></th> <th><u>Output function</u></th> <th><u>Reference</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>37 x 16 x 8.3</td> <td>PVC cable L= 2m</td> <td>NO</td> <td><b>MS A 1</b></td> </tr> <tr> <td>37 x 16 x 8.3</td> <td>PVC cable L= 0.5m</td> <td>NO</td> <td><b>MA 3</b></td> </tr> <tr> <td>37 x 16 x 8.3</td> <td>PVC cable L= 0.5m</td> <td>NC</td> <td><b>MC 3</b></td> </tr> <tr> <td>37 x 16 x 8.3</td> <td>PVC cable L= 0.5m</td> <td>CO</td> <td><b>MS 1</b></td> </tr> </tbody> </table>	<u>Housing dimensions</u>	<u>Connection</u>	<u>Output function</u>	<u>Reference</u>	37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 2m	NO	<b>MS A 1</b>	37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 0.5m	NO	<b>MA 3</b>	37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 0.5m	NC	<b>MC 3</b>	37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 0.5m	CO	<b>MS 1</b>	<p><b>Dimensions are specified in millimeters (mm)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El modelo MS A 1 puede detectar corte de cable. En nuestro caso se elije este sólo para las puertas por la longitud del cable y por ser un emplazamiento de mayor movimiento y existir mayor riesgo.</li> <li>• Para las ventanas se elige el modelo MS1 para tener la capacidad de cambiar la configuración como interese.</li> <li>• Además hay que hacer la elección de los magnéticos según el grado de holgura que pueda tener ventana o puerta donde se instale:</li> </ul>		
<u>Housing dimensions</u>	<u>Connection</u>	<u>Output function</u>	<u>Reference</u>																				
37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 2m	NO	<b>MS A 1</b>																				
37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 0.5m	NO	<b>MA 3</b>																				
37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 0.5m	NC	<b>MC 3</b>																				
37 x 16 x 8.3	PVC cable L= 0.5m	CO	<b>MS 1</b>																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Magnetic Units</u></th> <th><u>CL1</u></th> <th><u>CL2</u></th> <th><u>CL3</u></th> <th><u>CL4</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MSA1, MA3, MS1 MC3</td> <td>10 7/2*</td> <td>15 13/5*</td> <td>22 17/7*</td> <td>35 30/15*</td> </tr> </tbody> </table>	<u>Magnetic Units</u>	<u>CL1</u>	<u>CL2</u>	<u>CL3</u>	<u>CL4</u>	MSA1, MA3, MS1 MC3	10 7/2*	15 13/5*	22 17/7*	35 30/15*													
<u>Magnetic Units</u>	<u>CL1</u>	<u>CL2</u>	<u>CL3</u>	<u>CL4</u>																			
MSA1, MA3, MS1 MC3	10 7/2*	15 13/5*	22 17/7*	35 30/15*																			

FABRICANTE	MODELO	
CARLO GAVAZZI	BDG-WLS4	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisor wireless.</li> <li>• 4 entradas programables.</li> <li>• Alimentación batería 3V (CR2032)</li> <li>• Alcance exterior/interior 100m/30m.</li> <li>• Autonomía de la batería 5 años.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
CARLO GAVAZZI	BH4-WBU-230	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transceptor wireless para recoger la información de emisores BDG-WLS4.</li> <li>• Ilimitadas conexiones con BDG-WLS4.</li> <li>• Instalación sobre rail DIN.</li> <li>• Conexión cableada con BH8-CTRLX-230.</li> <li>• Alcance exterior/interior 100m/30m.</li> <li>• Alimentación 230Vac.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
CARLO GAVAZZI	BH8-CTRLX-230	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivo de control de toda la red de sensorización CARLO GAVAZZI.</li> <li>• Accesible mediante MODBUS/TCP.</li> <li>• Posibilidad de conexión con modem GSM para monitorizar via SMS.</li> <li>• Interfaz de configuración Ethernet, USB, SD-card.</li> <li>• Conexión RS233 para dispositivos externos.</li> <li>• Alimentación 230Vac y batería de respaldo a 13Vdc.</li> <li>• Configuración mediante el software proporcionado y ejecutable bajo Windows XP/Vista.</li> </ul>		

## CÁLCULO Y LISTADO DE EQUIPOS

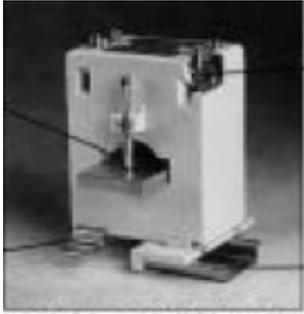
- BH8-CTRLX-230      2
  
- BH4-WBU-230      2
  
- BDG-WLS4      36
  
- SENSOR MSA1      8      (CL3)
  
- SENSOR MS1      28      (CL2)

## MEDICIONES DE RED PARA MONITORIZACIÓN

### *Referencia Bibliográfica [I21][I31]*

En este caso se eligen los equipos de CARLO GAVAZZI. Estos medidores de red son más sencillos y básicos que los de Schneider Electric pero para la aplicación que se les va a dar son suficientes y además es del mismo fabricante que los sensores de puertas y ventanas. Cada medidor de red será conectado mediante un transformador para su correcto funcionamiento. Estos transformadores de corriente proporcionan en el secundario una corriente (0-5 A) proporcional a la corriente medida en el primario para adaptar la corriente al equipo de medida. Hará falta también para cada medidor de red un conversor SERIE-TCP MOXA para acceder por la red Ethernet.

FABRICANTE	MODELO	
CARLO GAVAZZI	EM24 DIN	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contador y analizador de energía trifásico.</li> <li>• Acceso MODBUS RTU por interfaz RS485.</li> <li>• Selector de configuración.</li> <li>• Pequeño Display de datos.</li> <li>• Conexión directa de hasta 64A y mediante transformadores.</li> <li>• 3 entradas digitales.</li> <li>• Autoalimentación.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
SACI	100/5	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trafo trifásico 100/5A.</li> <li>• Montaje en carril DIN.</li> <li>• Autoalimentado.</li> </ul>		

FABRICANTE	MODELO	
MOXA	NPORT 5150	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz estándar que actúa como pasarela TCP/IP a serie RS485/422/232.</li> <li>• Proporciona la integración transparente de un dispositivo serie en una red ETHERNET.</li> <li>• Configurable mediante interfaz web o conexión telnet.</li> <li>• Robusto contra ruido electromagnético.(15KV ESD.)</li> <li>• Monitorización mediante SNMP.</li> <li>• Alimentación a 12Vdc.</li> </ul>		

Tendremos que monitorizar cada línea (equipos, clima, iluminación)de cada sala. Como la conexión con el analizador de red es RS485 tendremos la posibilidad de conectar varios analizadores al MOXA y mediante la petición MODBUS diferenciar cada analizador mediante el identificador propio de MODBUS. Luego dispondremos de un MOXA en cada sala en sus respectivos cuadros eléctricos.

## CÁLCULO Y LISTADO DE EQUIPOS

■ EM24 DIN	6
■ SACI 100/5	6
■ NPORT 5150	2

### POSIBILIDADES DE INTEGRACIÓN

Como se argumentó al comienzo de este apartado MODBUS es la forma que tenemos de garantizar la interoperabilidad de todas las subredes integrantes del sistema. Para justificar esta integración se comentará a continuación varias posibilidades que nos ofrece este protocolo para poder desarrollar una aplicación que monitorice todo el sistema. Sólo a modo de ejemplo y sin carácter contractual para la siguiente fase del proyecto dónde se analizarán con exhaustividad las posibilidades.

### ENTORNO JAVA

#### *Referencia Bibliográfica [I17]*

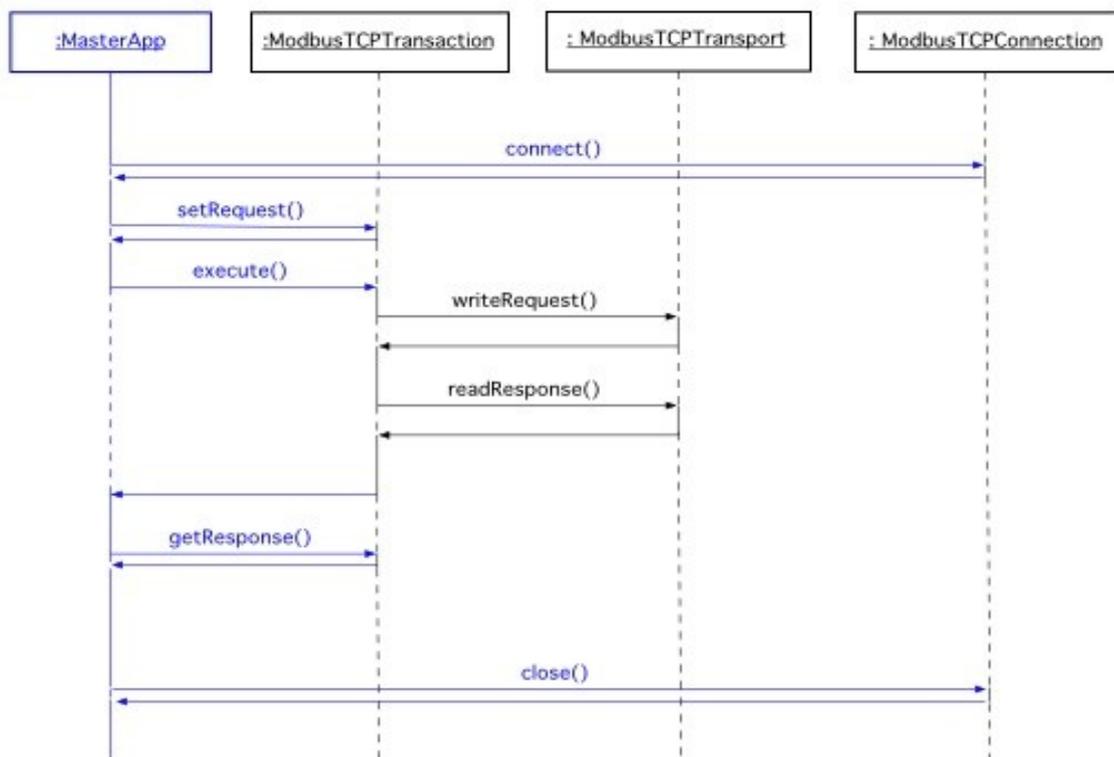
Es posible desarrollar un software en entorno JAVA para garantizar la operabilidad con indiferencia del SO de la máquina en que se ejecute. Además modbus al ser un estándar tan usado dispone de librerías Open Source en este lenguaje de programación con las que se agilizará mucho el desarrollo de la aplicación.

Ejemplo de una de estas librerías es JAMOD (<http://jamod.sourceforge.net/>) la cual proporciona un marco de desarrollo para las comunicaciones con dispositivos MODBUS mediante

JAVA. Al ser un proyecto Open Source y continuamente en mantenimiento y desarrollo garantiza su estabilidad.

JAMOD proporciona comunicación en las diferentes modalidades de MODBUS (ASCII, RTU, TCP/IP) y orientado tanto a simulación de esclavos como maestros. En nuestro caso necesitamos desarrollar un maestro MODBUS que mediante la red local Ethernet conecte con los diferentes esclavos que hemos proporcionado en el proyecto para poder acceder a cada una de las redes y así poder ejercer un control y una monitorización sobre ellas.

Con los diferentes métodos de proporciona JAMOD se establecerá las conexiones TCP y posteriormente las peticiones y lecturas de los registros de los esclavos:



*Ilustración 24: Comunicación Modbus*

Ejemplo de código donde se muestra una petición de lectura:

```
import java.net.*;
import java.io.*;
import net.wimpi.modbus.*;
import net.wimpi.modbus.msg.*;
import net.wimpi.modbus.io.*;
import net.wimpi.modbus.net.*;
import net.wimpi.modbus.util.*;

public class DITest {

    public static void main(String[] args) {
        try {
            ...
            ...
        } catch (Exception ex) {
            ex.printStackTrace();
        }
    } //main
} //class DITest
```

ESTRUCTURA PROGRAMA

```
/* The important instances of the classes mentioned before */
TCPMasterConnection con = null; //the connection
ModbusTCPTransaction trans = null; //the transaction
ReadInputDiscretesRequest req = null; //the request
ReadInputDiscretesResponse res = null; //the response

/* Variables for storing the parameters */
InetAddress addr = null; //the slave's address
int port = Modbus.DEFAULT_PORT;
int ref = 0; //the reference; offset where to start reading from
int count = 0; //the number of DI's to read
int repeat = 1; //a loop for repeating the transaction
```

DECLARACIÓN DE VARIABLES NECESARIAS

```
//1. Setup the parameters
if (args.length < 3) {
    System.exit(1);
} else {
    try {
        String astr = args[0];
        int idx = astr.indexOf(':');
        if (idx > 0) {
            port = Integer.parseInt(astr.substring(idx+1));
            astr = astr.substring(0,idx);
        }
        addr = InetAddress.getByName(astr);
        ref = Integer.decode(args[1]).intValue();
        count = Integer.decode(args[2]).intValue();
        if (args.length == 4) {
            repeat = Integer.parseInt(args[3]);
        }
    } catch (Exception ex) {
```

```

        ex.printStackTrace();
        System.exit(1);
    }
}

//2. Open the connection
con = new TCPMasterConnection(addr);
con.setPort(port);
con.connect();

//3. Prepare the request
req = new ReadInputDiscrettesRequest(ref, count);

//4. Prepare the transaction
trans = new ModbusTCPTransaction(con);
trans.setRequest(req);

//5. Execute the transaction repeat times
int k = 0;
do {
    trans.execute();
    res = (ReadInputDiscrettesResponse) trans.getResponse();
    System.out.println("Digital Inputs Status=" + res.getDiscrettes().toString());
    k++;
} while (k < repeat);

//6. Close the connection
con.close();

```

LECTURA DE DATOS

```

Fangorn:~/development/java/jamod wimpi$ java -Dnet.wimpi.modbus.debug=true \
-cp build/classes net.wimpi.modbus.cmd.DITest localhost:5555 0 4 3
Connected to localhost/127.0.0.1:5555
Request: 00 00 00 00 00 06 00 02 00 00 00 04
Response: 00 00 00 00 00 04 00 02 01 50
Digital Inputs Status=00001010
Response: 00 01 00 00 00 04 00 02 01 50
Digital Inputs Status=00001010
Response: 00 02 00 00 00 04 00 02 01 50
Digital Inputs Status=00001010

```

SALIDA POR CONSOLA

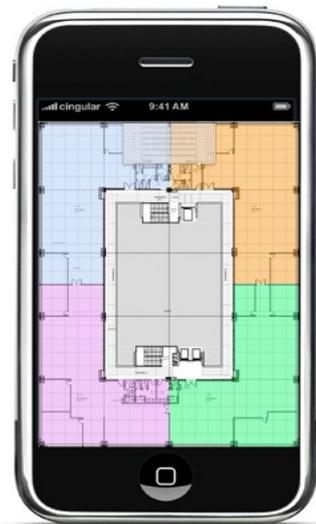
Así la aplicación puede gestionar la red haciendo peticiones de lectura para la monitorización en tiempo real de la red.

## INTERFAZ WEB Y DISPOSITIVOS PORTÁTILES

Además, aprovechando una aplicación como la anterior o desarrollando un núcleo más estable (por ejemplo basado en lenguaje c) se pueden gestionar los datos recibidos y transferidos

por MODBUS a una BBDD. Posteriormente podemos dotar de acceso remoto a esta BBDD alojada en el servidor mediante una interfaz web. De esta manera se puede tener acceso al sistema mediante acceso restringido desde cualquier emplazamiento.

Esta posibilidad no sólo se limita al control desde cualquier PC sino también desde equipos portátiles como PDAs o dispositivos de última generación de Apple como el iphone o el reciente ipad. En este último caso es posible mediante el entorno de desarrollo SDK de éstas aplicaciones desarrollar una aplicación que pueda establecer conexión con esa BBDD y generar una interfaz gráfica dónde se muestren los distintos elementos de la red.



*Ilustración 25:  
Integración en  
dispositivos portátiles.*