

Domótica: Un laboratorio para concebir las viviendas del futuro

Pere Valls i Puyalto

Automatizar significa conseguir que una máquina, o un grupo de ellas, funcionen por sí solas, con la intervención humana reducida al mínimo. Las máquinas consiguen cada día grados de autonomía mayores, resuelven los problemas fortuitos que se les presentan, discernen cuál de entre varias soluciones es la óptima, etc. Estamos muy acostumbrados a la automatización en el terreno industrial y de la gestión de servicios.

Son muy diversos los productos industriales que existen para satisfacer las necesidades de automatización y otras derivadas o relacionadas con ella, como la comunicación de datos y la gestión. Seguramente la búsqueda de un mayor campo de aplicación de estas tecnologías, y por tanto de una mayor amortización del esfuerzo tecnológico invertido en su creación, unida a la propia vitalidad e iniciativa de las personas que desarrollan estos sistemas, ha llevado a su expansión hacia campos no industriales. En el mundo del automóvil ya no nos sorprende encontrar ordenadores de a bordo, sistemas de autochequeo del vehículo, elevadores motorizados y un largo etcétera de aplicaciones. Ciertamente el comprador potencial de un automóvil valora de manera muy importante sus características y

prestaciones técnicas (¡aunque a veces algunas no las entienda demasiado!).

¿Y en la vivienda? ¿Puede entrar la automatización en la vivienda? Esta es la pregunta que muchos nos formulamos. Queremos referirnos a un concepto lo más global posible del término. Está claro que muchos aparatos de los que hoy día tenemos en casa son automáticos, programables, etc. Pero nos ocupa un concepto más general: normalmente estos aparatos y sistemas trabajan de forma independiente unos de otros, no colaboran de ningún modo entre sí; son incapaces de servir a un fin común y de ser gestionados en función de unas pautas generales. Éste es el camino por donde se llega a la domótica. Domótica es un neologismo para hacer referencia a la automatización y gestión de la vivienda; personalmente prefiero el segundo término, a pesar de ser más largo. Rechazo, al menos en principio, eufemismos como “inteligencia” para referirse a sistemas que no son nada excepcional desde el punto de vista tecnológico. De hecho, lo más interesante de la ingeniería domótica es la creación de aplicaciones que sean realmente útiles, aplicables, que en el fondo resulten vendibles y puedan llegar a convertirse algún día en casi necesarias (como un frigorífico, una lavadora o el teléfono).

Un sistema domótico va a precisar en esencia de tres componentes fundamentales:

1. *Los elementos de campo:* Pueden ser detectores (existe una gran variedad de ellos) o actuadores. El detector es el responsable de percibir el estado de una variable que deseamos controlar: un termostato de ambiente detecta si la temperatura de una habitación está por encima o por debajo de un cierto valor, un detector de CO detecta la concentración de este gas en un garage, un simple pulsador detecta e informa al sistema de una orden humana. El actuador viene a ser siempre un relé que pone en marcha un determinado mecanismo.
2. *El sistema de proceso y gestión.* Es donde reside la programación del sistema, el que interroga cíclicamente el estado de todos los detectores y resuelve qué órdenes deben enviarse a los actuadores. Existen sistemas centralizados y distribuidos. Los primeros se caracterizan por el hecho de que toda la gestión se realiza en un elemento central (la central de gestión), aunque ésta puede delegar funciones en subcentrales con cierto grado de autonomía. En el caso de los segundos, cada elemento de campo está microprocesado y conoce la parte del programa global que es de su incumbencia.
3. *El soporte de comunicación:* Es el medio a través del cual se comunican entre sí todos los elementos anteriores. Existe una gran variedad: los sistemas cableados punto a punto, los sistemas multiplexados tipo telefónico, los que usan un solo conductor y señal de alta frecuencia codificada (los conocidos como buses de instalación), la fibra óptica... Y también soportes inmateriales, como la radio o el infrarrojo.

En conjunto, el sistema domótico deberá cumplir unas condiciones básicas. A saber: ser de fácil manejo y comprensión para el usuario, que no debe verse envuelto en un caos de pulsadores, pantallas, mensajes...; permitir una programación e instalación asequible para el instalador –hemos de tener en cuenta que el instalador doméstico no es un técnico en automatización

industrial. Así pues el fabricante de equipos deberá desarrollar lenguajes de programación sencillos, preferiblemente a base de frases o con iconos claros, que se basen en preguntas muy concretas cuya respuesta sea sí, no o un valor numérico; estos lenguajes deberán ser traducidos por el equipo al lenguaje propio de la máquina. Finalmente el sistema que se proponga deberá resolver necesidades reales, que el usuario valore como un verdadero servicio que le resuelve problemas y a la vez no resultar excesivamente caro. En definitiva, que su instalación sea sugerente tanto para el promotor de construcciones como para el futuro usuario del sistema. Y un último detalle; todavía estos sistemas son poco frecuentes, pero hay que ir pensando en la asistencia técnica global. Hace pocos días, un usuario de un sistema domótico residente en las cercanías de Barcelona me planteaba que había tenido una pequeña avería: una pérdida de agua en una junta del circuito de calefacción; como consecuencia se había disparado la alarma de inundación... El hombre se sentía muy preocupado: “¿A quien debo llamar?, al instalador de la calefacción, al programador, al electricista, al...”. Los usuarios de sistemas domóticos deben sentirse seguros de que si un pequeño detalle falla, con una sola llamada se puede resolver todo, he ahí otro elemento para creer en la necesidad de formación de buenos técnicos domóticos.

LOS ELEMENTOS DE CAMPO

Ya hemos comentado que puede tratarse de actuadores o detectores. El actuador viene a ser en definitiva un relé o un contactor que, energizado por una orden del sistema, acciona un motor, enciende una iluminación, dispara una alarma. También puede tratarse de una electroválvula para el cierre del paso de agua, en caso de inundación, o de gas. En este último caso deberán atenderse las recomendaciones tanto en lo que respecta al material a usar como a la instalación de la empresa suministradora del combustible.

Los detectores (también denominados sensores) presentan una gama muy amplia. Podemos hacer un intento de clasificación en función de su aplicación, así tendríamos detectores de

incendio, de intrusión, de control de la climatización, etc. También podemos sistematizarlos por el principio físico de funcionamiento. Por ejemplo, en el efecto fotoeléctrico se basa desde un detector de presencia por infrarrojos, pasando por un detector de iluminación hasta un detector de llama por ultravioletas. El conocimiento del principio físico de detección es importante para el técnico instalador, pues ello le ayudará a comprender el porqué de determinadas precauciones que deben tenerse en la colocación de los detectores y en la resolución de disfunciones; pero aún es más importante para el encargado del desarrollo de aplicaciones y sistemas.

Los detectores precisan para su funcionamiento de alimentación eléctrica, cuyo consumo suele ser muy bajo (de mili o micro amperios, generalmente a 12 voltios). Ello se resuelve mediante pilas en el caso de sistemas sin cableado, como son los que se comunican por radio frecuencia, alimentando los elementos de campo mediante una red propia desde una o varias fuentes de alimentación o bien conectando directamente a la red de 220 voltios cada elemento —éste se halla previsto de una fuente de alimentación propia y de baterías para garantizar su funcionamiento en caso de falta de alimentación.

Detectores y actuadores deben comunicarse entre sí. Una característica fundamental de la domótica es la interrelación. Pongamos un ejemplo:

En un pasillo, o en una escalera, de una vivienda existe un detector de presencia. En caso de ausencia de los ocupantes de la casa, éstos al marchar habrán conectado el sistema anti-intrusión. La detección por parte del elemento mencionado implicará el disparo de la alarma. Pero cuando la casa está ocupada, el detector de presencia actuará combinado con un crepuscular, situado en el exterior; de manera que al detectar presencia en la escalera y sólo si es de noche, encenderá la luz. A su vez el detector crepuscular condicionará el riesgo del jardín, sólo en horas nocturnas y en combinación con un detector de humedad del suelo, y también el alumbrado exterior.

Esta comunicación se efectúa a través del soporte de comunicación, del que hablaremos más adelante, y se gestiona por un programa.

¿Dónde reside este programa? Puede hallarse en una central de gestión, que nos recuerda un autómatas programable con algunas particularidades (que se discutirán más adelante). A su vez esta central puede poseer diversas sub-centrales (o esclavos) que la descarguen de ciertas rutinas. Hablamos en estos casos de gestión centralizada. Pero hay sistemas en que se ha optado por dotar a cada elemento de campo de una memoria y de una capacidad de gestionarla, y de ser programado independientemente, es decir: dotar a cada elemento de campo de un sistema microprocesado. Ello conlleva grandes posibilidades de expansión y de reorientación del sistema, a costa de un elevado precio de cada punto de detección o de actuación del sistema.

Además de resolver el problema de la alimentación del elemento de campo, debemos pensar cómo se comunicará con el resto del sistema. Lo puede hacer por radio (en tal caso, cada elemento debe ir dotado de un sistema emisor-receptor); puede hacerlo a través de la misma red eléctrica de potencia (220 voltios) por medio de corrientes portadoras, deberá disponerse entonces de un sistema de filtrado; puede hacerlo por un sistema de cableado punto por punto, lo que implica tender en muchas ocasiones un entramado de cables enormes con la correspondiente previsión de espacios para tubos y mangueras; o puede hacerlo a través de un bus. En este último caso, todas las informaciones discurren codificadas y en alta frecuencia por una única red de comunicación, y cada elemento de campo debe disponer de una interficie de comunicación compatible con el bus y de un sistema de direccionamiento.

EL SISTEMA DE GESTIÓN

Ya hemos comentado que los sistemas nos recuerdan a las aplicaciones en automatización industrial de los PLC o autómatas programables, pero con algunas salvedades:

- No debe tratarse necesariamente de equipos con un grado de protección tan elevado como los destinados a la industria, ni frente a agresiones de trabajo o parásitos radioeléctricos originados por grandes

motores o cuadros eléctricos por donde discurren potencias elevadas.

- No debe pensarse que el instalador eléctrico doméstico es un técnico en automatización. En tal sentido, el equipo deberá comunicarse con él en un lenguaje de alto nivel, sencillo, concreto y basado en frases o iconos. Mucho menos debido en estas lides será el usuario, con quien la comunicación habrá de establecerse en términos muy asequibles. El lenguaje de usuario deberá estar protegido con una palabra de paso (o código), también el de instalador, que en principio no debe conocer el usuario. Finalmente es bastante oportuna la encriptación del programa de máquina, sólo accesible al fabricante.
- El modo de acceso a la programación por parte del instalador suele ser mediante un ordenador portátil PC, conectable en un punto de la instalación, el cual dispone en su disco duro del soft correspondiente de programación. El usuario podrá comunicarse por una pantallita de cristal líquido y una concisa botonera. A nuestro juicio la discreción debería ser norma: para el usuario ha de pasar lo más desapercibido posible el carácter domótico de su casa; su ambiente vital no debe agobiarle con un exceso de mensajes, botones, etc.
- Por último, es oportuno que exista la posibilidad de comunicación remota con el sistema, a través del teléfono. Ello puede resolverse con una salida tipo modem. A petición del usuario, el instalador y el usuario podrán recibir mensajes de alarma enviados por la instalación durante su ausencia, o también acceder a activar o desactivar funciones a distancia.

EL SOPORTE DE COMUNICACIÓN

Una de las diferencias fundamentales entre distintos sistemas domóticos es el soporte de comunicación. Estas diferencias alcanzan a la instalación a realizar en la vivienda, al hecho de si la instalación supone un traumatismo mayor o menor en caso de querer implementarla en una

vivienda ya habilitada, a las posibilidades de compatibilidad con otros sistemas y de ampliaciones y reprogramaciones futuras. Es por ello que el usuario deberá tener un conocimiento claro de si el soporte de comunicación por el que opta es el más adecuado.

Ya hemos dicho que el soporte de comunicación permite al centro de gestión controlar todos los elementos que constituyen el sistema domótico. El soporte es básicamente un medio de comunicación entre sensores, actuadores y centro de gestión. Podemos distinguir los siguientes tipos de soporte:

Soportes de comunicación

- TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA DE POTENCIA, mediante corrientes portadoras.
- TRANSMISIÓN MEDIANTE CABLES DEDICADOS, generalmente a través de una manguera de pares de forma similar a la telefonía.
- TRANSMISIÓN A TRAVÉS DE UN CABLE ÚNICO, denominado normalmente "bus".
- TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA.
- TRANSMISIÓN POR SEÑAL DE RADIO.

Analicemos en primer lugar la transmisión por corrientes portadoras.

Todos los sistemas de soportes enunciados, excepto éste, tienen en común la necesidad de un cableado propio; es decir, en la casa, además de la instalación eléctrica normal, deberá tenderse una segunda red con el soporte de comunicación elegido. Esta red exige una canalización independiente, así como sus cajas de distribución y de conexión de elementos en todas las estancias de la casa. El tendido de esta red no tiene porqué suponer un problema ni un sobrecoste demasiado elevado, si se realiza en obra nueva y ya había previsto en el proyecto de ésta. Sin embargo, puede resultar caro y sobre todo de instalación molesta, si se desea implementar en una casa ya habitada. La alternativa puede ser en muchos casos las corrientes portadoras, que

usan como soporte de comunicación la misma red eléctrica de baja tensión de la casa.

Desde hace muchos años las empresas eléctricas usan las corrientes portadoras para su telefonía interior, a través de las líneas de alta y media tensión.

La técnica de la modulación nos permite usar una misma línea para dos funciones distintas: el transporte de energía eléctrica (corriente alterna de 50 Hz, generalmente a 220 V) y el paso de señales de información (señales digitales).

Principio de las corrientes portadoras:

Los elementos domóticos (sensores, actuadores, etc.) se conectan a la red eléctrica (en un enchufe normal y corriente) a través de una interficie de transmisión: el emisor-receptor.

El emisor dispone de un circuito modulador que suma la señal portadora (que es el vehículo de transmisión) a la señal moduladora (que contiene la información). Ambas constituyen la señal modulada, que es vertida a la red eléctrica. El receptor dispone de un circuito demodulador, capaz de separar la portadora de la moduladora, reconstruyendo la información transmitida.

En general los automatismos eléctricos responden con señales digitalizadas, del tipo 0-1. La mayoría de los captadores disponen también de dos estados posibles: un final de carrera puede estar pulsado o no, un detector de presencia o de incendios puede estar activado o no, una barrera fotoeléctrica puede estar cortada o no, etc.; otros sensores pueden dar una gama de respuestas más amplia (sondas de temperatura,

humedad, etc.), pero igualmente esta información permite ser digitalizada. Por tanto, toda la información que se transmita puede ser digital, siendo esta la señal moduladora.

En cuanto a la señal portadora, indispensable para realizar la transmisión, será analógica (es decir: la amplitud de la onda varía con el tiempo).

SOPORTE COMUNIC.	COSTE RELATIVO	INMUNIDAD INTERFER.	ANCHO BANDA	ATENUACIÓN SEÑAL
radio	bajo	baja	alto	alto
fibra óptica	bajo	alta	alto	bajo
cable	alto	baja	bajo	alto
coaxial	alto	alta	alto	alto

Cuadro resumen de soportes de comunicación.

La figura siguiente resume las frecuencias (y longitudes de onda) de trabajo en cada tipo de soporte de comunicación.

En lo referente a las características de la señal, tanto de la portadora como de la moduladora, estas deben cumplir las siguientes normas:

- Frecuencia de la señal portadora: 95 KHz a 148 KHz.
- Nivel máximo de la señal modulada: 0'91 V (pico).
- Velocidad de transmisión de datos: 1200 bauds.

Así pues vemos que la transmisión a través de las corrientes portadoras, en aplicaciones de no muy elevada complejidad, puede ser una alternativa a considerar. Con ello nos evitamos tener que tender una instalación nueva. Esta peculiaridad sólo la comparte con las instalaciones que usan únicamente la radio frecuencia como soporte de comunicación.

En el cuadro siguiente resumimos los otros soportes de comunicación existentes:

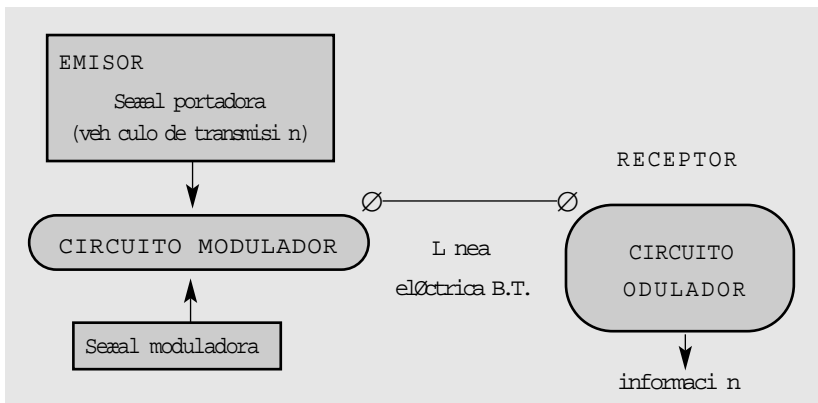


Figura. Principio de emisión-recepción con corrientes portadoras.



LONGITUD DE ONDA	FRECUENCIA	NOMBRE	APLICACIONES	SOPORTE USADO
100 km	100 KHz	audio	teléfono telégrafo	pares de hilos
30 km	10 KHz	onda larga	radio	par de hilos aire
1 km	300 KHz	onda media	radio	par de hilos aire
100 km	3 MHz	onda corta	radio	coaxial aire
10 m	30 MHz	UHF	radio FM TV	coaxial aire
10 cm	3 GHz	microondas	TV satélite	guía de ondas aire
1 micra	10 ¹⁴ Hz	infrarrojo visible ultravioleta	láser medicina	fibra óptica

* Nota: Cuando indicamos "aire" queremos decir que no precisa un soporte de comunicación material; se propaga por el aire en la tierra y por el vacío en el espacio.

Frecuencias y longitudes de onda.

A continuación repasamos los sistemas posibles que usan un cable especializado.

Existen diversos tipos de cable pensados para tender líneas específicas dedicadas a la transmisión de datos y señales, como el Batibus, el RS2, etc. Todas estas líneas se basan en conductores tradicionales (cobre aislado y apantallado). Todas ellas tienen en común:

- Es posible trabajar con señales de alta frecuencia (MHz).
- Requieren cablear una red dedicada exclusivamente a la comunicación del sistema.
- Distinguimos básicamente dos tipos de bus:
 - a) Cable de pares (como el Batibus), que permite la transmisión de señales de media frecuencia dedicadas a control, audio y alimentación de equipos, con una velocidad de transmisión de datos de hasta 9,6 Kb/s.
 - b) Cable coaxial de 75 Ohm, que permite trabajar a radiofrecuencia con una mayor velocidad de transmisión de datos e incorporar la transmisión de señales de audio y vídeo por el mismo bus.

Se denomina topología de cableado a la configuración que recibe la red de transmisión de

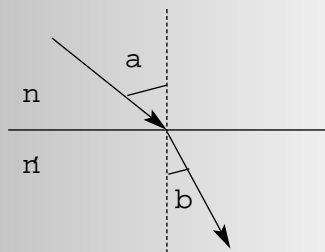
señal. Ésta puede ser en forma de estrella (radial) o en anillo.

Uno de los buses más usados en Europa es el Batibus. Ha sido adoptado por una serie de fabricantes diversos, que forman parte del llamado "Club Batibus". Estos fabricantes garantizan que todos sus productos pueden comunicarse a través del Batibus. Se trata de un cable genérico de dos hilos apantallado. Este tipo de soporte está estudiado para poder ser tendido por canal o tubo de empotrar, y existen cajas de conexión y de derivación, con regletas, que permiten construir la red de comunicación en la casa. Los cables apantallados permiten

ser tendidos, dentro de una misma canaleta o tubo empotrable, junto a los de potencia, sin problemas de interferencias. Si se trata de un cable no apantallado, se recomienda una separación entre ambas redes de 30 a 50 mm., así como el uso de tabiques de PVC en el interior de la canal.

La fibra óptica es, hoy por hoy, el soporte menos utilizado en aplicaciones domóticas. Las señales de comunicación usadas con soporte de fibra óptica son de carácter luminoso; por este motivo las técnicas de conexión y empalme de diferentes tramos de fibra son muy diferentes a las habituales para los otros soportes ya comentados. El núcleo de la fibra óptica es el encargado de transmitir la señal luminosa; el revestimiento aporta la resistencia mecánica necesaria a la fibra y todo ello va envuelto en varias capas de recubrimiento de protección. Los materiales usados en la producción de la fibra óptica son el plástico y el vidrio.

El principio de funcionamiento de las fibras ópticas se basa en el fenómeno de la reflexión total interna. Cuando la luz pasa de un medio a otro distinto, se refracta: todos hemos observado cómo un palito recto, introducido en un vaso con agua, parece haberse doblado. El efecto de la refracción consiste en la desviación de los rayos luminosos.



Ley de la refracción.

Al pasar la luz de un medio a otro, sus rayos se desvían, según indica la fórmula experimental:

$$n \sin(a) = n' \sin(b)$$

donde n y n' son los índices de refracción de ambos medios, referidos al vacío. Es decir:

$$\text{Índice de refracción de un medio} = \frac{\text{velocidad luz en ese medio}}{\text{velocidad luz en el vacío}}$$

Se produce reflexión total interna en un medio cuando:

$\sin(b) > 1$, por tanto el ángulo de incidencia crítico entre dos medios para que se produzca reflexión total interna es:

$$\sin(a) = n'/n \text{ (ángulo crítico)}$$

Sólo existen valores para el ángulo crítico cuando $n' < n$. Por ejemplo, si la luz pasa del vidrio ($n=1.50$) al aire ($n'=1.00$), el ángulo crítico es de 41'8 grados. Atendiendo al tipo de señales que van a transmitirse, existen diferentes tipos de fibras ópticas. Podemos hacer la siguiente clasificación:

- Fibras multimodo: de índice escalonado de índice gradual
- Fibras monomodo

FIBRA	DISTANCIA ALCANCE	LONGITUD DE ONDA USADA	ANCHO DE BANDA	COSTE RELATIVO
multimodo i.escal.	corta (1 km)	de 850 nm a 1300 nm	estrecho 10-50 MHz	bajo
multimodo i.gradual	media (10 km)	de 850 nm a 1300 nm	medio 600-1000 MHz	medio
monomodo	larga (> 10 Km)	de 1300 nm a 1550 nm	ancho > 10 GHz	alto

Nota: 1 nm (nanómetro) = 0,000000001 m.

Características de los diferentes tipos de fibras ópticas.

La tabla anterior nos resume las características particulares de cada tipo.

La fibra monomodo, debido al bajo nivel de pérdida de señal, se emplea para cubrir grandes distancias. Su núcleo tiene un diámetro de apenas 9 micras (0'000009 m), lo que da idea de la precisión requerida en el empalme de este tipo de fibras y de la conexión de los elementos emisores y receptores de señal luminosa.

Las fibras multimodo acusan mayores pérdidas de señal (sobre todo las de índice escalonado), por ello su uso se limita a distancias de comunicación menores. El núcleo de la fibra puede tener de 50 a 1000 micras de diámetro, por lo que los empalmes se pueden realizar con mayor facilidad.

La ejecución de empalmes y derivaciones en fibra óptica, se realiza con herramientas y técnicas especiales que el instalador debe conocer.

En una instalación de fibra óptica es posible transmitir todo tipo de señales, mediante la utilización de los circuitos conversores adecuados. Puede transmitirse la información digitalizada o de forma analógica por variación de la intensidad de la luz (modulación de amplitud).

El convertidor electro-óptico es un circuito dotado de un emisor de luz (un diodo LED) que sigue las variaciones de la señal eléctrica digital de entrada. El conversor optoelectrónico está provisto de una célula fotodetectora (fotodiodo) que, junto con el circuito electrónico adecuado, restaura la señal de partida.

El cable usado en aplicaciones de control, automatización y transmisión de datos en domótica, suele ser del tipo multimodo multifibra (dentro de un mismo cable existen varias fibras paralelas, de 2 a 24). Sus características básicas son:

- Atenuación de la señal:
 - para una longitud de onda de 850 nm: 4 dB/Km
 - para una longitud de onda de 1300 nm: 2'5 dB/Km

(la atenuación aumenta al hacerlo la frecuencia de la señal).

- Diámetro del núcleo más el revestimiento:
50 a 125 micras
- Radio de curvatura mínimo (para hilo de 4 fibras)
12 cm
(El radio de curvatura aumenta con el número de fibras)

Un grupo de personas, en el que me encuentro, trabaja desde hace años en la Fundació Joan XXIII en Bellvitge, cerca de Barcelona, en el desarrollo de sistemas de formación sobre estas tecnologías. Nos importa cómo enseñar estas aplicaciones en su vertiente de diseño, proyecto e instalación, tanto a los futuros profesionales del sector de las instalaciones electro-técnicas de baja tensión, como a los profesionales en activo que

desean reciclarse. El fruto más reciente de este trabajo ha sido la creación del Aula Taller Joan Torres. Se trata de un equipo muy completo para realizar prácticas de diseño e instalación, con la particularidad de ser un laboratorio muy fácilmente transportable a cualquier punto donde se desee trabajar con él. Todo ello ha sido posible gracias a la colaboración de empresas del sector, como Delta Doré Electrónica, Eunea-Merlin Gerin del Grupo Schneider, Apfelsine e Institut Català d'Energia de la Generalitat de Catalunya, entidades a las que manifestamos nuestro agradecimiento, así como a la dirección de la Fundació que confió desde un principio en la viabilidad de nuestro proyecto.

Seguimos trabajando en ello y gustosamente compartiremos con todos los interesados las experiencias y trabajos al respecto.

