

# **KNX**

## **Conocimientos básicos**

## Sistemas de bus en general

**Los sistemas de bus inteligentes mejoran las características de una vivienda o edificio en aspectos como costes de servicio, seguridad, flexibilidad en el uso y eficiencia energética, y en especial el confort. El estándar KNX tiene una elevada cuota de mercado entre los sistemas de control de edificios.**

### Pasado, presente y futuro

Nuestro día a día y nuestro estilo de vida ha cambiado en pocas décadas. Accedemos al dinero mediante cajeros automáticos, compramos y vendemos productos y servicios a través de internet, usamos el teléfono móvil para llamar a cualquier parte del mundo y nos sorprendemos si un MMS o E-mail tarda más de 5 minutos en llegar a nuestro amigo en Estados Unidos. En el coche usamos un navegador GPS, y las puertas abrimos y bloqueamos con mando a distancia. La luz interior del coche se enciende automáticamente en cuanto subimos, y se apaga lentamente después de unos segundos. Resumiendo: el lema en comunicación, ocio y coche es “Bienvenido al futuro”. No obstante, si analizamos el estado de la técnica en nuestros edificios hay una imagen muy diferente. Aquí el lema, lamentablemente, suele ser “Regreso al pasado”. Habitualmente abrimos la puerta con una llave convencional. Si no la encontramos a tiempo, el temporizador de la luz de escalera nos castiga con oscuridad. Aunque estábamos todo el día trabajando fuera de casa, la calefacción ha mantenido la temperatura confort preestablecida. Pero no se ha dado cuenta que en el salón estaba abierta una ventana. Esto lo detecta sólo el contador de energía en la caja de distribución,



**Imagen 1.** ¿Casas inteligentes que se adaptan por sí solas a los requisitos de los inquilinos? Suena a ciencia ficción, pero ya es realidad. Viviendas inteligentes con dispositivos interconectados entre sí y que pueden ser regulados individualmente proporcionan un alto nivel de bienestar a los ocupantes.

sin dar señal alguna. Cuando nos marchamos un fin de semana largo, siempre es aconsejable reducir la temperatura de la caldera y desconectar todos los consumidores standby, pero ¿quién lo hace realmente? El esfuerzo correspondiente es demasiado grande.

### Deficiencias en la instalación eléctrica

Estos escenarios demuestran que las instalaciones eléctricas en la mayoría de los edificios existentes necesitan una adaptación. En los coches, los sistemas de red e intercomunicación son habituales desde muchos años. En los edificios, sin embargo, este cambio se produce muy lentamente. Especialmente debido a la larga vida útil de una instalación eléctrica es imprescindible un cambio de mentalidad, ya que los edificios y viviendas de nueva construcción deberán adaptarse en los próximos años a numerosos cambios. Flexibilidad e intercomunicación son hoy en día unas características obligadas. Desde el punto de vista técnico, todo ello ya es realizable (imagen 1).

### Más intercomunicación

La clave de un edificio “inteligente” es la instalación de sensores y actuadores intercomunicados entre sí. Para ello hay varias opciones.

#### Opción convencional

En un primer paso parece lógico ejecutar la instalación eléctrica con un cableado en forma de estrella. Es decir, todos las tomas de corriente, puntos de luz y demás elementos deben cablearse individualmente a un cuadro eléctrico centralizado, donde se establecen las funciones lógicas mediante un autómata programable con sus relés o contactores correspondientes. En viviendas pequeñas puede ser una solución aceptable. Pero en inmuebles más grandes se incrementa el cableado exponencialmente, y el tamaño del cuadro eléctrico resulta impracticable. Una ampliación de la instalación existente significa un enorme esfuerzo tanto en instalación como en programación.

### Tecnología de bus

Una solución mucho más adecuada consiste en interconectar todos los sensores y actuadores mediante un “cable de comunicación”, que debe tener la capacidad de intercambiar información entre los elementos conectados (imagen 2). De esta forma, cada dispositivo puede comunicarse con cualquier otro: el interruptor de luz “habla” con el dimmer de la luminaria y le indica a qué luminosidad hay que regular. El detector de presencia informa al actuador de la luz que se encuentra una persona en el pasillo, y al termostato del salón que ahí ya no hay nadie y que puede reducir la temperatura.

Ejemplos de sensores que envían información al bus son:

- Interruptores de luz
- Teclados de regulación de luz
- Detectores de movimiento
- Detectores de presencia (detectan incluso sin movimiento si hay presencia de personas)
- Contactos de ventanas y puertas (aplicaciones de seguridad, control de climatización)
- Timbre de la puerta de entrada
- Contadores de consumo de agua, gas, electricidad y calor
- Sensores de sobretensión
- Sensores de temperatura ambiente, interior y exterior
- Sensores de temperatura en circuitos de agua caliente y calefacción
- Módulos para prefijar la temperatura de consigna en las habitaciones
- Sensores de luminosidad interior y exterior, p.ej. para una regulación de luz constante
- Sensores de viento para control de persianas y toldos
- Indicadores de estado o fallo en aparatos de línea blanca (p.ej. lavadora, secadora, lavavajilla, horno, etc.)

- Sensores de fuga (p.ej. de gas o de agua en lavaderos)
  - Sensores de nivel (p.ej. en depósitos de gasoil, depósitos de agua pluvial o cantidad de pellets)
  - Receptor de radiofrecuencia en cierre de puertas
  - Receptor de infrarrojos de mandos a distancia
  - Lectores de huellas dactilares o tarjetas electrónicas para control de acceso
- Ejemplos de actuadores que pueden regularse a través del bus son:
- Relés para conmutar la luz
  - Dimmer, pasarelas DALI
  - Válvulas eléctricas de radiadores
  - Displays de temperatura
  - Accionamientos de persianas, cortinas, toldos, puertas
- Autómata programable con interfaz KNX
  - Regulador de luz constante
  - Mensajes de alarmas y peligros
  - Centralitas telefónicas con interfaz de bus
  - Control y regulación de medios
  - Control y regulación de calefacción
  - Control y regulación de bombas
  - Simulación de presencia
  - Display como sistema de visualización e interfaz de usuario
  - Módulos para interconectar bus y teléfono
  - Envío automatizado de SMS en caso de alarmas
  - Acceso remoto a los datos del edificio a través de internet o teléfono

Ejemplos de actuadores que pueden regularse a través del bus son:

- Relés para conmutar la luz
- Dimmer, pasarelas DALI
- Válvulas eléctricas de radiadores
- Displays de temperatura
- Accionamientos de persianas, cortinas, toldos, puertas de garajes, etc.
- Accionamientos de ventanas
- Bombas de calor para calefacción
- Sistemas de control de válvulas, p.ej. para sistemas fotovoltaicos
- Alarmas (visuales y/o acústicas)
- Pantallas de visualización, LEDs informativos
- Relés para accionar tomas de corriente (desconexión stand-by)
- Bombas de pozos
- Bombas de climatización
- Sistemas de ventilación (ventiladores en baños, ventilación controlada de habitaciones)
- Control de electrodomésticos (lavadora, secadora, lavavajilla, etc.)
- Electrónica de ocio y entretenimiento
- Intercomunicadores con sistemas de alarmas
- Centralita telefónica
- Sistemas de apertura y cierre de puertas

Ejemplos para módulos de función (como módulos independientes o integrados en dispositivos) son:

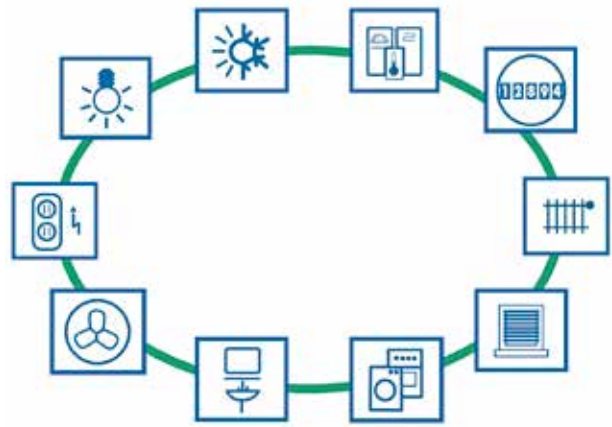
- Regulador de temperatura de habitación
- Funciones temporizadas
- Módulos lógicos, libremente programables

- Autómata programable con interfaz KNX
- Regulador de luz constante
- Mensajes de alarmas y peligros
- Centralitas telefónicas con interfaz de bus
- Control y regulación de medios
- Control y regulación de calefacción
- Control y regulación de bombas
- Simulación de presencia
- Display como sistema de visualización e interfaz de usuario
- Módulos para interconectar bus y teléfono
- Envío automatizado de SMS en caso de alarmas
- Acceso remoto a los datos del edificio a través de internet o teléfono

## ¿Por qué KNX?

Existen varias tecnologías de bus en el mercado, y cada una tiene su justificación y ventajas para ciertas aplicaciones. Pero no hay ningún otro sistema de bus como CAN que es utilizado por tantos fabricantes diferentes. Los motivos son:

- Todos los fabricantes líderes que se dedican a la automatización de edificios fomentan el estándar KNX.
- KNX es un sistema que se ha desarrollado específicamente para el control y la automatización de viviendas y edificios.
- La instalación así como la programación o parametrización de los dispositivos se realiza por instaladores e integradores cualificados.
- KNX es un sistema bien establecido, con una enorme cantidad de funcionalidades.
- Varios miles de familias de productos cubren todas las aplicaciones pensables.
- Laboratorios de ensayo externos verifican la conformidad de los dispositivos KNX.
- Los dispositivos KNX certificados son interoperables entre sí con independencia del fabricante.
- Los clientes finales tienen a su disposición una amplia red de profesionales especializados en KNX. La cua-



**Imagen 2.** Todos los sensores y actuadores están conectados a través de un cable bus. El sistema completo es denominado “sistema bus”.

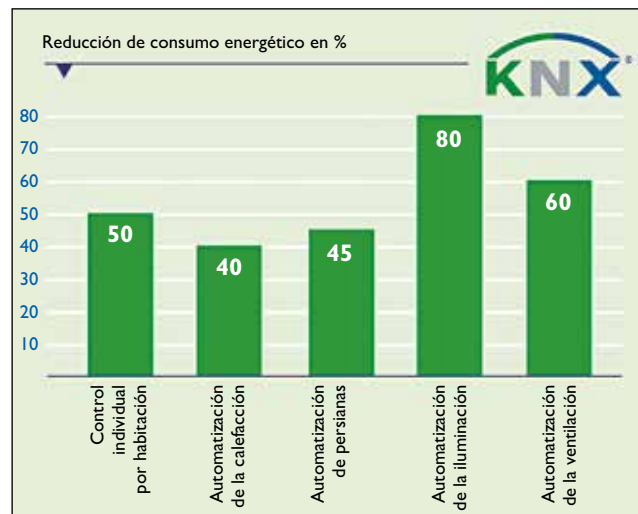
lificación de éstos es asegurada por centros de formación homologados.

- La herramienta de software ETS permite diseñar, programar y poner en marcha todos los dispositivos KNX certificados de todos los fabricantes.
- KNX soporta todos los medios de comunicación: TP (bus dedicado mediante par trenzado), PL (uso de la línea de fuerza existente), RF (radiofrecuencia), así como IP/Ethernet/Wlan.
- KNX es un estándar reconocido a nivel internacional y europeo, así como nacional en muchos países como p.ej. Estados Unidos o China: CENELEC EN 50090 (Europa), CEN 13321-1/2 (Europa), ISO/IEC 14543-3 (Inter-

nacional), GB/T 20965 (China), ANSI/ASHRAE 135 (Estados Unidos). Más de 350 miembros en casi 40 países fabrican productos conformes al estándar KNX. Gracias a esta estandarización, los productos son compatibles entre sí, lo que facilita modificaciones o ampliaciones futuras.

## ¿Es rentable una instalación de bus?

Es una de las primeras preguntas que tienen tanto los usuarios del inmueble así como los instaladores e integradores cuando se enfrentan a una instalación con bus. Como en tantas otras cuestiones, la respuesta es: ¡Depende! Si se compara una instalación clásica con una instalación con



**Imagen 3.** El estudio “Potencial de ahorro de energía por sistemas de instalación modernos”, realizado por el Instituto para Sistemas de Automatización de Edificios de la Universidad de Biberach, demuestran que un sistema bus basado en KNX puede alcanzar un ahorro global superior al 50 %.

bus, esta última es más cara a primera vista. Pero a segunda vista, esa pregunta ya no se plantea.

Se deben tener en cuenta las ventajas a lo largo de toda la vida útil de la instalación. Dependiendo del tipo de edificio o vivienda, los siguientes argumentos pueden ser decisivos para inclinarse por un sistema bus:

- Si el usuario requiere una gran cantidad de funcionalidades, la instalación con bus es más sencilla y rentable en comparación con una instalación convencional.
- Si el usuario requiere una gran cantidad de funcionalidades, un sistema bus tendrá también una menor complejidad que una instalación tradicional.
- Ahorro energético continuado, y en consecuencia reducción de los gastos operativos.
- Aumento del confort y bienestar.
- Facilidades para personas mayores, viviendas asistidas.
- Instalación flexible y a prueba de futuro.
- Seguridad (simulación de presencia, alarmas en caso de intrusos, alarma de riesgo de descongelación del arcón congelador, pulsador de pánico conectado al teléfono, detección de fugas, etc.).

Las instalaciones eléctricas están cambiando. Es hora de explicar al usuario final las ventajas de una instalación KNX a prueba de futuro, y que sea él quien decida si los ahorros y la reducción de gastos justifican una inversión inicial mayor. En edificios terciarios, como por ejemplo escuelas, centros de convenciones, edificios de oficinas, despachos de cancelería, hoteles, hospitales o naves de producción, el uso de sistemas KNX ya es habitual. En estos casos, incluso la propia instalación resulta ser más rentable que el cableado clásico y convencional. La tecnología bus tiene todas las ventajas (imagen 3).

## El sistema de bus KNX

**Para reducir los costes operativos de una vivienda o edificio y al mismo tiempo aumentar la seguridad, facilidad de uso y confort, los sistemas de bus inteligentes son imprescindibles. El estándar KNX, con una muy elevada cuota de mercado, ha demostrado durante más de 25 años su fiabilidad..**

### ¿Por qué se llama este sistema KNX?

El sistema KNX se llamaba originalmente “Bus Europeo de Instalación” (EIB en sus siglas en alemán). Se trataba de un sistema desarrollado y comercializado por la Asociación EIB (EIBA). En 1999 se fusionaron EIBA, el Batibus Club International (BCI, Francia) y la European Home Systems Association (EHSA, Holanda). Fruto de esta fusión se definió el nuevo nombre KNX, y se estableció la sede de la KNX Association en Bruselas. La tecnología de los actuales dispositivos KNX es compatible con el sistema antiguo EIB, es decir, todos los dispositivos con un logo EIB o KNX son compatibles entre sí.

### ¿Qué es el sistema KNX?

KNX es un sistema de bus desarrollado para el control y la automatización de viviendas y edificios. Todos los dispositivos usan el mismo medio de comunicación y pueden intercambiar información a través del bus común. Ello tiene dos consecuencias:

- El acceso al bus debe estar regulado de forma inequívoco (procedimiento de acceso al bus).
- La mayoría de datos transmitidos no son datos “útiles” (p.ej. apagar o encender la luz), pero datos de dirección (quién envía la información y a quién está dirigida).

Otro aspecto importante del sistema KNX es su topología descentralizada. No se requiere de ninguna unidad central. La “inteligencia” del sistema está distribuida por todos los dispositivos. No obstante, unidades centrales no están excluidas. En caso necesario, p.ej. para aplicaciones muy específicas, es posible añadir opcionalmente unidades centrales. Cada dispositivo, es decir, participante en el bus, dispone de su propio microprocesador. La gran ventaja de esta descentralización es que si un dispositivo falla, el resto de la instalación sigue funcionando. Sólo queda afectada aquella aplicación con el dispositivo dañado. Además de los dispositivos de sistema (fuente de alimentación, interfaz de programación, acopladores, etc.) se distinguen en KNX dos tipos de dispositivos: sensores y actuadores. Sensores son elementos que detectan acciones en el edificio (pulsación de una tecla, movimiento, cambios de temperatura, etc.) y las convierten en telegramas para poder enviarlas al bus (paquetes de datos). Aquellos elementos que reciben los telegramas y convierten las órdenes ahí contenidas en acciones se denominan actuadores. Los sensores representan los emisores de órdenes, mientras que los actuadores son los receptores y ejecutores de dichas órdenes (imagen 4).

### ¿Qué extensión puede alcanzar el sistema?

Debido a la topología descentralizada se puede adaptar la extensión del sistema exactamente a las necesidades de cada proyecto, pero puede ser ampliado y/o modificado con posterioridad. La aplicación mínima sería un sistema con dos participantes en el bus, conectando un sensor con un actuador. Al ampliar el proyecto se añade aquella cantidad de participantes que es necesaria para cubrir las funcionalidades deseadas. Teóricamente puede tener un sistema KNX más de 50.000 participantes. La ampliación de una instalación debe seguir las pautas de una topología determinada.

### ¿Qué medios de comunicación existen?

El sistema KNX utiliza múltiples medios de comunicación (y en consecuencia también procedimientos de comunicación) para el intercambio de información entre los participantes del bus:

- Transmisión a través de un par de hilos trenzados (bus): KNX Twisted Pair (KNX TP).
- Transmisión a través de la línea de fuerza 230 V existente: KNX Powerline (KNX PL).
- Transmisión inalámbrica: KNX Radio Frequency (KNX RF).
- Transmisión mediante mensajes IP: (KNX IP).

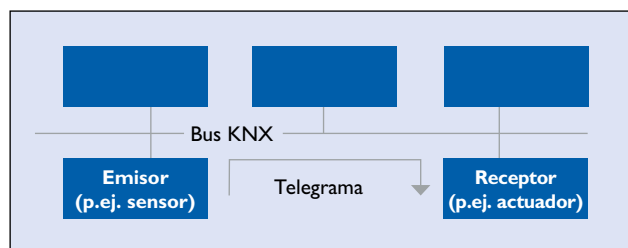


Imagen 4. Principio sensor/actuador.



## Medios de comunicación KNX

**Los sistemas bus deben ser amigables y de fácil instalación y ampliación. La amplia gama de medios de comunicación ofrecida por KNX satisface todas las necesidades y posibilita una instalación incluso en el rincón más remoto de un edificio.**

### Par trenzado KNX (TP)

El par de hilos trenzado (Twisted Pair, TP) es con creces el medio de comunicación más usado en instalaciones KNX. Todos los participantes están conectados entre sí mediante el bus. El cable tiene un coste bajo, y su instalación es sencilla.

### Fuente de alimentación

En el caso de KNX TP proporciona el cable bus a todos los participantes tanto la alimentación de tensión necesaria así como los datos. La tensión nominal del sistema bus es de 24 V. Las fuentes de alimentación inyectan al bus una tensión de 30 V. Los participantes funcionan correctamente con una tensión entre 21 V y 30 V, es decir, hay un margen de tolerancia de 9 V para absorber posibles caídas de tensión en el cable o debido a resistencias en los puntos de conexión. En los participantes debe separarse, como primer paso, la tensión continua para la alimentación de la tensión alterna con la información. Un condensador produce la tensión continua para la alimentación, un transformador desacopla la tensión alterna con la información. Otra función del transformador es, en el caso de participantes que emiten datos, superponer la tensión con información a la tensión del bus.

### Velocidad de datos y formatos de señal

La velocidad de transmisión asciende a 9.600 Bit/s. La información se transmite en Bytes de

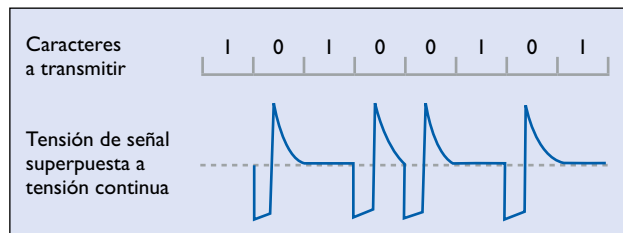


Imagen 5. Formato de señal en KNX TP.

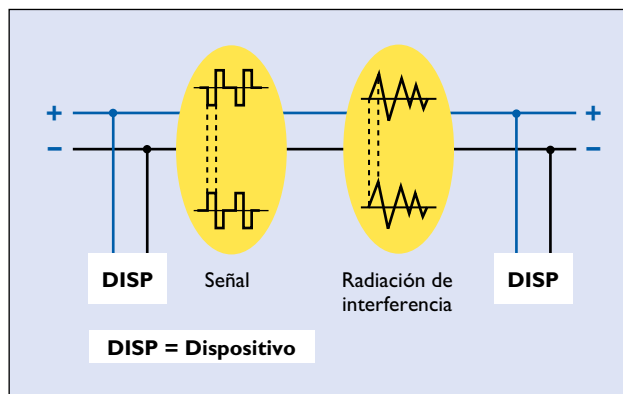


Imagen 6. Transferencia de datos simétrica.



Imagen 7. Estructura de telegrama en KNX TP.

forma serial usando el procedimiento de transmisión de datos asíncrona. En caso de transmitir un cero lógico, la tensión disminuye brevemente, y en máximo 104 microsegundos vuelve a subir y nivelarse en la tensión del principio. Ello es debido al efecto inductivo de la bobina de la fuente de alimentación. La transmisión de un uno lógico corresponde al estado inactivo del bus (imagen 5). Una característica importante de la transmisión KNX TP es el acoplamiento simétrico de las señales al bus, es decir, no hay un punto de referencia fijo del bus hacia tierra. Ello se denomina una transmisión simétrica libre de tierra. Un receptor no regis-

tra la tensión de cada conductor individual de bus hacia tierra (como lo es p.ej. en un interfaz USB), pero sí evalúa un cambio en la diferencia de tensión entre ambos conductores (imagen 6). Sin ningún hardware significativo adicional se obtiene una resistencia a interferencias muy elevada, ya que la interferencia se acopla a ambos conductores de forma igual y se compensa (diferencial). El emisor genera la tensión alterna que corresponde a un cero lógico enviando sólo una media onda, reduciendo la tensión existente en el par de conductores del bus unos 5 V. Después de aproximadamente la mitad de un período de Bit se elimina esa re-

ducción. El resto del sistema (cable bus, transformadores y condensadores de todos los participantes, y – muy importante – la inductancia de la fuente de alimentación) generan una onda de compensación positiva (circuito resonante).

### Estructura del telegrama

El intercambio de información se realiza mediante los llamados telegramas. Un telegrama consiste de una serie de caracteres, siendo un carácter una combinación de 8 ceros y unos, es decir 8 Bit o 1 Byte. Habitualmente se unen varios caracteres en un campo. Los telegramas KNX TP se componen de 4 campos (imagen 7):

- En el campo de control se define la prioridad del telegrama, así como si se ha repetido el telegrama o no (en caso que el receptor no responda).
- En el campo de dirección se define la dirección física del emisor así como la dirección del destinatario (dirección física o dirección de grupo).
- El campo de datos contiene los datos útiles propiamente dicho y puede tener una longitud de hasta 16 Byte.
- El campo de comprobación sirve para verificar la paridad.

### Procedimiento de acceso al bus

El bus KNX usa un acceso denominado aleatorio dependiendo de sucesos. Un telegrama sólo puede ser transmitido si no hay ninguna otra transmisión en ese momento. Para evitar colisiones durante la transmisión, la prioridad se regula según el procedimiento CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) (imagen 9).

Cada participante emisor escucha Bit por Bit el tráfico de datos existente en el bus. Si se

da la casualidad que dos emisores envían su telegrama simultáneamente sucederá en un momento dado, como muy tarde al enviar el campo de dirección, que un emisor envía un cero y el otro un uno. Aquel emisor que quiere enviar el 1 detecta que hay otro emisor que está enviando un cero, lo que llevaría a una colisión. En consecuencia aborta la transmisión, dando prioridad al otro emisor. Una vez finalizada la transmisión prioritaria, la transmisión abortada reinicia el envío. En el campo de control es posible definir un nivel de prioridad, lo que permite al integrador fijar qué telegramas tienen preferencia sobre otros. En el caso de una colisión de dos telegramas con la misma prioridad se sigue lo indicado arriba (un cero tiene prioridad sobre un uno).

### Conexión de dispositivos bus

Los dispositivos se conectan al cable bus mediante los llamados terminales bus. Se trata de terminales enchufables donde pueden conectarse hasta 4 cables KNX. Los terminales bus permiten desconectar un dispositivo sin interrumpir la línea, lo que representa una de las grandes ventajas del sistema KNX: si se desconecta un dispositivo, todos los demás pueden proseguir con el intercambio de información (imagen 8).

### Powerline KNX (PL)

El uso de la red de fuerza (230 V) existente en un edificio para la transmisión de datos representa un medio de comunicación rentable, sobre todo para instalaciones nuevas en casos de rehabilitación, y también para ampliar una instalación KNX existente. Para KNX PL no se requiere ningún cable de bus específico, se utiliza una de las tres fases más el neutro para la transmisión. Las señales de información son superpuestas a la tensión de la red.

### Fuente de alimentación

En KNX PL no se necesita ninguna fuente de alimentación, los dispositivos KNX son ali-

mentados directamente desde la red 230 V. Acopladores de fases aseguran que pueden usarse las tres fases, mientras que filtros de banda evitan que las señales se propagan por toda la red de fuerza del edificio e incluso a la red externa. En vez de acopladores de fases también es posible el uso de acopladores de sistema.

### Velocidad de datos y formatos de señal

La velocidad de transmisión en KNX PL asciende a 1.200 Bit/s. Los ceros y unos lógicos se transmiten con el llamado método "codificación de la modulación de frecuencias por transferencia" (SFSK = Spread Frequency Shift Keying). Una señal con la frecuencia de 105,6 kHz generada por el emisor corresponde a un cero lógico, mientras que una señal de 115,2 kHz corresponde a un uno lógico (imagen 10). Estas señales son superpuestas a la tensión de red (230 V/50 Hz). Gracias a técnicas de comparación y un procedimiento de corrección inteligente es posible detectar las señales, incluso en presencia de interferencias. La frecuencia media entre ambas señales es 110 kHz, por lo que se conoce este medio de transmisión también como PL110. Los niveles de transmisión de las señales superpuestas es frecuentemente igual al nivel de ruido habitual que existe en las redes altamente contaminadas de hoy en día. En consecuencia, éstos pueden ser detectados sólo mediante métodos de procesamiento digital, en los cuales se adapta constantemente la potencia de transmisión y la sensibilidad de recepción de los dispositivos a las condiciones de la red.

### Estructura de telegrama

Los telegramas KNX PL son, en principio, telegramas KNX TP ampliados. Los telegramas KNX PL se componen de 4 campos (imagen 11):

- El campo de ensayo sirve para la sincronización y el ajuste de niveles entre emisor y receptor.

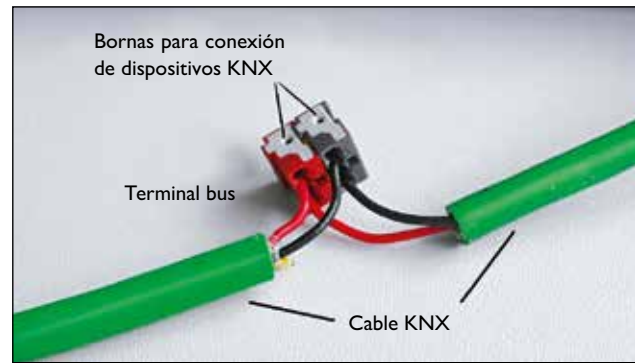


Imagen 8. Terminal de bus con cable de bus entrante y saliente.

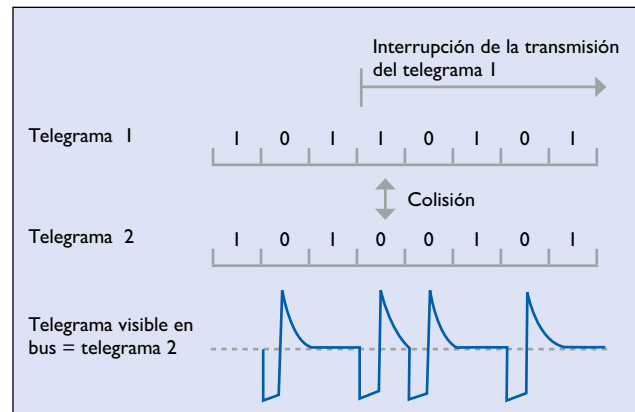


Imagen 9. Prevención de colisión en KNX TP.

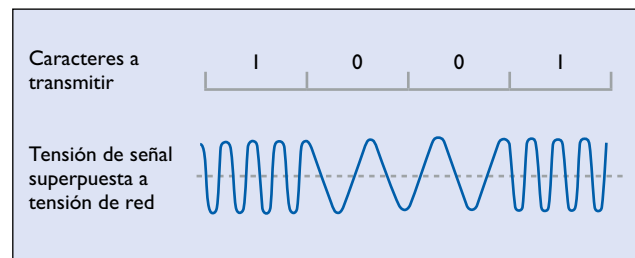


Imagen 10. Formato de señal en KNX PL.

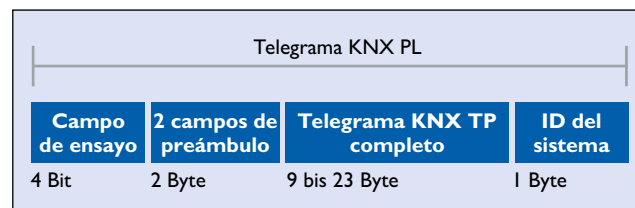


Imagen 11. Estructura de telegrama en KNX PL.

- Los campos de preámbulo indican el inicio de la transmisión y regulan el acceso al bus. También se usan para evitar colisiones de telegramas.
- El tercer campo contiene el telegrama KNX TP completo, tal como se explicó más arriba.
- El campo del ID del sistema contiene un identificador que sirve para mantener las señales de diferentes instalaciones KNX PL separadas, lo que asegura que sólo dispositivos con el mismo ID pueden comunicarse entre sí.

### Procedimiento de acceso al bus

Al igual que en KNX TP se requiere también en KNX PL un procedimiento de acceso al bus para evitar colisiones de telegramas. Ello sólo es posible el envío de los telegramas en tiempos deferidos. Todos los dispositivos conectados a la línea se encuentran por defecto en el estado de receptor. Sólo si se dan una serie de condicionantes pueden pasar al modo emisor. Si un dispositivo detecta una combinación de Bits de un preámbulo significa que el bus está ocupado por otro dispositivo. Aquí es posible diferenciar entre “Bus ocupado” y “Bus bloqueado”. En el caso de “Bus ocupado” se interrumpe el intento de transmisión y se reinicia en un momento posterior. Ese momento es determinado de forma aleatoria de entre 7 posibles tiempos. Este método reduce la posibilidad de colisiones drásticamente.

### Conexión de dispositivos bus

La conexión de los dispositivos bus se realiza directamente a la red 230 V.

### Radiofrecuencia KNX (RF)

La transmisión por radiofrecuencia es idónea cuando el tendido de un bus o cable es difícil o incluso imposible (p.ej. en ubicaciones remotas o edificios de gran valor arquitectónico). KNX RF también es ideal para ampliaciones de instalaciones KNX TP. Teóricamente es posible ejecutar toda una instalación completa mediante KNX RF, sin embargo es poco probable en la práctica.

### Fuente de alimentación

Para poder ubicar los sensores KNX RF independientes de la red 230 V, éstos son alimentados habitualmente mediante una batería. Ello sólo es posible si los dispositivos no deben estar permanentemente en estado de emisor. Para ello se ha definido en KNX un modelo de dispositivo unidirec-

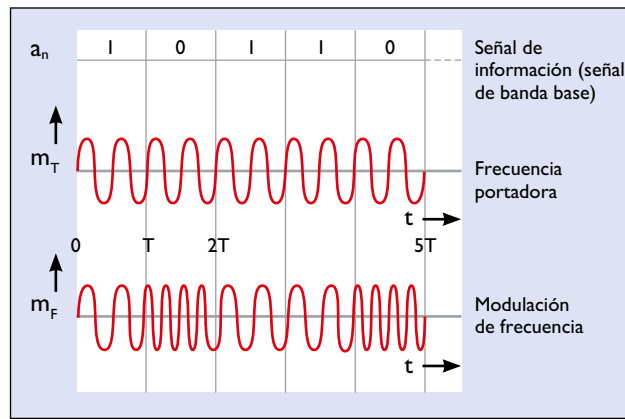


Imagen 12. Modulación de frecuencia y señal en KNX RF.

cional que emite señales sólo cuando es necesario y que no contiene la función de receptor. Por el contrario, los actuadores deben estar permanentemente listos para recibir señales y deben ser, por lo tanto, bidireccionales. La alimentación se realiza normalmente a través de la red 230 V. En KNX, todos los receptores deben ser capaces de emitir. La enorme potencialidad del sistema KNX se comprueba teniendo en cuenta la totalidad del sistema.

### Velocidad de datos y formatos de señal

La técnica de radiofrecuencia se basa en la modulación de una onda de señal sobre una onda portadora. Ello es posible a través de la amplitud (modulación de amplitud), la frecuencia (modulación de frecuencia), fase (modulación de fase) o de una combinación de éstos. La señal modulada es transmitida a los receptores y desmodulada por éstos, es decir, la información es recuperada. KNX RF usa el método de modulación de frecuencia (imagen 12). Los estados lógicos uno y cero son generados mediante una ligera variación de la onda portadora, también conocida como frecuencia media.

La correcta elección de la frecuencia media es esencial para la calidad de la transmisión. Existen dos versiones de KNX RF, compatibles hacia arriba: KNX RF Ready y KNX RF Multi.

La frecuencia media en KNX RF Ready es de 868,3 MHz y sólo se dispone de un canal de comunicación. No obstante, transmisiones por radiofrecuencia con un solo canal son vulnerables a interferencias provenientes de otros sistemas no-KNX en la misma banda o adyacentes con diferentes procedimientos de acceso al medio.

KNX RF Multi soluciona estas interferencias mediante dispositivos que pueden conmutar de un canal ocupado (p.ej. F1 que es idéntico al usado en KNX RF Ready) a otro canal de radiofrecuencia, es decir idóneamente a dos canales rápidos (F2 y F3) o dos canales lentos (S1 y S2). Los canales rápidos están pensados para aplicaciones operados por el usuario, como p.ej. encender o apagar la luz, subir o bajar la temperatura, etc. Los canales lentos están pensados para dispositivos que necesitan estar permanentemente en modo receptor, como p.ej. la regulación de sistemas HVAC. Canales rápidos tienen un ratio de datos de 16.384 kbps, los lentos la mitad de este valor. Mientras que para los canales F1 y F2 el ratio de transferencia de datos (duty cycle) puede ser sólo 1 % o 0,1 % con un máximo de 25 mW, para canales F3 y S1 puede ser incrementado hasta el 100 % con un máximo de 5 mW (pero con 25 mW también sólo 1 %). El ratio de transferencia de datos para el canal S2 está limitado al 10 % con un máximo de 25 mW.

A pesar que los dispositivos siempre tienen capacidad de enviar telegramas, son conmutados al modo “sleep” para reducir su consumo hasta un 80 % para canales rápidos y hasta un 99 % para canales lentos, siendo “despertados” sólo periódicamente para recibir telegramas.

Para asegurar compatibilidad entre dispositivos mono-canal y multi-canal se ha desarrollado un esquema de compatibilidad, lo que significa que los nuevos dispositivos mono-canal deben usar ahora preámbulos más largos. Los dispositivos multi-canal deben ser capaces de trabajar también en modo mono-canal.

En KNX RF Multi también es posible verificar que el telegrama se ha recibido correctamente. Un acuse de recibo directo rápido (Fast IACK) se puede obtener de 64 receptores individuales. Si no se recibe el Fast IACK se repite la transmisión del telegrama automáticamente.

En instalaciones de mayor envergadura pueden usarse retransmisores para enviar telegramas a instalaciones distantes. Para enlazar un sistema KNX RF con un sistema KNX TP se usan acopladores de medios.

### Estructura de telegrama

Al igual que en los demás medios de comunicación KNX, en KNX RF se envían los datos útiles mediante telegramas multicast. Ello significa que un telegrama puede ser leído por varios receptores simultáneamente, p.ej. para encender varios puntos de luz a la vez. Los telegramas KNX RF están formados por varios bloques de datos separados por varios campos de comprobación (checksum, ver imagen 13). Los bloques de datos contienen los datos útiles propiamente dicho, así como información específica del bus que se requieren para el direccionamiento. El primer bloque de datos consta de 3 campos (ima-

gen 14): el primero, el campo de control, contiene información acerca de la longitud del telegrama, la calidad de la transmisión (rendimiento), el estado de la batería de los dispositivos operados con batería, y si se trata de un dispositivo unidireccional. El segundo campo contiene o bien el número de serie KNX, o bien la dirección de dominio. El número de serie es asignado por el fabricante y no puede ser modificado. Durante la puesta en marcha se evalúa en modo "E" (Easy) el número de serie del receptor junto a la dirección fuente del emisor. En el caso de los dispositivos KNX RF modo "S" (System) se asigna la dirección de dominio mediante el ETS (a partir de la versión 5) y separa instalaciones KNX RF adyacentes. El tercer campo, el campo de seguridad, sirve al receptor para confirmar que el telegrama se ha recibido correctamente.

El tercer bloque de datos consta, además de otros campos de control y seguridad, de campos que contienen la dirección fuente indi-

vidual (dirección física), la dirección destino, así como la información útil. Dependiendo de la longitud de la información puede ser necesario enviar otros bloques de datos.

### Procedimiento de acceso al bus

Los dispositivos unidireccionales envían telegramas sólo cuando sea necesario. Debido al muy reducido ratio de transferencia (duty cycle = duración de un pulso en relación a un período completo) de 1 % es prácticamente imposible que existan colisiones de telegramas, incluso en KNX RF Ready. Los dispositivos bidireccionales comprueban el tráfico en el canal antes de enviar un telegrama. Si el canal está ocupado espera hasta que esté libre. Como ya se ha mencionado más arriba, los emisores pueden pedir en KNX RF Multy un acuse de recibo del telegrama.

### Conexión de dispositivos bus

Los dispositivos KNX RF se ofrecen para montaje empotrado, en superficie o en caja. Los dispositivos para montaje

empotrado son habitualmente elementos para encender, apagar o regular la luz o para accionar persianas, a los cuales se conectan las teclas de accionamiento. Los componentes para la comunicación por radio pueden estar integrados en las teclas, o bien en los dispositivos empotrados. En la variante montaje en superficie o en caja existen diferentes sensores, actuadores o combinaciones de éstos que pueden montarse o adherirse en cualquier lugar y superficie.

### KNX IP

Ethernet es una red de comunicación abierta (independiente de cualquier fabricante) de altas prestaciones regulada según Norma IEEE 802.3. Ethernet se usa como red local, sobre todo en conjunto con internet. En los mercados mundiales existen varias estructuras de diferentes redes. El estándar Ethernet define las áreas físicas (las llamadas capas), es decir, se regula entre otros aspectos:

- El formato de las señales en el bus.
- Qué tipos de cables deben usarse.

- La configuración de los terminales del cable.
- Cómo deben acceder los diferentes participantes al sistema común.
- Cómo deben representarse los caracteres.
- Qué métodos de seguridad deben usarse para los bloques de datos.

No obstante, en la práctica no son suficientes estas definiciones para el envío de datos entre dos dispositivos. Deben definirse numerosos detalles sobre el protocolo usado, ello es especialmente importante en redes de gran envergadura como p.ej. internet. Para que ordenadores puedan comunicarse entre sí se requieren protocolos. TCP/IP es un grupo de protocolos o reglas (familia de protocolos) introducido en 1984 y muy usado hoy en día. A pesar que TCP/IP se menciona siempre junto, se trata en realidad de dos protocolos: TCP (= Transmission Control Protocol) e IP (= Internet Protocol). Para ser más exactos aún hay que mencionar un tercer protocolo igual de importante: UDP (= User Datagram Protocol). El protocolo base, IP, asegura

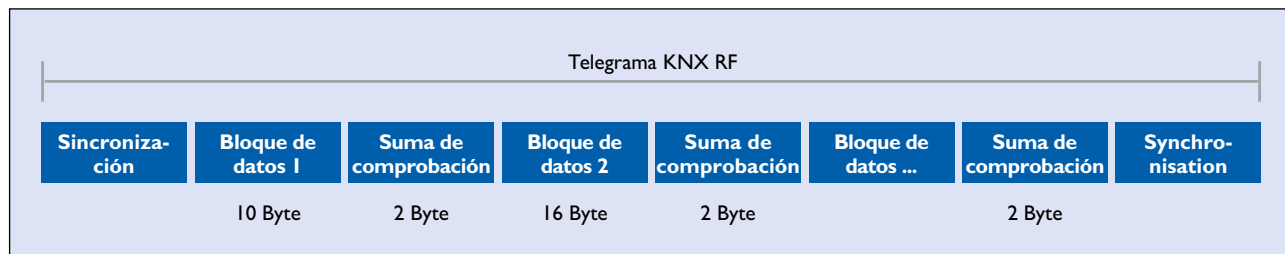


Imagen 13. Estructura de telegrama en KNX RF.

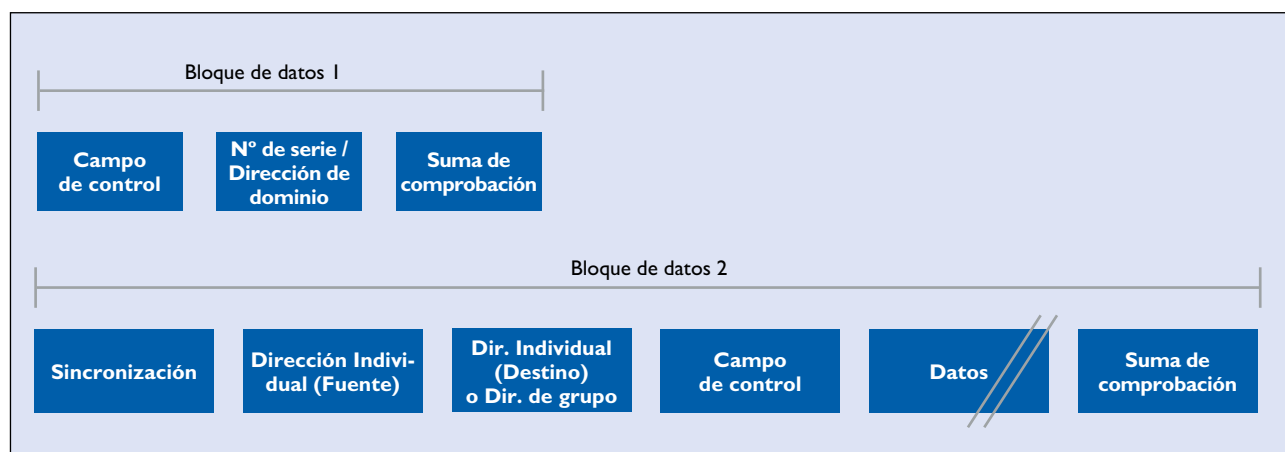


Imagen 14. Bloques de datos en telegramas KNX RF.



que todos los paquetes de datos son enviados de un participante a otro, y todo ellos a través de rutas optimizadas. Para ello se requieren las llamadas direcciones IP. El protocolo TCP que se basa en el protocolo IP se usa para una gran cantidad de aplicaciones en la red, como p.ej. el envío de e-mails o surfear en internet. TCP establece una conexión permanente y segura y garantiza que los paquetes de datos son enviados en el orden correcto y reconstruidos por el receptor (protocolo orientado a conexión). El protocolo UDP usa para aquellas aplicaciones en las que una pérdida ocasional de paquetes de datos es tolerable, p.ej. en transmisión de video o audio. Se trata de una conexión sin verificación de errores, y los paquetes de datos se entregan de forma incontrolada (protocolo sin conexión). UDP es, en comparación con TCP, mucho más simple y rápido. En ciertas aplicaciones como p.ej. la transmisión de voz o video sería incluso contraproducente repetir (p.ej. un segundo más tarde) el envío de un paquete de datos perdido. El protocolo UDP se usa frecuentemente en sistemas de automatización de edificios.

Enlazar KNX con Ethernet tiene las siguientes ventajas:

- La infraestructura de red existente en un edificio puede usarse para la línea principal y el backbone de KNX (más rápido, más económico, más confortable).
- Es posible monitorizar y controlar el edificio a través de Ethernet desde cualquier parte del mundo.
- Varios edificios descentralizados pueden ser controlados desde un lugar central.
- El integrador tiene la posibilidad de programar, analizar y/o mantener una instalación KNX de forma remota.

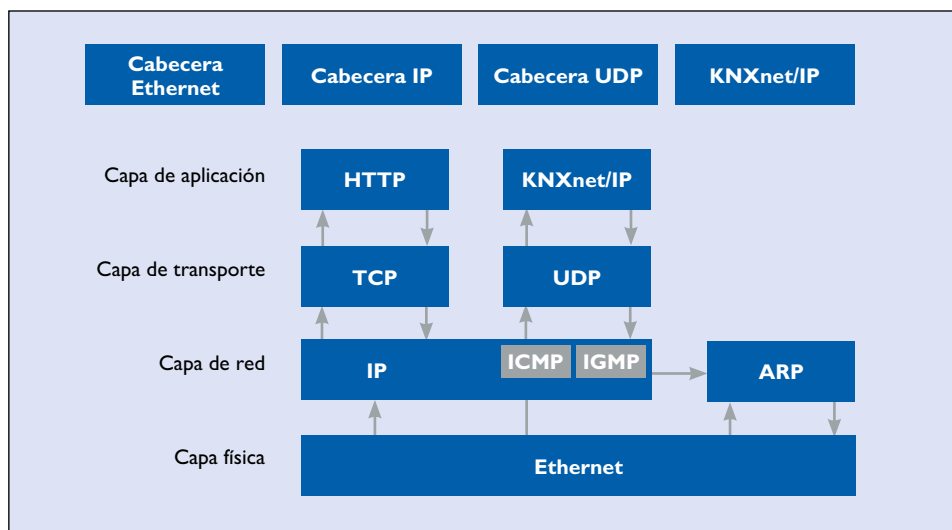


Imagen 15. KNXnet/IP en el modelo de referencia OSI.

### Protocolo

El sistema KNX usa métodos de comunicación de Ethernet: tunneling y routing. Ambos métodos usan el protocolo UDP. Tunneling se usa para acceder al bus desde redes locales o desde internet, p.ej. para la programación KNX. Routing se usa para el intercambio de telegramas a través de Ethernet, p.ej. para acoplar dos instalaciones KNX TP a través de Ethernet. Los protocolos KNX usados para ambos métodos de comunicación se denominan KNXnet/IP tunneling y KNXnet/IP routing. La comunicación IP en KNX puede explicarse usando el modelo de referencia OSI (imagen 15). La comunicación se realiza a través de la capa de aplicación (que genera el telegrama KNXnet/IP), la capa de transporte (UDP), la capa de red (IP), así como Ethernet como capa física. Al igual que para KNX TP, se debe añadir al propio telegrama KNXnet/IP información adicional (las cabeceras) específica para cada capa.

### Estructura de telegrama

En comparación con KNX TP contiene el telegrama KNXnet/IP alguna información adicional (imagen 16):

- **Longitud cabecera**  
La longitud de la cabecera es siempre la misma. A pesar de ello se transmite de todas formas ya que es posible que la longitud pueda variar en versiones futuras del protocolo. Esta información sirve para identificar el comienzo del telegrama.
- **Versión de protocolo**  
Esta información indica qué versión del protocolo KNXnet/IP se está usando.
- **Identificador del tipo de servicio KNXnet/IP**  
Este identificador indica la acción que debe llevarse a cabo.
- **Longitud total**  
Este campo indica la longitud total del telegrama.
- **Cuerpo KNXnet/IP**  
Este campo contiene la información útil.

### KNXnet/IP tunneling

Tunneling es usado cuando se pretende enviar desde el ETS telegramas KNX en modo orientado a conexión dentro de un marco IP (imagen 17). En principio esto es siempre el caso cuando se usa una dirección física como dirección destino (p.ej. al programar una dirección física o al descargar el programa de aplicación de un dispositivo KNX). En tunneling, la comunicación se realiza siempre mediante la dirección IP del dispositivo KNXnet/IP que se está usando para el tunneling.

### KNXnet/IP routing

Routing es usando para la transmisión simultánea y sin conexión de telegramas KNX a varios participantes a través de un router KNXnet/IP (imagen 18). Esto equivale a la comunicación en grupo en KNX TP. Routing se usa p.ej. para acoplar cables TP. Un router KNXnet/IP usado como acoplador de línea de un cable TP

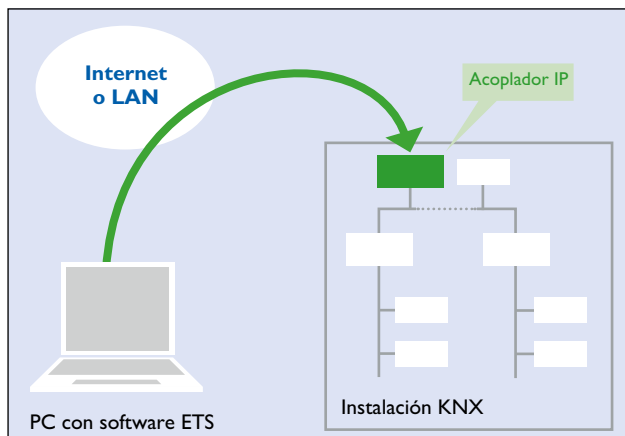


Imagen 16. Estructura de telegrama en KNXnet/IP.

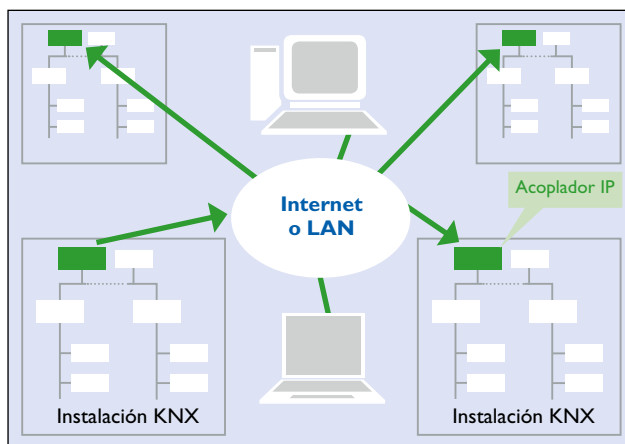
enviará un telegrama al lado IP solamente si la dirección de grupo correspondiente aparece en la tabla de filtro del router KNXnet/IP. Todos los demás router KNXnet/IP usados como acopladores de línea con otras líneas KNX TP enviarán telegramas desde el lado IP a su línea TP solamente si la dirección de grupo correspondiente aparece en la tabla de filtro del router KNXnet/IP.

### KNX IP en comparación a KNX TP

Con la creciente demanda e importancia de la comunicación IP y Ethernet cabe preguntarse si Ethernet sustituirá al medio más usado y establecido en KNX, el TP. La respuesta es no. Los principales motivos son, por un lado, los elevados costes para el cableado, ya que cada terminal necesitaría una conexión a red individual. Y por otro lado, una conexión en red de módulos KNX montados en carril DIN dentro de un cuadro eléctrico a través de Ethernet sería muy complejo debido a la gran cantidad de interruptores de red necesarios. Además, su alto consumo es contrario a la eficiencia energética. No obstante, IP no representa ningún problema si un dispositivo tiene, debido a su función, de todas formas una conexión a red, por ejemplo una pantalla de visualización. Es decir, mediante la integración de un software de sistema KNX se puede convertir cualquier aparato con conexión a



**Imagen 17.** Ejemplo de KNXnet/IP tunneling: programación de un dispositivo bus a través de Ethernet.



**Imagen 18.** Ejemplo de KNXnet/IP routing: acceso simultáneo a varias instalaciones KNX a través de Ethernet.

red en un dispositivo sin necesidad de hardware adicional. Indiscutiblemente, el futuro pertenece a las topologías jerárquicas: Ethernet se seguirá estableciendo como backbone de alto rendimiento y para la conexión de elementos e alta complejidad (KNX IP). En cambio, KNX TP, KNX PL y KNX RF mantendrán su relevancia en la conexión de sensores y actuadores. Ningún otro sistema como KNX ofrece tantos medios de comunicación.

### Comparación del ratio de transferencia

A pesar de los diferentes medios de comunicación se trata de un único sistema de bus. Para su programación y puesta en marcha se necesita un único software (ETS). Los dispositivos se diferencian sólo por su conexión, lo que no tiene repercusión a la comunicación entre ellos: las direcciones de grupo son iguales para todos los medios, los dispositivos de diferentes fabricantes son interoperables, etc. Una diferencia sustancial de los medios es su ratio de transferencia de datos. KNX TP necesita en condiciones de tráfico en el bus normales unos 20 ms para transmitir un telegrama. Sólo al programar un dispositivo se duplica el tiempo. Un bus KNX TP puede transmitir un máximo de 50 telegramas por segundo. En KNX PL se transmiten 6 telegramas por segundo. Ello es debido a la menor velocidad, telegramas más largos y un método de acceso al bus diferente.

## Topología KNX

**Instalaciones KNX pueden ser ampliados libremente según las necesidades de cada proyecto y pueden consistir de instalaciones parciales con diferentes medios de comunicación (TP, PL, RF, IP). Para asegurar una transmisión correcta de los telegramas entre los participantes es necesario respetar una topología concreta.**

### KNX TP

#### Disposición

La unidad básica de una instalación KNX TP es una línea (imagen 19). Una línea contiene una fuente de alimentación (con bobina incluida) y habitualmente máximo 64 dispositivos KNX. La fuente de alimentación y el par trenzado cumplen con dos funciones: alimentan a los dispositivos con la tensión necesaria y posibilitan el intercambio de telegramas entre todos los participantes. El cable bus puede tenderse libremente y puede ser ramificada en cualquier punto. Como consecuencia se obtiene una estructura de árbol abierta, lo que permite adaptarse flexiblemente a cualquier situación de proyecto. Mediante amplificadores de línea se pueden conectar más de 64 participantes a una línea. Estas ampliaciones son denominadas segmentos de línea. Dicho segmento de línea consiste de una fuente de alimentación (con bobina incluida) y otros 64 dispositivos adicionales como máximo. En este caso, el amplificador de línea cuenta como dispositivo. Pueden operar máximo 3 amplificadores en paralelo, es decir la configuración máxima de una línea con 3 amplificadores es de 255 dispositivos (imagen 20).

Otra forma de ampliar una instalación es mediante líneas adicionales usando acopladores de línea. Debido a que en

la práctica los amplificadores de línea y los acopladores de línea (e incluso los acopladores de área) están integrados en el mismo hardware, habitualmente no se ocupa la configuración máxima de una línea, pero sí se instalan varias líneas nuevas. Ello permite, por un lado, obtener una instalación mejor estructurada, y por otro reducir el número de telegramas en cada línea, usando para ello la función de filtro e los acopladores de línea: telegramas que no están destinados a una línea en concreto no son transmitidos. Pueden conectarse hasta 15 líneas mediante acopladores de línea a una línea principal, formando así un área (imagen 21). La línea principal también puede llevar hasta 64 dispositivos, sin embargo no se permite la conexión de amplificadores de línea. Los acopladores de línea cuentan como dispositivo de bus. Cada línea necesita su propia fuente de alimen-

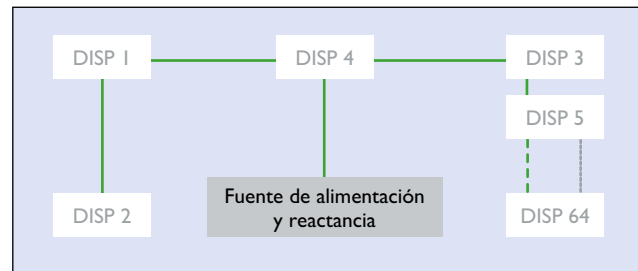


Imagen 19. Línea KNX TP.

tación con bobina. Es posible conectar hasta 15 áreas mediante acopladores de áreas a una línea troncal, formando así un sistema KNX TP completo. Las líneas de área, al igual que la línea troncal, pueden llevar hasta 65 dispositivos, pero no amplificadores de línea. Los acopladores de área cuentan como dispositivo de bus. Para acoplar las áreas se usan en la práctica acopladores de línea que están parametrizados como acopladores de área. La línea troncal, también llamada backbone, necesita su propia fuente de ali-

mentación. La topología descrita con líneas y áreas ofrece ventajas muy importantes:

1. Aumento de la seguridad operativa gracias a la separación galvánica – cada línea y área tiene su propia fuente de alimentación. Si falla una fuente de alimentación, el resto de la instalación sigue funcionando sin problemas.
2. El tráfico de datos local en una línea o área no repercute sobre el tráfico en otras líneas o áreas.
3. La topología permite una estructura clara y lógica para la puesta en marcha.

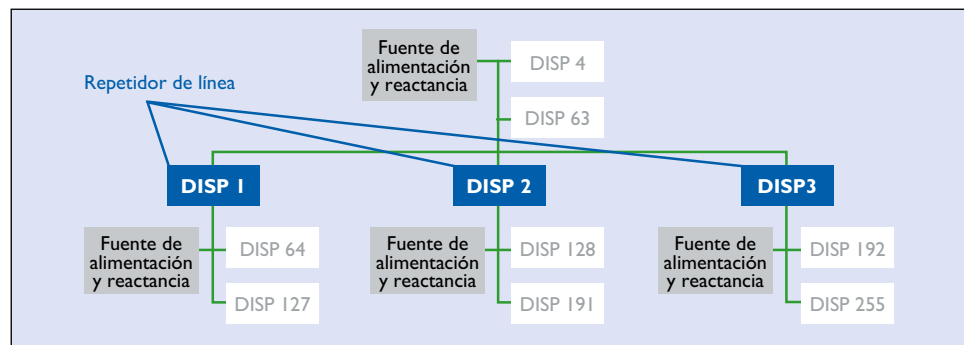


Imagen 20. Configuración máxima de una línea KNX TP.

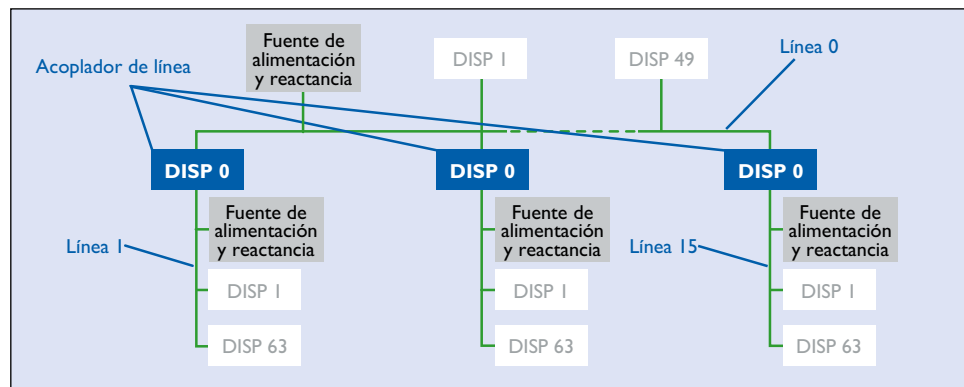


Imagen 21. Un área en KNX TP: Pueden acoplarse hasta 15 líneas a una línea principal.

## Longitud de cables

Por motivos de formación de las señales y de su retardo de transmisión máximo permitido, las longitudes del cable de un segmento de línea están limitadas según lo siguiente:

- Distancia máxima de la fuente de alimentación al dispositivo bus: 350 m.
- Distancia máxima entre dos dispositivos bus: 700 m.
- Longitud máxima de un segmento de línea: 1.000 m.
- Distancia máxima entre dos fuentes de alimentación (con bobina) en la misma línea: según indicaciones del fabricante.

## Direcciones físicas

A cada dispositivo en un sistema KNX le es asignado una dirección única e inconfundible, la dirección física. Esta dirección consta de tres cifras separadas por puntos y es asignada en función de su ubicación dentro de la topología del bus:

- La primera cifra indica el número del área.
- La segunda cifra indica el número de la línea.
- La tercera cifra indica un número correlativo dentro de la línea.

La dirección física sirve para identificar cada dispositivo de forma inequívoca y además para poder programarlos. Hay que tener en cuenta que a los acopladores de línea y área se debe asignar siempre el número correlativo 0.

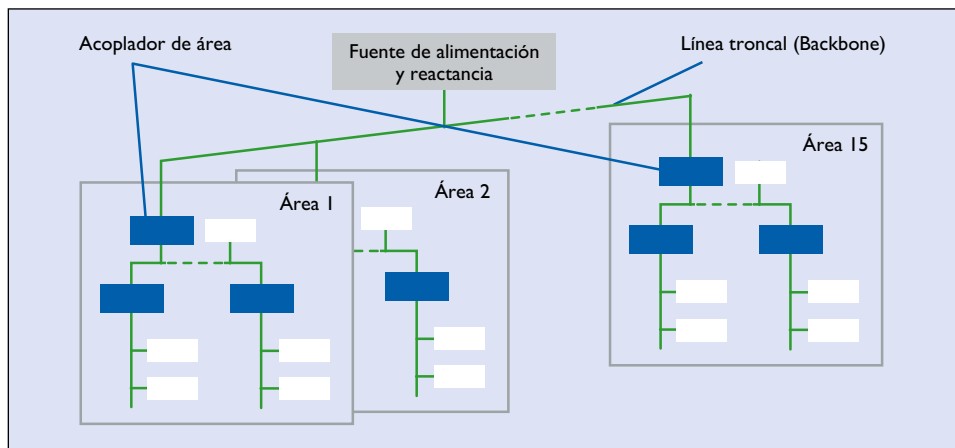
Ejemplos:

- Dirección física 1.1.0: se trata de un acoplador de línea que acopla la línea 1 con la línea principal de la primera área.
- Dirección física 2.3.20: participante número 20 de la tercera línea de la segunda área.

## KNX PL

### Disposición

La topología en KNX PL también es estructurada, al igual que en KNX TP, en líneas y áreas. La unidad más pequeña es una línea con 255 participantes. Un área consta de 15



**Imagen 22.** Pueden acoplarse hasta 15 áreas mediante acopladores de área en KNX TP.

líneas PL acopladas a una línea TP. Para ello se usan acopladores de medio en vez de acopladores de línea. La cantidad de áreas está limitada a 8. Las diversas líneas PL deben ser separadas entre sí mediante filtros de banda. Los acopladores de sistema ofrecen, al igual que los demás acopladores, una función de filtro lo que reduce el número de telegramas en cada subsistema. Gracias a ello se reduce el tráfico en cada área. Debido a que el tráfico de datos en KNX PL es considerablemente menor que en KNX TP representa una alternativa interesante para no sobrecargar el bus.

## Direcciones físicas

Los acopladores de medios les es asignado (al igual que acopladores de línea y área) el número correlativo 0. Todos los demás dispositivos reciben una dirección acorde a su ubicación en la topología del bus.

Ejemplos:

- Dirección física 1.5.0: acoplador de medios que acopla la quinta línea PL con la línea principal de la primera área.
- Dirección física 2.3.20: participante número 20 de la tercera línea de la segunda área.

## KNX RF

### Disposición

Los dispositivos de un sistema KNX RF no están sujetos a ninguna estructura jerárquica. Se pueden instalar prácticamente

en cualquier sitio, y teniendo en cuenta el alcance de la señal de radiofrecuencia, cualquier sensor puede comunicarse con cualquier actuador. Dado que no puede definirse el alcance de la señal con exactitud, existe el riesgo que dispositivos KNX en instalaciones adyacentes también puedan recibir las señales KNX RF. Por lo tanto debe asegurarse que no existan interferencias entre diversas instalaciones. Por ello emite cada emisor de radio como parte del telegrama un número de serie o una dirección de dominio. Solamente aquellos receptores que han sido parametrizados con estos datos pueden leer la información transmitida. Una instalación KNX puede diseñarse exclusivamente con dispositivos KNX RF, o puede ser una combinación con otros medios, p.ej. KNX TP. Para acoplarlos se usan acopladores de medios.

## Direcciones físicas

Los acopladores de medio reciben una dirección física acorde a su ubicación en la topología.

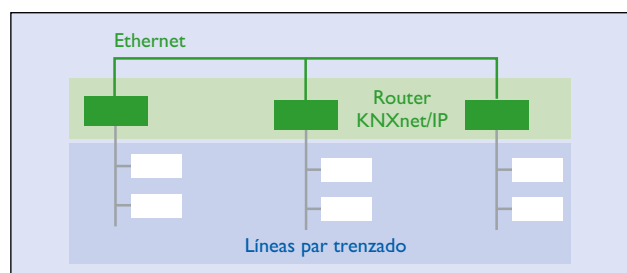
Ejemplo:

- Dirección física 2.3.20: participante (o acoplador) número 20 de la tercera línea de la segunda área.

## KNX IP

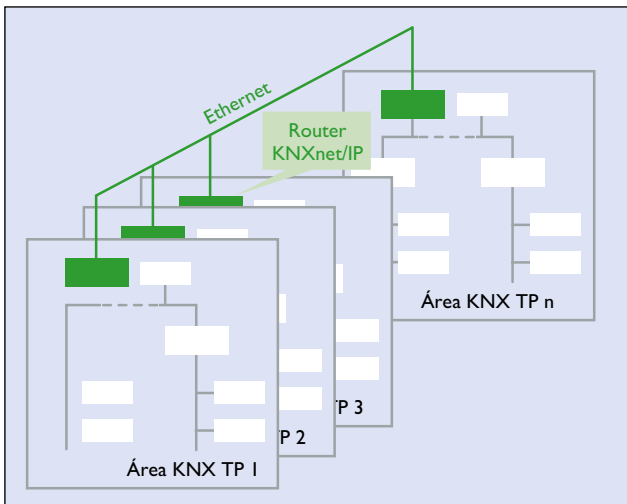
### Disposición

KNX IP puede usarse para sustituir líneas principales o de áreas. Para ello se usan router KNXnet/IP. Estos router disponen en el lado "superior" de una puerta Ethernet así como de una conexión KNX TP que transmiten los telegramas KNX mediante el procedimiento del routing a otros router KNXnet/IP. Gracias al medio de comunicación adicional Ethernet se una flexibilidad aún mayor de la topología KNX. Los router KNXnet/IP pueden usarse tanto como acopladores de línea (imagen 23) así como acopladores de área (imagen 24). Como todos los demás acopladores también ofrecen la función de filtrar los telegramas. Además es posible programar dispositivos ubicados en otras líneas. Algunos fabricantes ofrecen también router que soportan el filtraje de di-

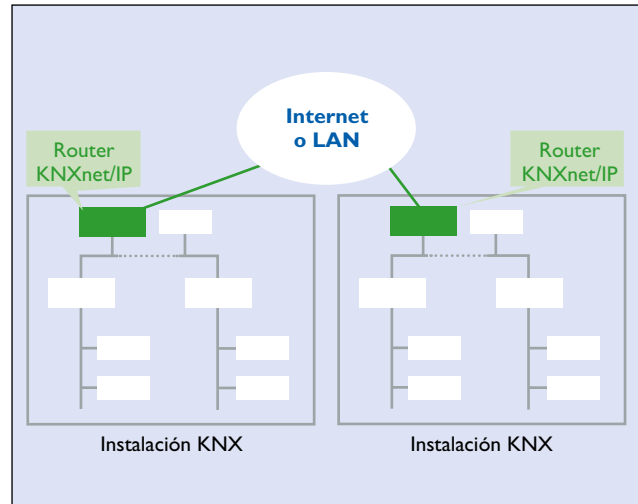


**Imagen 23.** Acoplamiento de líneas KNX TP mediante router KNXnet/IP.





**Imagen 24.** Acoplamiento de áreas KNX TP mediante router KNXnet/IP.



**Imagen 25.** Acoplamiento de dos instalaciones KNX ubicados en lugares distintos.

recciones físicas. De esta forma se evita una programación errónea de dispositivos ubicados en otras líneas o áreas. Los router KNXnet/IP se comunican con otros router y los demás participantes a través de Ethernet usando el método del routing. La mayoría de los router KNXnet/IP soportan también el método del tunneling, es decir pueden ser usados también como interfaz de programación para el ETS. Adicionalmente se pueden usar los router KNXnet/IP para enlazar instalaciones KNX completas entre sí (imagen 25). Esto puede ser p.ej. interesante si dos edificios equipados con una ins-

talación KNX TP deben ser centralizados. Si ya existe una conexión Ethernet entre ambos edificios (en edificios terciarios habitual) no es necesario tender un cable KNX entre ellos. KNX IP se usa también para enlazar dispositivos KNX entre sí, p.ej. pantallas de visualización. Como último se ofrecen también soluciones de software que se comunican con sistemas KNX a través de KNXnet/IP.

#### Longitud de cables

Para las instalaciones Ethernet se usan los llamados cables de red. En el mercado se ofrecen en varias categorías y se distinguen en función del

tipo de conductor y su aislamiento. Por regla general, su longitud no debe superar los 100 m. Para instalaciones más grandes deben usarse componentes de red que sirven para unir segmentos de línea. Dicha longitud máxima no suele ser un obstáculo en viviendas. En edificios terciarios debe usarse. Como ya se ha mencionado antes, la infraestructura de red existente.

#### Direcciones físicas

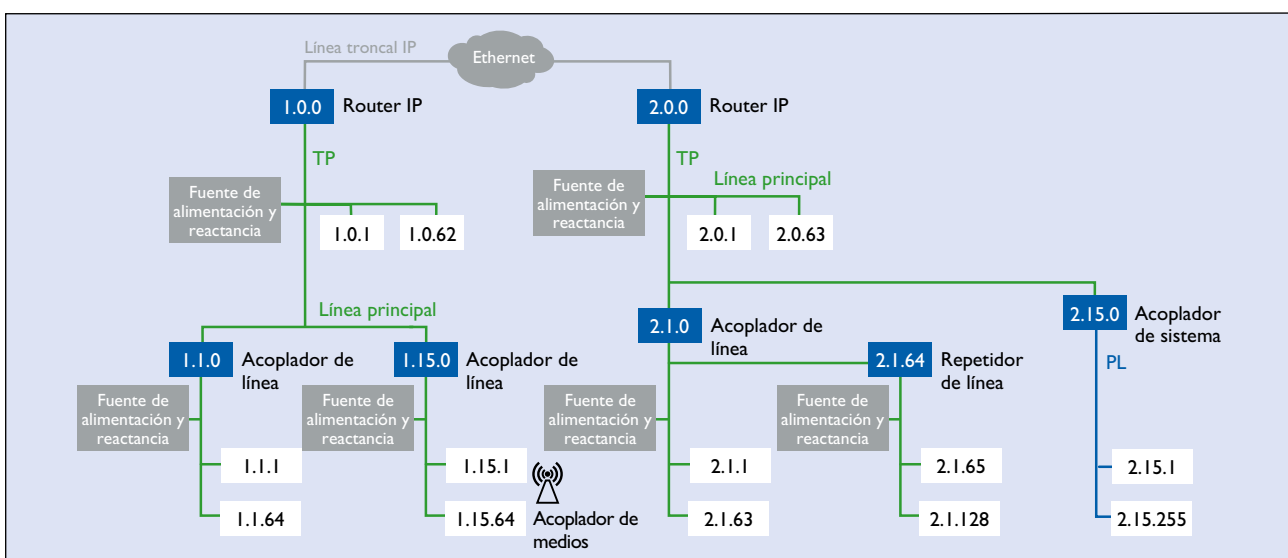
Los router KNXnet/IP reciben en el caso del routing el número correlativo 0, mientras que en el caso del tunneling se les puede asignar cualquier número deseado.

#### Ejemplos:

- Dirección física 1.5.0: router KNXnet/IP actuando como acoplador de línea que acopla la quinta línea con la línea principal de la primera área.
- Dirección física 2.3.20: interfaz de programación KNX IP con el número correlativo 20 ubicado en la tercera línea de la segunda área.

#### Topologías mixtas

Todas las topologías basadas en los diferentes medios de comunicación (TP, PL, RF e IP) pueden usarse indistintamente en un mismo proyecto (imagen 26).



**Imagen 26.** Ejemplo de una topología KNX incorporando todos los medios (TP, PL, RF, IP).

## Dispositivos KNX

En sistemas KNX se distinguen dispositivos de sistema y dispositivos finales. Dispositivos de sistema son p.ej. fuentes de alimentación, acopladores e interfaces de programación. Dispositivos finales son p.ej. sensores y actuadores.

### Sensores, actuadores y acopladores al bus

#### Componentes de dispositivos bus

Todos los dispositivos bus estándar se componen de dos partes: la unidad de acoplamiento al bus (BCU = Bus Coupling Unit) y el dispositivo final (imagen 27). Si se trata de dos partes individuales están unidas mediante un conector estándar de 10 o 12 pins, el llamado IFE (interfaz físico externo, o PEI = Physical External Interface). Si el dispositivo ha sido ensamblado en fábrica, el IFE habitualmente no es accesible. Esto se da en el caso de dispositivos para montaje sobre raíl DIN.

#### Componentes de unidades de acoplamiento al bus

Para dispositivos que llevan una BCU integrada, los fabricantes pueden elegir entre un módulo prefabricado (BIM = Bus Interface Module) o un juego de chips KNX. En aquellos dispositivos donde la BCU está montada como componente separado y conectada al dispositivo final mediante el IFE, la BCU es visible. Existe un amplio rango de ejecuciones (montaje en superficie, en raíl DIN, para circuitos impresos, etc.), pero la estructura básica es siempre la misma: un módulo de transmisión y un módulo de control (imagen 28). El módulo de transmisión define para qué medio de comunicación se puede usar el dispositivo. Los más usuales son módulos para KNX TP (Twisted

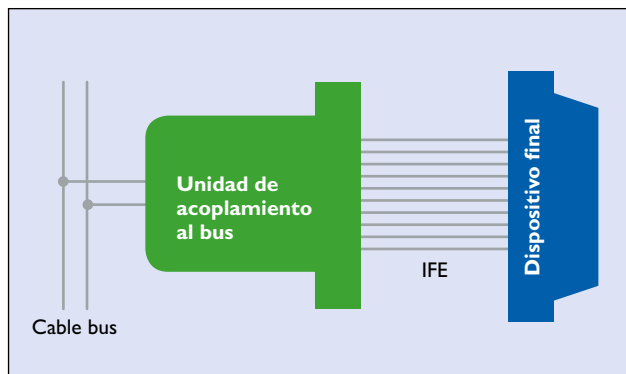


Imagen 27. Componentes de un dispositivo bus.

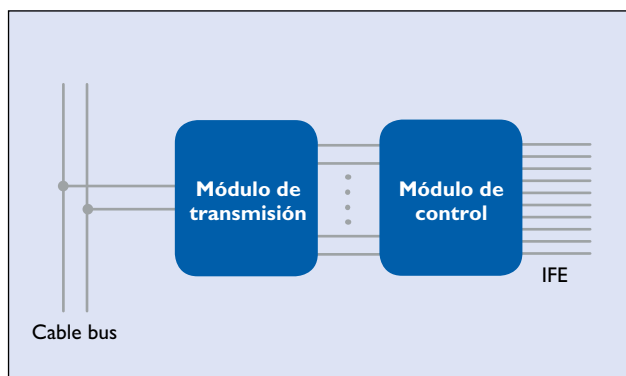


Imagen 28. Componentes de la unidad de acoplamiento al bus (BCU).

Pair) y KNX PL (Powerline). Estos módulos de transmisión tienen las siguientes tareas:

- KNX TP: Superponer la señal de datos (tensión alterna) a la tensión de alimentación (tensión continua).
- KNX PL: Modular la señal de datos a la tensión de red 230 V.

Adicionalmente contienen ambos módulos una alimentación para el módulo de control, y generan impulsos de reset y guardar para el micro-controlador. El módulo de control contiene principalmente el micro-controlador (un chip con microprocesador incorporado), una serie de memorias y periféricos de entrada y salida. Como micro-controlador pueden usarse procesadores habituales en el mercado, tales como NEC, ATMe-ga, Texas Instruments, etc.,

con las siguientes memorias:

- RAM: es la memoria más pequeña que almacena datos que se generan durante la operación de la instalación KNX.
- EEPROM o memoria flash: en esta memoria se guardan los datos del programa de aplicación generado por el usuario, tales como parámetros, direcciones físicas o direcciones de grupo. El contenido de esta memoria se descarga durante la programación desde el ordenador y se almacena en cada dispositivo.
- ROM: Esta memoria viene configurada de fábrica y contiene el software de sistema de la BCU. Existen varios niveles de desarrollo, conocidos como máscaras. Una máscara consta de dos Bytes de información, sien-

do la primera cifra "y" una indicación para el medio (0 para TP, 1 para PL I I 0, 2 para RF y 5 para KNXnet/IP). No existen todos los perfiles en los medios mencionados.

- La segunda cifra "x" indica la versión del perfil. Las siguientes máscaras indican al ETS la versión de perfil:
  - » y01xh : sistema 1
  - » y02xh : sistema 2
  - » y70xh : sistema 7
  - » y7Bxh : sistema B
  - » y300h : LTE
  - » 091xh : repetidor, acoplador de línea/área TP
  - » 190xh : acoplador de medios TP/PL I I 0
  - » 2010h : dispositivos RF bidireccionales modo Easy
  - » 2110h : dispositivos RF unidireccionales modo Easy

Durante muchos años fue el sistema 1 el perfil más usado. No obstante, los sistemas 2, 7 y B (que son una versión mejorada del sistema 1) lo van sustituyendo paulatinamente. Ofrecen más capacidad de memoria y permiten por lo tanto usar más objetos de comunicación y direcciones de grupo. Además se han implementado numerosas funcionalidades nuevas, por ejemplo las que se necesitan para sistemas de alarma (p.ej. acceso mediante contraseña). Se puede descargar software de aplicación desarrollada para sistema 1 en dispositivos con una máscara sistema 2. Muchos fabricantes ya no ofrecen dispositivos con sistema 1. En dispositivos modernos se usan los sistemas 7 y B que disponen de aún más memoria que el sistema 2. Los contactos del conector de 10 o 12 pins entre BCU y dispositivo final se usan de muchas formas distintas en función de los requisitos. Dependiendo del dispositivo final se transmiten a través de los contactos señales binarias, señales analógicas o una cadena de datos. Median-

te una resistencia integrada en el dispositivo final que es evaluada por la BCU se define el uso de los contactos. Algunos dispositivos finales disponen de una inteligencia propia que puede ser incluso mediante microprocesador. La BCU tiene en estos casos habitualmente sólo la función de gestionar las direcciones de grupo y asegurar el tráfico de datos. En casos aislados incluso se elimina la gestión de las direcciones de grupo, funcionando simplemente como pasarela al bus KNX.

### Dispositivos de sistema

Dispositivos de sistema son aquellos que proporcionan principalmente funcionalidades especiales, tales como por ejemplo:

- Configuración de la topología
- Alimentación de tensión
- Programación

### Fuentes de alimentación KNX TP

Las fuentes de alimentación KNX proporcionan a las líneas TP la tensión necesaria y permiten el tráfico de datos.

### Interfaz USB para KNX TP

Estas interfaces permiten la programación de una instalación KNX desde un ordenador con la herramienta ETS.

### Acopladores de línea y área para KNX TP

Permiten acoplar varias líneas TP a un área, así como varias áreas a un sistema global. También pueden ser usados como amplificador de línea.

### Filtros de banda KNX PL

Los filtros de banda aseguran que los telegramas Powerline se mantienen dentro del área de comunicación y no interfieren con otras áreas adyacentes. Los filtros son unipolares y deben ser instalados por cada fase usada para la comunicación. Hay que tener en cuenta la carga máxima admisible por filtro que es de 63 A.

### Acopladores de fase KNX PL

En el caso de un sistema trifásico hay que procurar que las señales KNX PL alcancen las tres fases. Si las tres fases están tendidas en algunos tramos en paralelo, ello ocurre de forma automática. Si esto no funciona, los acopladores de fase solucionan el problema, estableciendo un acoplamiento capacitivo entre las tres fases.

### Acopladores de sistema KNX PL

Los acopladores de sistema pueden usarse como repetidores (amplificadores de señal) en redes de 230 V. También sirven como acopladores de línea para acoplar varias líneas PL, así como acoplador de medios para acoplar una instalación KNX PL con una instalación KNX TP.

### Acopladores de medios KNX RF

Estos acopladores sirven para acoplar una instalación KNX RF con una instalación KNX TP.

### Router KNXnet/IP

Los router KNXnet/IP soportan los protocolos KNXnet/IP tunneling y KNXnet/IP routing, y pueden usarse como acopladores de línea o de área. También sirven como interfaz de programación.

### Interfaces KNXnet/IP

Estos interfaces sirven para programar una instalación KNX a través de Ethernet.

## Requisitos de instalación KNX

**Una instalación KNX es una instalación habitual de baja tensión. Deben tenerse en cuenta todas las normas de instalaciones vigentes en cada país (p.ej. el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, REBT, en España). Para KNX deben considerarse unos pocos aspectos adicionales.**

### KNX TP

Para la instalación o el tendido de un cable bus KNX no hay requisitos especiales en respecto a la seguridad contra contacto directo, ya que se trata de una tensión SELV (= Safety Extra Low Voltage). La transmisión libre de interferencias depende en gran parte de la calidad del cable, por ello especifica KNX los cables que pueden/deben usarse. Para KNX TP se usa un par de hilos trenzados y apantallados (tabla 1). La pantalla del cable no debe ser conectado a masa o tierra en ambos extremos, ya que sirve solamente como jaula metálica. No deben usarse cables de fuerza como cables de bus debido al riesgo de confusión y el incumplimiento de los requisitos técnicos.

### Segundo par de hilos

La mayoría de los cables KNX ofrecidos en el mercado constan de un segundo par de hilos. Para su uso se debe tener en cuenta:

- Se permiten exclusivamente tensiones muy bajas (SELV, PELV).
- Intensidad máxima 2,5 A. Se debe instalar una protección de sobrecarga.
- No está permitido como medio de comunicación para líneas telefónicas.
- Este segundo par de hilos se usa frecuentemente para una alimentación suplementaria de dispositivos de mayor consumo.

### Tendido del cable

Especial atención se requiere en aquellos lugares donde los cables de bus puedan estar en contacto con cables de fuerza, por ejemplo en.

- Cuadros eléctricos
- Cajas de empalme
- Sistemas de conducción de cables

De forma general aplica la regla que entre la tensión de bus y la red de 230 V debe existir un doble aislamiento con una tensión de prueba de 4 kV. Además hay que considerar en algunos casos distancias mínimas (imagen 29). En el caso de cuadros eléctricos con una separación total de elementos de fuerza y control no hay requisitos especiales a tener en cuenta. Los cables de bus deben tenderse con su aislamiento hasta las bornas de los terminales. La malla no debe conectarse a masa o tierra. Debe evitarse el contacto de conductores de bus y fuerza mediante un tendido adecuado o separadores. En el caso de cajas de empalme sólo hay que considerar requisitos especiales si se mezclan cables de fuerza y bus. Para evitarlo se recomienda el uso de cajas separadas o de cajas con dos cámaras aisladas. Especial atención requiere la instalación de las llamadas combinaciones, p.ej. una toma de corriente controlada por un actuador KNX en la misma caja empotrada. Al quitar la tapa debe asegurarse que la parte de fuerza siga protegida contra contacto directo. En el mercado se ofrecen soluciones al respecto. Los cables bus pueden deberse tender preferentemente juntos a los cables de fuerza en las zonas de instalación permitidas (ver p.ej. DIN 18015-3 en Alemania). Existen varias opciones para llevar el cable bus a las distintas habitaciones. Puede ser en forma de estrella desde un cuadro de distri-

### Cables de bus recomendados

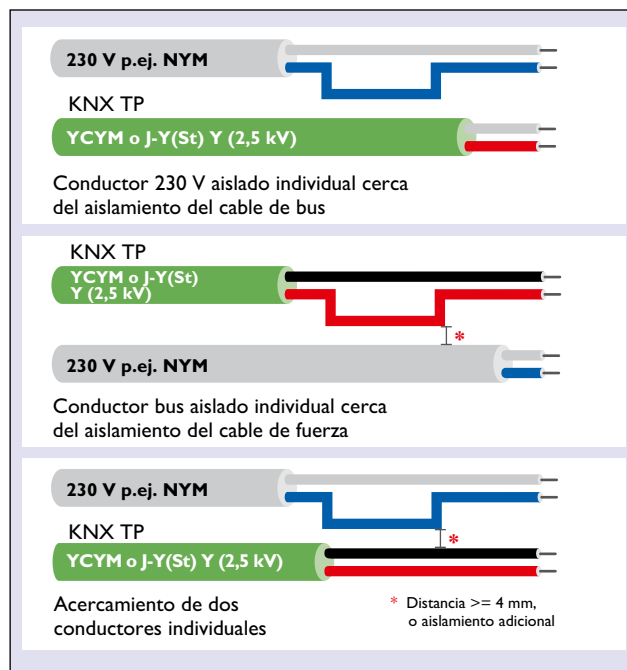
Cables usados habitualmente en Alemania	Requisitos para el tendido
YCYM 2 x 2 x 0,8 Tensión de prueba 4 kV "Cable KNX"	Tendido dentro de la vivienda o edificio
J-Y(St)Y 2 x 2 x 0,8 Tensión de prueba 2,5 kV	Tendido como YCYM, pero tener en cuenta la tensión e prueba reducida si hay contacto con cables de fuerza.
JH(St)H 2 x 2 x 0,8	Cable libre de halógeno, pero debe tenderse distante de cables de fuerza
A-2Y(L)2Y, o A-2YF(L)2Y	Tendido en el exterior, p.ej. para enlazar dos edificios.

**Tabla 1:** La elección del cable depende principalmente del tipo de tendido.

bución central, o en forma de anillo que pasa por todas las habitaciones. En la práctica será casi siempre una combinación de ambas opciones. Una consideración previa importante de una instalación KNX es la posibilidad (o necesidad) de combinar una instalación convencional con la instalación KNX, p.ej. el uso de teclas convencionales en conjunto con entradas binarias KNX en vez de teclas KNX con BCU incorporada. Ello puede ser especial-

mente importante si el usuario final aún no se ha decidido por una instalación KNX pero quiere mantener esa posibilidad abierta. Básicamente hay dos opciones:

- Tender el cable bus ahora y instalar los dispositivos KNX más tarde.
- Ejecutar una topología estrella (p.ej. cada tecla es cableada individualmente a un cuadro centralizado) lo que permite una instalación KNX posterior dentro de dicho cua-



**Imagen 29.** Distancias mínimas entre cables de bus y cables de fuerza.



dro. Para ello sería necesario prever un espacio de reserva correspondiente.

## KNX PL

Ya que se usa la red de fuerza existente no existen requisitos especiales para la instalación KNX. Deben preverse los elementos necesarios para limitar el área de transmisión de datos (filtros de banda) y el acoplamiento de fases (acopladores de fases). Interruptores magneto-térmicos o diferenciales < 10 A no se permiten, en estos casos deben usarse fusibles. Tampoco deben usarse cables apantallados con la malla conectada a tierra o cables con una sección superior a 25 mm<sup>2</sup>. Todos los dispositivos KNX PL disponen de una conexión del Neutro y para Tierra. En los actuadores, la conexión del conductor de carga y el de señal están separados, por lo que es aconsejable separar los circuitos de fuerza y señal en instalaciones con elevadas interferencias.

## KNX RF

Durante la planificación de una instalación KNX RF deben considerarse aspectos constructivos del edificio y otros factores físicos. En condiciones favorables, el rango de transmisión de dispositivos alimentados por batería es de unos 100 m.

## KNX IP

Para la instalación de una red KNX IP aplican las normas habituales para instalaciones de telecomunicación.

# El software ETS

**Una única herramienta independiente de cualquier fabricante, ETS® (= Engineering Tool Software) permite planificar, programar y poner en marcha proyectos KNX con todos los dispositivos KNX certificados. Con esta herramienta puede combinar el integrador diferentes aplicaciones con productos de diferentes fabricantes.**

El sistema KNX ofrece dos modalidades para la programación de instalaciones KNX:

- **Modo Easy (Modo E)**

La configuración no se realiza con un ordenador, sino con un programador de mano, mediante teclas o por otros medios. Esta modalidad es idónea para instaladores que sí tienen conocimientos básicos de sistemas de bus pero no de herramientas de software. Si se desea ampliar en un futuro esta instalación se puede realizar también en modo S (ver a continuación).

- **Modo System (Modo S)**

Para la configuración de dispositivos en modo S se debe utilizar una herramienta de software (ETS). Esta herramienta permite enlazar y poner en marcha los dispositivos.

## Funciones del ETS

Una instalación KNX es configurada mayoritariamente en modo S, es decir mediante el software ETS instalado en un ordenador. ETS sirve para procesar los programas de aplicación facilitados por los fabricantes para sus productos. Se pueden realizar p.ej. las siguientes tareas:

- Descargar desde internet (catálogo online) o desde las respectivas webs los programas de aplicación de cada fabricante.
- Ajustar los parámetros de los programas de aplicación.
- Enlazar los objetos de comunicación con los programas de aplicación mediante direcciones de grupo.
- Descargar los programas de aplicación parametrizados desde el ETS a los dispositivos.

Además de las herramientas para programar y poner en marcha ofrece el ETS también numerosas funciones de diagnóstico y análisis de posibles errores.

## Estructura del ETS

El ETS se ha desarrollado según las reglas de diseño de Windows lo que asegura a aquellos usuarios familiarizados con

otros productos de Microsoft aprender el uso del ETS con facilidad y rapidez. ETS ofrece varias ventanas de trabajo que representan el proyecto KNX de diferente forma (imagen 30):

- La ventana principal representa el proyecto desde el punto de vista del edificio, mostrando las diferentes habitaciones y los cuadros de distribución a los cuales se pueden asignar los dispositivos correspondientes. De esta forma es muy sencillo encontrar en el ETS los dispositivos en función de su ubicación.
- La ventana de direcciones de grupo representa el proyecto desde el punto de vista de las funciones existentes. Aquí se puede ver con facilidad qué dispositivos interactúan entre sí.
- La ventana de topología muestra la estructura del proyecto KNX, es decir las direcciones físicas.

Cada ventana está dividida en dos partes. A la izquierda se muestra una vista general en forma de árbol, a la derecha se muestra parte de este árbol en forma de lista con todos los detalles. En la parte superior de la ventana se en-

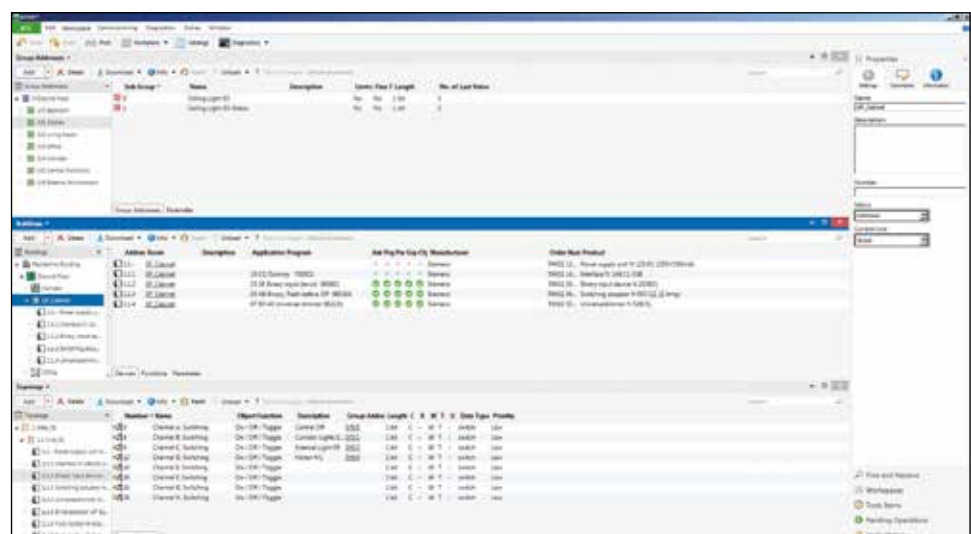


Imagen 30. Diferentes ventanas de trabajo en ETS.

cuentran barras de menú donde pueden elegirse las funciones disponibles. Para las funciones de uso frecuente existe una barra de acceso rápido. La estructura de las ventanas y sus dos partes puede ser ajustada por el usuario según sus conveniencias.

### Diseño de un proyecto KNX

Después de instalar el ETS en el ordenador aún no es posible empezar con el diseño del proyecto. Primer es necesario descargar los datos de los productos involucrados. Estos datos son ofrecidos por los fabricantes gratuitamente en forma de bases de datos y pueden descargarse desde sus páginas web o bien a través de internet. Como alternativa puede usarse también el Catálogo Online KNX. Una vez instaladas las bases de datos se puede empezar con la programación, siguiendo los siguientes pasos:

- Crear un proyecto con su respectivo nombre que permite encontrarlo y editarlo posteriormente.
- Reproducir el diseño del edificio y los dispositivos instalados (*imagen 31*), definir la estructura del edificio y de la topología de bus, y definir las direcciones físicas de los dispositivos.
- Ajustar los parámetros de los productos según los requerimientos del proyecto. Por ejemplo en el caso de una tecla hay que definir si servirá para regular la luz (diming), para subir o bajar una persiana o simplemente para encender o apagar la luz (*imagen 32*). En el caso de los actuadores se define a través de la parametrización si hay funciones temporizadas o con qué velocidad debe regular el dimmer la luz.
- Definir las funciones del proyecto y de las direcciones de grupo (*imagen 33*). Ejemplo: En una oficina existen dos tiras de luminarias que pueden ser encendidas o apagadas individualmente o ambas a la vez. Se deben programar



Imagen 31. Estructura del edificio y dispositivos.

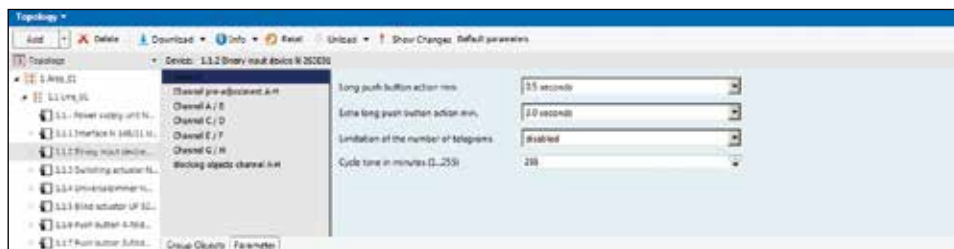


Imagen 32. Definición de parámetros de dispositivos.



Imagen 33. La ventana de direcciones de grupo.

tres funciones, y para ello se requieren tres direcciones de grupo: encender/apagar tira 1, encender/apagar tira 2, y encender/apagar tiras 1 y 2 juntas.

- Enlazar los objetos de comunicación de los dispositivos KNX mediante direcciones de grupo. O dicho de una forma gráfica, se “tinden cables virtuales” entre las “entradas y salidas virtuales” de los dispositivos. Gracias a ello se define qué sensores interactúan con qué actuadores.
- Asignar los dispositivos KNX programados a las localidades dentro del edificio (opcional).
- Comprobar el correcto funcionamiento de la programación, guardar el proyecto e imprimir la documentación.

### Puesta en marcha

Otra tarea esencial del ETS es la puesta en marcha. Primero hay que asignar a cada dispositivo individualmente



Imagen 34. Tecla de programación para descargar la dirección física

su dirección física correspondiente. Para ello, el proyectista pulsa la tecla de programación de aquel dispositivo cuya dirección física se está transmitiendo (*imagen 34*). Durante esta fase se debe poner especial atención para evitar un malfuncionamiento de los dispositivos. Una corrección posterior puede ser muy laboriosa. Una vez transmitida la dirección a cada dispositivo se puede descargar la programación a todos los elementos conectados al bus.

### Funciones de diagnóstico

ETS ofrece diversas opciones de diagnóstico. Por ejemplo se puede comprobar la dirección física de cada dispositivo o leer su estado. En este caso se indica tanto el fabricante como posibles bits de error en la BCU así como el estado de funcionamiento del dispositivo. Esto último indica si está ejecutando el programa o no. También puede comprobarse si hay un dispositivo final adecuado comuni-

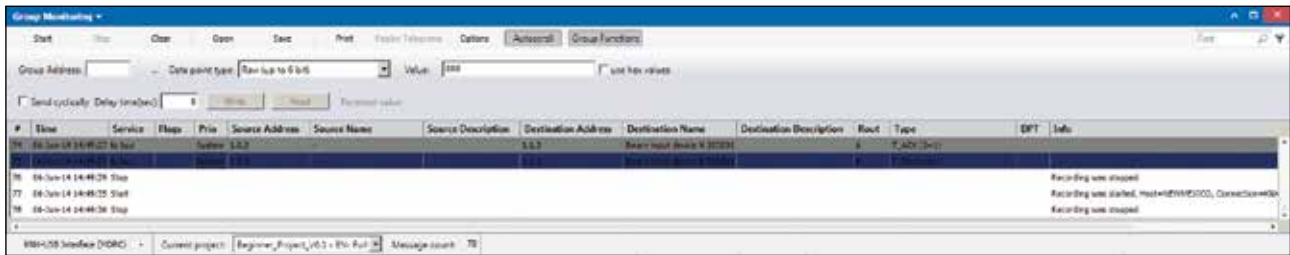


Imagen 35. El monitor de grupos.

cando con la BCU y qué direcciones de grupo han sido asignados a este objeto de comunicación.

Mediante la “Monitorización de bus y grupos” (imagen 35) se pueden monitorizar todos los telegramas del bus, lo que permite observar el tráfico existente. Ello facilita encontrar y analizar posibles errores con facilidad. También es posible enviar telegramas desde el ordenador y observar la reacción de los actuadores, o dicho de otra forma, forzar señales de sensores aunque éstos todavía no estén instalados. Ejemplo: comprobar la desconexión correcta de la calefacción si se abre una ventana, aunque el contacto de dicha ventana aún no está instalado.

### Instalación del ETS y licencias

El software es distribuido por la KNX Association (con sede en Bruselas) a través del KNX Online Shop ([www.knx.org](http://www.knx.org)). El software se puede descargar desde dicho Online Shop

e instalar en cualquier ordenador que cumpla con los requisitos mínimos. Sin licencia funciona como DEMO, con conectividad hasta máximo 3 dispositivos. Para poder elaborar un proyecto es necesario adquirir una licencia a través del KNX Online Shop. Existen las siguientes variantes:

- ETS Professional: se trata de la versión completa e ilimitada. A partir de la versión ETS5 se suministra sólo con un dongle que debe conectarse a un puerto USB de cualquier ordenador donde esté instalado el ETS, y puede considerarse como una licencia portátil.
- ETS suplementario: Con cada ETS Professional se pueden adquirir, a un precio reducido, hasta dos licencias adicionales, también completas e ilimitadas. Para pequeñas ingenierías integradoras una solución atractiva.
- ETS Lite: Para proyectos pequeños o para el aprendizaje existen licencias a un precio muy reducido, pero con funciones limitadas.

### Interfaces

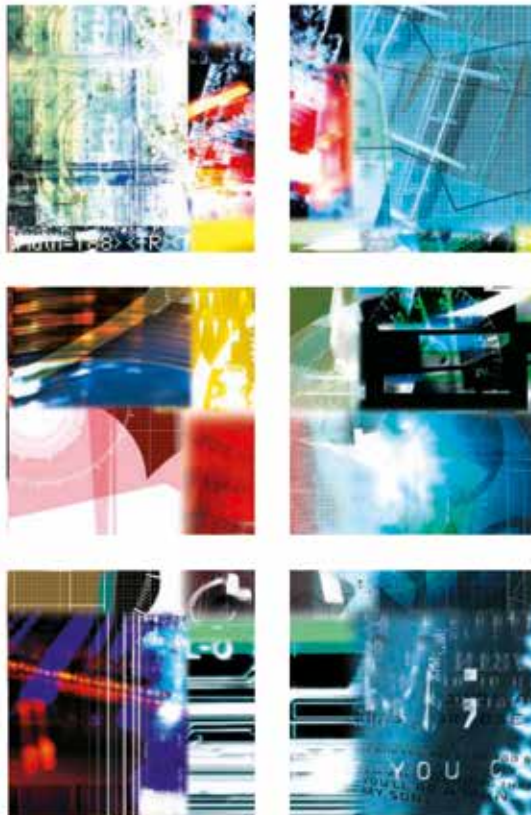
Para la puesta en marcha y el diagnóstico necesita el ETS una conexión al bus. Hay varias opciones. De forma estándar hay interfaces USB, interfaces KNXnet/IP o router KNXnet/IP. Si existe Wifi en la red KNX también se puede acceder al bus de forma inalámbrica.

### Plug-ins

Algunos dispositivos requieren para su configuración y puesta en marcha de un software específico. Por ejemplo, para definir las pantallas y textos de una pantalla de visualización y asignar qué objetos de comunicación deben visualizarse se necesita el software plug-in propio de esa pantalla. Los plug-in son activados automáticamente en ETS al parametrizar el dispositivo en cuestión.

### ETS Apps

Apps existen para teléfonos, tablets y también para el ETS. En general dispone el ETS de más que suficientes funciones para poder diseñar un proyecto KNX de cualquier envergadura. Pero al igual que en los teléfonos inteligentes existen también deseos para diversas funciones adicionales en el ETS. Con el concepto de las Apps adapta la KNX Association la herramienta ETS a las crecientes demandas en todo el mundo. De esta forma puede ampliar y personalizar cada integrador su ETS, pero manteniendo siempre la compatibilidad el sistema. Sobre todo se aprovechan los expertos de las herramientas adicionales obteniendo más transparencia y eficiencia en el trabajo. Gracias a este concepto se mantiene el ETS abierto a futuras evoluciones y demandas de los clientes. Los desarrolladores de las Apps son los miembros de KNX Association. Ésta verificará y validará cada una de las Apps propuestas, y las distribuye exclusivamente a través del KNX Online Shop.



[www.knx.org](http://www.knx.org)