



Cuaderno de aplicaciones técnicas n.º 13

Comunicación vía bus con interruptores ABB

Comunicación vía bus con interruptores ABB

Índice

1	Introducción	2	4.11	Instrumentos de medida.....	60
2	Comunicación digital	3	4.11.1	Controladores de temperatura.....	60
2.1	Protocolos de comunicación.....	4	4.11.2	Contadores electrónicos de energía.....	61
2.1.1	Nivel físico.....	5	4.12	Convertidor serie RS485/RS232.....	62
2.1.1.1	Interfaces RS-232 y RS-485.....	6	5	Interruptores ABB en las redes Ethernet TCP/IP	63
2.1.2	Nivel de transmisión de datos.....	8	5.1	Ethernet.....	63
2.1.3	Nivel de aplicación.....	8	5.1.1	Protocolo IP.....	65
2.1.4	Compatibilidad entre niveles.....	9	5.1.2	Protocolo TCP.....	65
3	Supervisión de las instalaciones de distribución eléctricas	10	5.2	Protocolos industriales Ethernet.....	66
3.1	Supervisión con interruptores automáticos ABB.....	12	5.3	Protocolo Modbus/TCP.....	67
4	Solución ABB para la comunicación vía bus	14	5.4	Conversión Modbus serie - Modbus/TCP.....	70
4.1	Interruptores automáticos de bastidor abierto Emax.....	14	5.5	Gateway SD-GEM.....	72
4.2	Interruptores automáticos de bastidor abierto Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7.....	17	6	Ejemplos de aplicación	74
4.3	Interruptores automáticos en caja moldeada Tmax T4-T5-T6.....	19	6.1	Supervisión de las protecciones y maniobra de los interruptores.....	74
4.4	Interruptores automáticos en caja moldeada Tmax XT2 - XT4.....	22	6.2	Atribución de los costes energéticos dentro de una instalación.....	75
4.5	Solución SD030DX para interruptores automáticos sin interfaz Modbus RTU.....	25	6.2.1	Descripción del sistema de distribución y comunicación.....	76
4.6	Interfaz para frontal de cuadro HMI030.....	29	6.2.2	Funcionamiento.....	76
4.7	Red Modbus RS-485 (Normas para el correcto cableado).....	40	6.3	Gestión de las cargas prioritarias y no prioritarias.....	77
4.7.1	Funcionamiento del sistema Modbus RTU.....	44			
4.8	Software Ekip Connect.....	46	Apéndice A:	Medidas, datos y comandos para la supervisión y el telecontrol.....	78
4.8.1	Escaneo del bus del sistema.....	47	Apéndice B:	Características eléctricas de la tensión de alimentación auxiliar.....	86
4.8.2	Comunicación con cada dispositivo.....	48	Apéndice C:	Módulos de comunicación.....	88
4.9	Ejemplo de elección de los productos para la supervisión y el telecontrol.....	54	Apéndice D:	Módulos de medida.....	97
4.10	Interruptores automáticos ABB en los buses de campo Profibus DP y DeviceNet.....	56	Apéndice E:	Contactos auxiliares AUX-E y mando motor MOE-E para Tmax T4-T5-T6.....	99
4.10.1	Interruptores de bastidor abierto Emax E1÷E6, Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7/T7M.....	57	Apéndice F:	Mando motor MOE-E para Tmax XT2-XT4.....	101
4.10.2	Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6.....	59	Apéndice G:	Bit de paridad.....	103

1 Introducción

La cada vez mayor utilización de sistemas de automatización y de supervisión de procesos industriales, debido a que ofrecen una mejor gestión de las instalaciones eléctricas y tecnológicas, ha llevado a los fabricantes de interruptores automáticos a implementar en los relés de protección electrónicos interfaces para el diálogo y la comunicación vía bus con aparatos de control como PC, PLC o SCADA.

De esta forma, además de la protección y la maniobra, los interruptores automáticos se utilizan para la supervisión y el control de las instalaciones de distribución eléctrica. El presente cuaderno de aplicaciones técnicas tiene por objeto acercar al lector los conceptos básicos de:

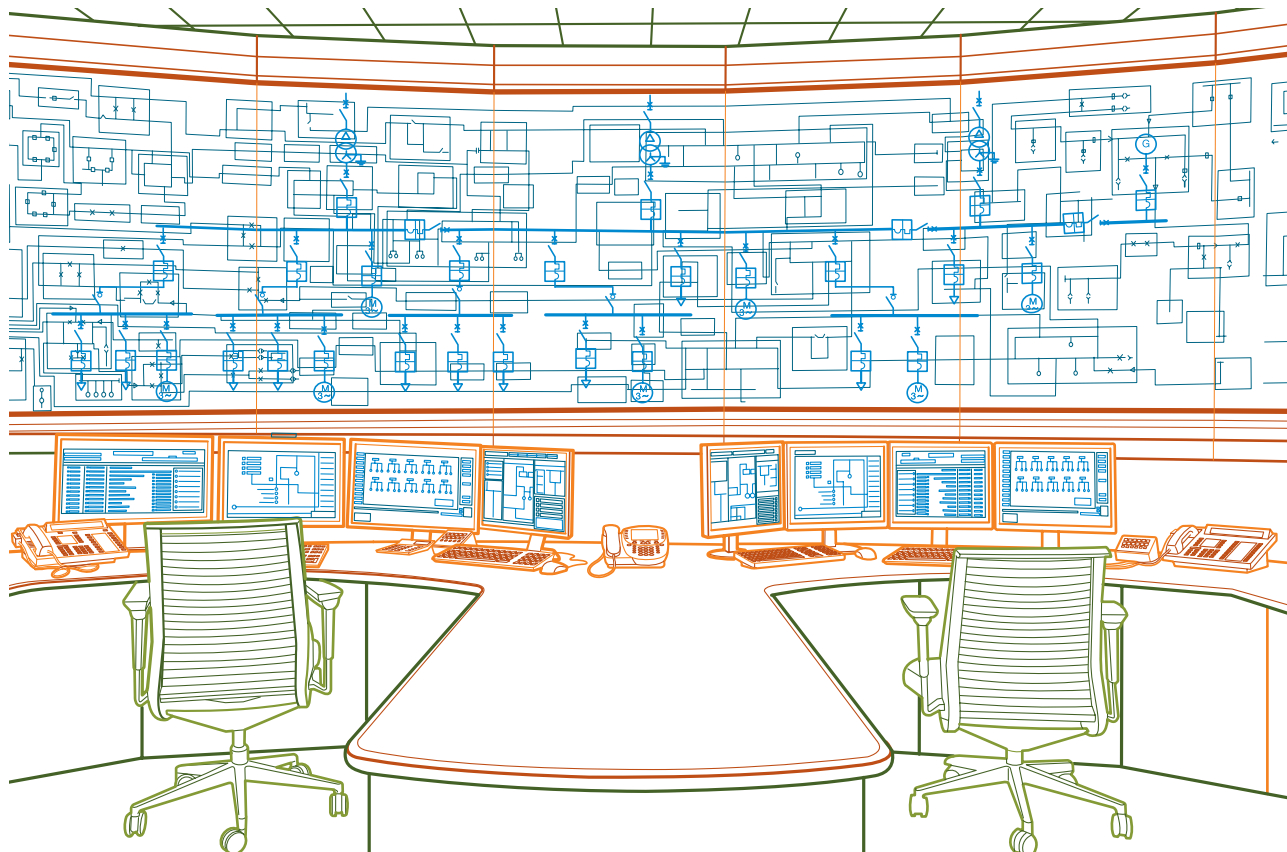
- Redes y protocolos de comunicación
 - Diálogo entre dispositivos electrónicos “inteligentes”
- Y, además, describir las funcionalidades de los relés de protección electrónicos que permiten la comunicación por bus de los interruptores automáticos ABB. En particular, pretende ofrecer toda la información útil para la elección y el uso correcto de los relés de protección, de los módulos de comunicación, de los accesorios y de los programas necesarios para integrar los interruptores automáticos ABB en los sistemas de supervisión de las instalaciones eléctricas y tecnológicas (por ejemplo, en las líneas de producción de los procesos industriales).

Esta publicación se divide en cinco partes fundamentales:

- Introducción a la comunicación digital y conceptos básicos sobre los protocolos de comunicación.
- Supervisión de las instalaciones de distribución eléctrica.
- Solución ABB para la comunicación en los buses de campo (Modbus RTU, Profibus DP y Device-Net), normas para la extensión de la red Modbus RS-485 e interfaz para frontal de cuadro HMI030.
- Solución para integrar los interruptores ABB en las redes Ethernet con protocolo Modbus/TCP.
- Algunos ejemplos de aplicación de los interruptores ABB en la gestión automatizada de las instalaciones de distribución eléctrica.

Además se incluyen siete apéndices.

El apéndice A contiene las tablas con la información principal, las mediciones y las alarmas disponibles en los relés de protección. En los apéndices restantes se profundiza en aspectos funcionales y aplicativos de los productos y accesorios (módulos de comunicación, módulos de medida, contactos electrónicos auxiliares, conectores y mandos motores) necesarios para la comunicación vía bus de los interruptores automáticos ABB. En concreto, el apéndice C incluye las indicaciones para conectar los interruptores a una red Modbus RS-485.



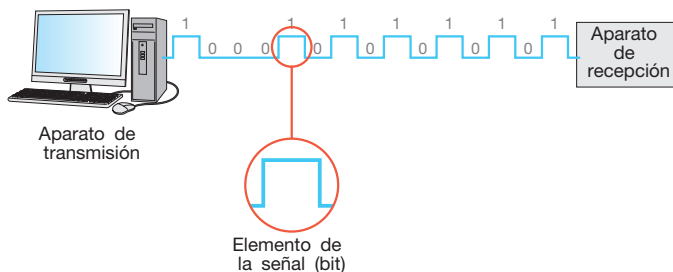
2 Comunicación digital

La comunicación digital es un intercambio de datos (en forma binaria, es decir, representados mediante bits¹) entre dispositivos electrónicos "inteligentes" dotados de sus circuitos e interfaces correspondientes.

Generalmente, la comunicación se produce de forma serial, es decir, los bits que constituyen un mensaje o un paquete de datos se transmiten uno detrás de otro a través del mismo canal de transmisión (medio físico).

¹ El bit es la unidad de información elemental gestionada por un ordenador y corresponde al estado de un dispositivo físico, que es interpretado como 0 o 1. Una combinación de bits puede indicar un carácter alfabético, una cifra numérica o bien efectuar una señalización, una conmutación u otra función.

Figura 1: Secuencia de bits



Los aparatos que deben intercambiar datos e información se encuentran interconectados por medio de una red de comunicación.

Por lo general, una red está compuesta por nodos interconectados con líneas de comunicación:

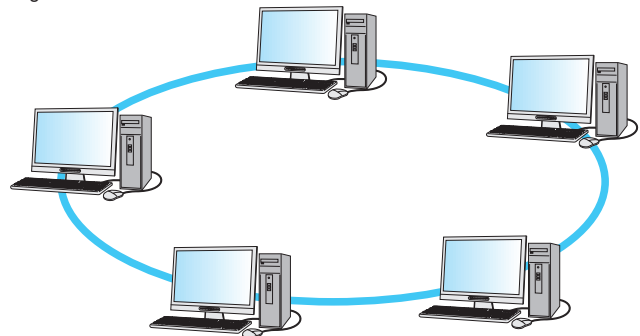
- El nodo (un dispositivo "inteligente" capaz de dialogar con otros dispositivos) constituye el punto de transmisión y/o recepción de los datos.
- La línea de comunicación es el elemento de conexión de dos nodos, el recorrido directo que la información sigue para ser transferida entre ambos nodos. Dicho de otra forma, es el medio físico (cable coaxial, par trenzado, fibras ópticas, rayos infrarrojos) por el que viajan la información y los datos.

Las principales redes de comunicación pueden clasificarse en las siguientes tipologías:

- Red en anillo

Las redes en anillo están constituidas por una serie de nodos (en la Figura 2, representados por PC) interconectados formando un anillo cerrado.

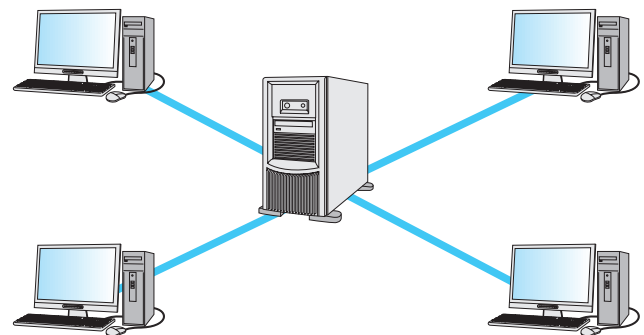
Figura 2: Red en anillo



- Red en estrella

Las redes en estrella están basadas en un nodo central al que se conectan todos los demás nodos periféricos.

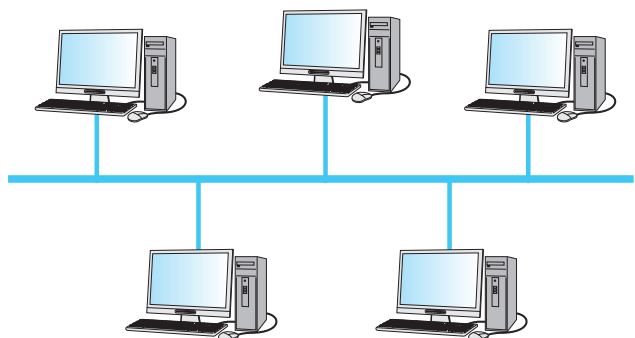
Figura 3: Red en estrella



- Red tipo bus

La red tipo bus se basa en un medio de transmisión (generalmente, un cable en espiral o un cable coaxial) común para todos los nodos conectados, por tanto, en paralelo.

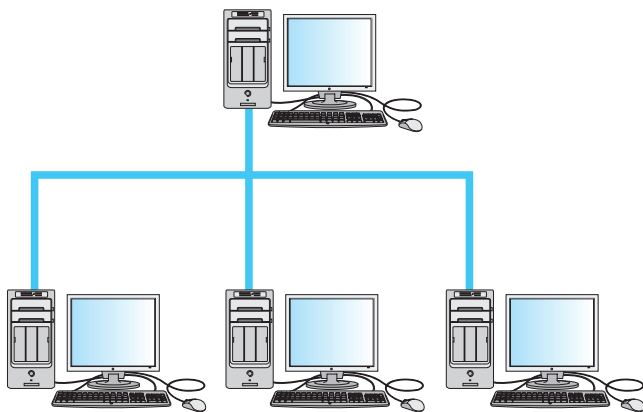
Figura 4: Red tipo bus



Algunos ejemplos de gestión de procesos en los que se requiere el diálogo entre los dispositivos que forman parte de una red de comunicación son:

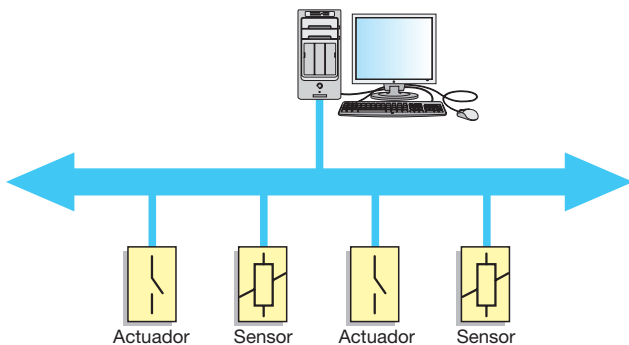
- 1) El intercambio de datos entre los PC de una sociedad o empresa, conectados entre ellos por una red LAN².

Figura 5: Ejemplo de red LAN



- 2) La emisión y recepción de datos y comandos entre un sistema de supervisión y control, y los dispositivos de campo (sensores y actuadores) de un sistema de automatización para la gestión de un proceso industrial.

Figura 6: Ejemplo de un sistema de supervisión para la gestión de un proceso industrial



Para gestionar el tráfico de datos de una red y para que dos dispositivos que dialogan sean capaces de entenderse recíprocamente, es necesario un protocolo de comunicación. El protocolo de comunicación es el sistema de normas y comportamientos que dos entidades deben respetar para intercambiar información, se trata de una convención precisa asociada a los datos intercambiados entre las partes.

² LAN (Local Area Network): redes locales (por ejemplo, Ethernet) que unen entre sí ordenadores y terminales físicamente cercanos, que se encuentran, por ejemplo, en la misma oficina o en el mismo edificio.

Los protocolos utilizados para la comunicación de los diferentes dispositivos empleados en las aplicaciones industriales son muy numerosos y varían en función de las exigencias de comunicación de cada aplicación, que pueden ser:

- Cantidad de datos que se van a transmitir.
- Número de dispositivos implicados.
- Características del entorno en el que va a producirse la comunicación.
- Vínculos de tiempo.
- Criticidad o no de los datos que se van a enviar.
- Posibilidad o no de corregir errores de transmisión.
- Otras.

Por otro lado, existe una amplia variedad de protocolos utilizados en la comunicación entre aparatos informáticos, como los ordenadores y sus respectivos periféricos.

No nos centraremos en ellos a continuación, sino que nos limitaremos a describir los protocolos dedicados a la comunicación industrial en los buses de campo (fieldbus), es decir, las redes utilizadas para el intercambio de información entre un sistema de protocolo y los dispositivos de campo (los sensores y los actuadores equipados con una interfaz de comunicación evolucionada que interactúan directamente con el proceso físico que se quiere mantener bajo control).

Particularmente, los conceptos aplicados a la gestión de las instalaciones eléctricas de distribución de energía de baja tensión son los de comunicación, supervisión y control.

2.1 Protocolos de comunicación

Los protocolos utilizados actualmente en las comunicaciones industriales son muy complejos.

Para simplificar, se suelen describir separadamente los niveles de funcionamiento. En cada protocolo se distingue un nivel físico ("physical layer"), un nivel de transmisión de datos ("data link") y un nivel de aplicación ("application layer"). Cada uno de estos niveles describe un aspecto del funcionamiento de la comunicación, a saber:

- El nivel físico determina la conexión entre los diversos dispositivos desde el punto de vista de hardware, describiendo las señales eléctricas utilizadas para transmitir los bits de uno a otro. Describe, por ejemplo, las conexiones eléctricas y los métodos de cableado, las tensiones y las corrientes utilizadas para representar los bits 1 y 0, y sus duraciones. En los protocolos industriales, el nivel físico es generalmente una de las interfaces estándar tipo RS-232, RS-485, RS-422, etc.

- El nivel de transmisión de datos describe cómo los bits se agrupan en caracteres y éstos en paquetes, y cómo los posibles errores son detectados y corregidos. Cuando es necesario, también define los turnos y las prioridades que los dispositivos deben respetar para acceder al medio de transmisión.
- El nivel de aplicación indica cuáles son los datos transmitidos y cuál es su significado en relación con el proceso bajo control. En este nivel, se especifica qué datos deben contenerse en los paquetes transmitidos y recibidos, y cómo son utilizados.

En términos generales, estos niveles son independientes unos de otros. Si extrapolamos el concepto de los niveles a la comunicación entre personas, podría decirse que hablar por teléfono o por emisor-receptor de radio equivaldría al nivel físico, hacerlo en inglés o en francés sería el nivel de transmisión de datos y el tema de la conversación correspondería al nivel de aplicación.

Para llevar a cabo con éxito la comunicación entre dos entidades, todos los niveles considerados deberán corresponderse. Por ejemplo, si usamos el teléfono, no podremos hablar con quien está usando una radio, no podremos entendernos utilizando diferentes lenguas, etc.

Figura 7: Imposibilidad de comunicación entre radio y teléfono



Sin pretender realizar una descripción completa de los protocolos existentes, señalamos algunas de las características de los sistemas de comunicación mediante una breve descripción de los tres niveles anteriormente citados.

2.1.1 Nivel físico

En el nivel físico, nos encontramos con:

- Sistemas Wireless (sin cables) que utilizan como medio físico ondas de radio, rayos infrarrojos o señales luminosas que se propagan libremente por el espacio.
- Sistemas Wired o cableados, en los que las señales se transmiten por medio de cables (o, en su caso, fibras ópticas).

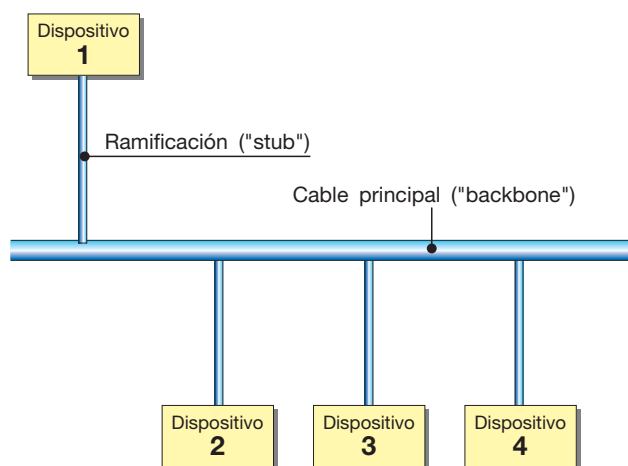
Entre estos últimos hay:

- Sistemas con cableado punto a punto ("point to point"), en los que cada tramo de cable conecta dos dispositivos y sirve exclusivamente para la comunicación entre ellos (un clásico ejemplo de ello es la comunicación entre un PC y una impresora). Esta comunicación puede ser de tipo "full duplex", si ambos dispositivos pueden transmitir al mismo tiempo, o "half duplex", si pueden hacerlo sólo alternándose.

- Sistemas con cableado multipunto (también llamados "multidrop"), en los que muchos dispositivos comparten en paralelo el mismo cable de comunicación (véase la Figura 8).

Entre los sistemas multipunto destacan los de conexión de tipo bus, en los que un cable principal con o sin ramificaciones muy cortas conecta en paralelo entre sí todos los dispositivos.

Figura 8: Sistema multipunto con conexión de tipo bus



En las redes industriales, las interfaces de nivel físico más utilizadas son la RS-232 para conexiones punto a punto y la RS-485 para conexiones multipunto.

2.1.1.1 Interfaces RS-232 y RS-485

En el nivel físico, nos encontramos con:

La interfaz RS-232, muy utilizada para PC y también conocida como "puerto serie", es un sistema de comunicación serie de puerto asíncrono punto a punto que puede funcionar en "full duplex".

Figura 9: Conector serie RS-232 de 9 pines



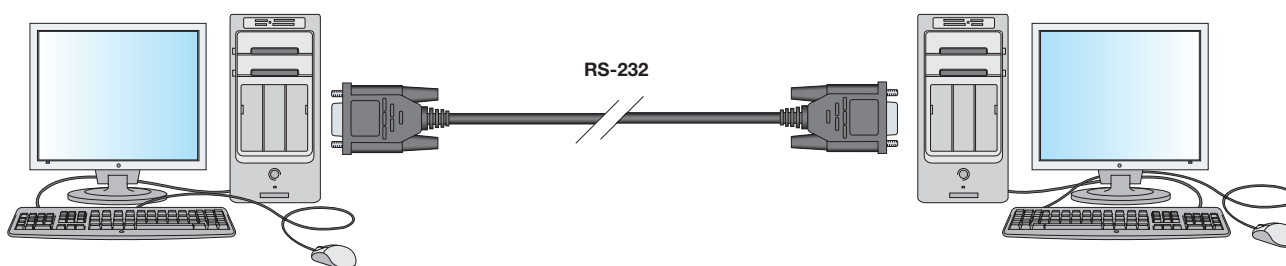
Figura 10: Cable serie RS-232 de 9 pines



Sus características pueden describirse de la siguiente manera:

- "Serie" significa que los bits se transmiten uno tras otro.
- "Asíncrono" significa que cada dispositivo puede transmitir un carácter cada vez, separados por intervalos de tiempo largos o cortos según las necesidades.
- "Punto a punto" significa que sólo dos dispositivos pueden estar conectados entre sí siguiendo esta modalidad. Si se desea utilizar la RS-232 para conectar más de dos dispositivos, cada par debe disponer de un canal independiente, con dos puertos destinados a ello.

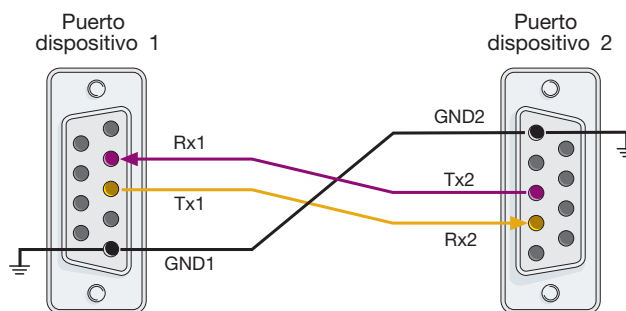
Figura 11: Conexión punto a punto entre dos PC



- "Full duplex" significa que los dispositivos pueden transmitir y recibir al mismo tiempo. El funcionamiento en "full duplex" es posible gracias a que existen dos conexiones eléctricas separadas para las dos direcciones en las que los datos viajan.

Los bits se transmiten en forma de niveles de tensión desde el terminal de transmisión (Tx) de un dispositivo al terminal de recepción (Rx) del otro dispositivo. Las tensiones son referidas a un conductor de tierra de señal (GND) conectado al homónimo terminal de los dos dispositivos.

Figura 12: Conexiones básicas para la comunicación entre dos dispositivos con la interfaz RS-232.



Para la conexión, se necesitan al menos tres líneas (Tx, Rx y GND): pueden utilizarse más conexiones para regular el flujo de datos (por ejemplo, indicar cuándo un dispositivo está listo para transmitir o recibir). Estas operaciones, que constituyen los procesos de "handshaking" y "flow control"³, no se desarrollarán en este documento.

Cada uno de los caracteres que transita por el cable serie está constituido por:

- Uno o más bits de inicio, que sirven para informar al dispositivo receptor de la llegada de un nuevo carácter (el dispositivo receptor de una interfaz asíncrona no sabe cuándo se presenta un carácter, por tanto, hay que indicárselo con anterioridad).
- Un número determinado de bits de datos (por ejemplo, 8).

³ "Flow control": metodología para el control del flujo de la información.
 "Handshaking": intercambio de señales preestablecidas entre dos dispositivos con el fin de obtener una correcta comunicación. Mediante este intercambio de señales, los dispositivos comunican que tienen datos para transmitir o que están listos para recibir.

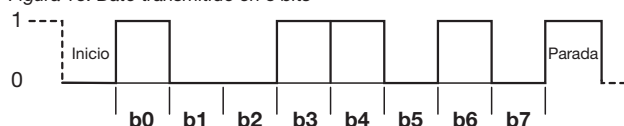
- Un eventual bit de paridad, que sirve para reconocer si entre los bits transmitidos existe alguno erróneo (en ese caso, el carácter al completo es considerado no válido y se descarta): el bit de paridad, si se utiliza, puede ser configurado en modalidad par o impar.
- Uno o más bits de parada, que concluyen la transmisión.

Todos los bits descritos tienen la misma duración: la interfaz serie está configurada para transmitir un cierto número de bits por segundo (bps o baudios). Las velocidades de transmisión están estandarizadas, de manera que suelen usarse múltiplos de 300 bits por segundo. Por ejemplo, un dispositivo puede transmitir a 9600, 19200 o 38400 baudios o bits por segundo. Para una comunicación óptima, es indispensable que los dos dispositivos utilicen los mismos ajustes: "baud rate" (velocidad de transmisión), número de bits de datos, de inicio y de parada, el uso o no del bit de paridad y, en caso afirmativo, la modalidad (par o impar). Si esto no se produce, ningún carácter será reconocido correctamente y, por consiguiente, será imposible transmitir datos.

Por ejemplo, en la cadena de bits representada en la Figura 13, pueden distinguirse:

- Un bit de inicio.
- 8 bits (b0...b7) que componen el dato.
- Un bit de parada.

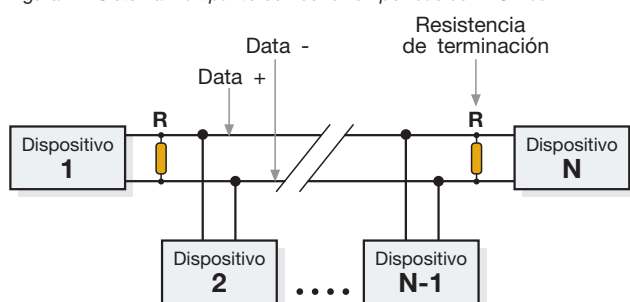
Figura 13: Dato transmitido en 8 bits



La interfaz RS-485 se distingue de la RS-232 por sus propiedades eléctricas y de conexión.

Sus ventajas principales son: la posibilidad de realizar conexiones multipunto⁴, es decir, entre más de dos dispositivos (véase la Figura 14), y una mayor inmunidad a las perturbaciones eléctricas.

Figura 14: Sistema multipunto con conexión por bus con RS-485



Estas características la convierten en la interfaz más utilizada en el medio industrial, desde las primeras versiones de Modbus (años sesenta) a los más modernos Modbus RTU, Profibus-DP, DeviceNet, CANopen y As-Interface. En la RS485, todos los dispositivos están conectados en paralelo a un único bus formado por dos conductores, denominados: Data+ y Data-, A y B o Data1 y Data2, según los diferentes fabricantes de los dispositivos.

Las señales utilizadas son diferenciales, lo que quiere decir que los bits están representados por la diferencia de potencial entre Data+ y Data-. Los conductores se encuentran trenzados y próximos el uno del otro, para que las perturbaciones eléctricas les afecten con la misma intensidad, de manera que la diferencia de tensión se altere lo menos posible.

Cuando un dispositivo no está transmitiendo, entra "en recepción" y presenta una impedancia elevada en el puerto de comunicación.

Las especificaciones estándar RS-485 (EIA/TIA-485)⁵ imponen límites a la impedancia de entrada y establecen requisitos a la corriente/potencia que cada dispositivo debe poder transferir a través de la línea durante la transmisión.

Concretamente, de acuerdo con lo establecido en el estándar de referencia, para una correcta transmisión de datos no debe haber más de 31 dispositivos "en recepción" conectados a la línea.

Por lo tanto, según lo establecido en la norma, la RS-485 garantiza una correcta comunicación con un número máximo de dispositivos conectados al bus de 32 y, en cada ciclo de comunicación, un dispositivo está "en transmisión" y los otros 31 "en recepción". De hecho, puesto que todos los dispositivos están conectados en paralelo a un único bus, sólo puede transmitir uno a la vez, ya que de lo contrario las señales se superponen y se vuelven irreconocibles. La interfaz RS-485 no incorpora ningún mecanismo para definir qué dispositivo tiene permiso para transmitir, esta tarea compete a los niveles superiores del protocolo utilizado.

La estructura de cada carácter transmitido, su duración y las posibilidades de configuración de la transmisión son las mismas que las anteriormente vistas para el puerto serie RS-232. Se puede tener una transmisión programada a una velocidad de 19200 baudios, con 1 bit de inicio, 1 bit de parada y 1 bit de paridad usado, por ejemplo, en modalidad Par. Todos los dispositivos conectados a un mismo bus deben estar programados de la misma manera para poder comunicarse entre sí.

⁴ En una conexión multipunto, los dispositivos suelen estar conectados en paralelo a un cable principal.

⁵ El EIA/TIA-485 "Differential Data Transmission System Basics" es el documento que describe el estándar RS485, al que todos los fabricantes hacen referencia.

2.1.2 Nivel de transmisión de datos

En este nivel de transmisión de datos, se habla de protocolo maestro-esclavo ("master-slave") cuando uno de los dispositivos (el maestro) tiene la función de controlar y gestionar la comunicación de todos los demás (esclavos). Sin embargo, se habla de sistemas entre iguales ("peer-to-peer") cuando no existe tal jerarquía y los dispositivos acceden al medio de comunicación de igual manera (en este caso, el protocolo incluye los procedimientos para gestionar los turnos y las prioridades de acceso al medio de comunicación, es el ejemplo de Ethernet).

Entre los protocolos de comunicación más utilizados se encuentran:

- Modbus RTU, el protocolo de conexión más usado en los dispositivos electrónicos-industriales.
- ProfiBus-DP, usado para la comunicación de campo con sensores y actuadores inteligentes, generalmente, con intercambio de datos veloz y cíclico entre aparatos de campo y controladores.
- DeviceNet, también usado para la interfaz entre dispositivos de campo y controladores (PC, PLC).
- AS-i, para la comunicación con sensores muy sencillos, como los interruptores de fin de carrera o dispositivos de mando (p. ej., pulsadores).

2.1.3 Nivel de aplicación

El nivel de aplicación otorga un significado a los datos transmitidos, es decir, asocia un comando (p. ej., abrir/cerrar el interruptor) o un número (p. ej., valores de tensión) a los datos en formato binario que los dispositivos se intercambian a través de la red de comunicación.

Pongamos como ejemplo el uso del protocolo Modbus para leer a distancia los valores de corriente almacenados en un interruptor Tmax con relé de protección PR222DS/PD.

Cada relé de protección almacena los valores de las magnitudes y de los parámetros en registros; estos registros pueden ser de sólo lectura (como el registro de medida de las corrientes) o de lectura y escritura (como el registro para la programación de las curvas y los umbrales de intervención de las protecciones)⁶.

En el relé de protección PR222DS/PD, las corrientes son almacenadas en los registros a partir de 30101.

Figura 15: Registros del PR222DS/PD con los valores de tiempo de ejecución de las corrientes

N.º de registro	Contenido del registro	Significado del contenido
30101	198	IL1 Corriente en la fase 1 [A]
30102	298	IL2 Corriente en la fase 2 [A]
30103	447	IL3 Corriente en la fase 3 [A]
30104	220	ILN Corriente en el neutro [A]

Cuando el maestro (por ejemplo, un PC) quiere leer los valores de las corrientes, envía al interruptor un mensaje que contiene:

- El número de los registros que almacenan los datos (el número de registro lleva asociadas las magnitudes medidas; en el ejemplo se indican los registros de 30101 a 30104 que contienen los valores de las corrientes).
- El tipo de operación que se va a efectuar (p. ej., lectura de los valores que figuran en el registro).

El esclavo (en este caso, el interruptor) responde enviando al maestro los valores requeridos.

Después, dichos valores se muestran al operador en un formato comprensible a través de las interfaces de usuario de los programas y las aplicaciones de supervisión, que facilitan la presentación de la información y de los datos procedentes del proceso controlado.

⁶ Para más información sobre la estructura del esquema Modbus de los relés de protección ABB equipados con interfaz de comunicación, véanse los siguientes documentos:
 - Modbus system Interface for Protection relays PR122/P and PR123/P + communication module PR120/D-M, mounted on CB New Emax; Protection relays PR332/P and PR333/P + communication module PR330/D-M, mounted on CB Emax X1, Tmax T7 and Tmax T8 (código de documento: 1SDH000556R0001)
 - Emax DC PR122DC-PR123DC + PR120/D-M Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000841R0001)
 - Emax VF PR122/VF + PR120/D-M Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000922R0001)
 - Instruction manual PR223EF Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000556R0001)
 - Instruction manual PR223DS Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000658R0001)
 - Instruction manual PR222DS/PD Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000600R0001)
 - El esquema Modbus (o esquema de memoria) lo establece el fabricante, que decide qué registro asociar a los datos que lee el interruptor y qué parámetros de lectura y de configuración del interruptor pueden transmitirse a través de la comunicación serie

2.1.4 Compatibilidad entre niveles

En la comunicación industrial, los diferentes dispositivos que se intercambian información deben utilizar los mismos protocolos en todos los niveles involucrados.

Por ejemplo, como veremos en los capítulos sucesivos, los interruptores ABB utilizan el protocolo Modbus

RTU con RS-485. Sin embargo, existen dispositivos industriales que utilizan Modbus RTU con RS-232 o Profibus-DP con RS-485.

A continuación se muestran algunas de las combinaciones citadas anteriormente y se indica cuáles funcionan y cuáles no.

NIVELES DEL PROTOCOLO	PROTOCOLO DEL DISPOSITIVO A	PROTOCOLO DEL DISPOSITIVO B	COMUNICACIÓN/DIÁLOGO
Nivel lógico	Modbus	Modbus	SÍ COMUNICACIÓN Compatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-485	
Nivel lógico	Modbus	Modbus	SÍ COMUNICACIÓN Compatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-232	RS-232	
Nivel lógico	Profibus-DP	Profibus-DP	SÍ COMUNICACIÓN Compatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-485	
Nivel lógico	Profibus-DP	Modbus	NO COMUNICACIÓN Incompatibilidad en el nivel lógico del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-485	
Nivel lógico	Modbus	Modbus	NO COMUNICACIÓN Incompatibilidad en el nivel físico del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-232	
Nivel lógico	Profibus-DP	Modbus	NO COMUNICACIÓN Incompatibilidad en todos los niveles del protocolo.
Nivel físico	RS-485	RS-232	

Por nivel lógico se entiende la combinación de nivel de conexión + nivel de aplicación.

3 Supervisión de las instalaciones de distribución eléctrica

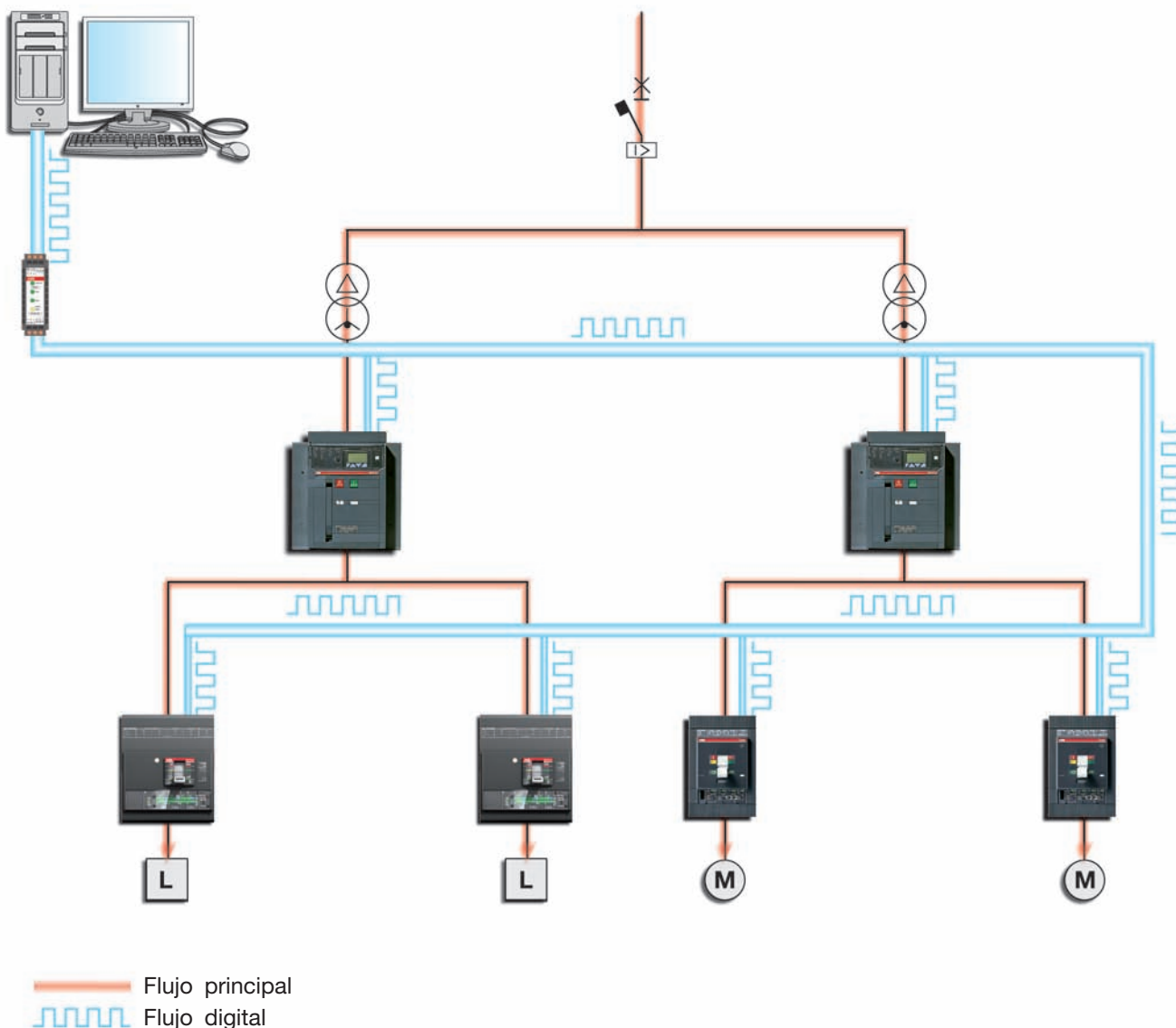
Una instalación de distribución eléctrica de BT puede considerarse como un proceso industrial dirigido a la distribución de energía eléctrica y, en este sentido, también necesita un sistema de supervisión y control para aumentar la fiabilidad y optimizar la gestión.

Desde el punto de vista de la integración entre la técnica industrial tradicional y los sistemas de control, para poder gestionar, controlar y realizar un seguimiento de forma centralizada y automática de las instalaciones civiles e industriales, puede decirse que en la instalación eléctrica deben intervenir dos flujos:

- Un flujo principal (flujo de energía) constituido por la potencia y la energía que, a través de conductores de línea y aparatos de mando y de protección, llega a los usuarios y a las cargas de una instalación.
- Un flujo digital constituido por toda la información, datos y comandos útiles para el control y la gestión de la instalación.

El sistema de supervisión es el encargado de gestionar este flujo informativo que transita por la red de comunicación.

Figura 16: Representación del flujo principal y del flujo digital



En función de la extensión y la complejidad de las instalaciones que se pretenden gestionar, se pueden realizar sistemas de supervisión con diferentes estructuras, desde las más sencillas (estructuras de dos niveles) a las más complejas (estructuras multinivel). Para simplificar la exposición, en este documento se considera que los sistemas con estructura de dos niveles son adecuados para la gestión de pequeñas y medianas instalaciones de distribución de media y baja tensión. En este tipo de estructura se distinguen:

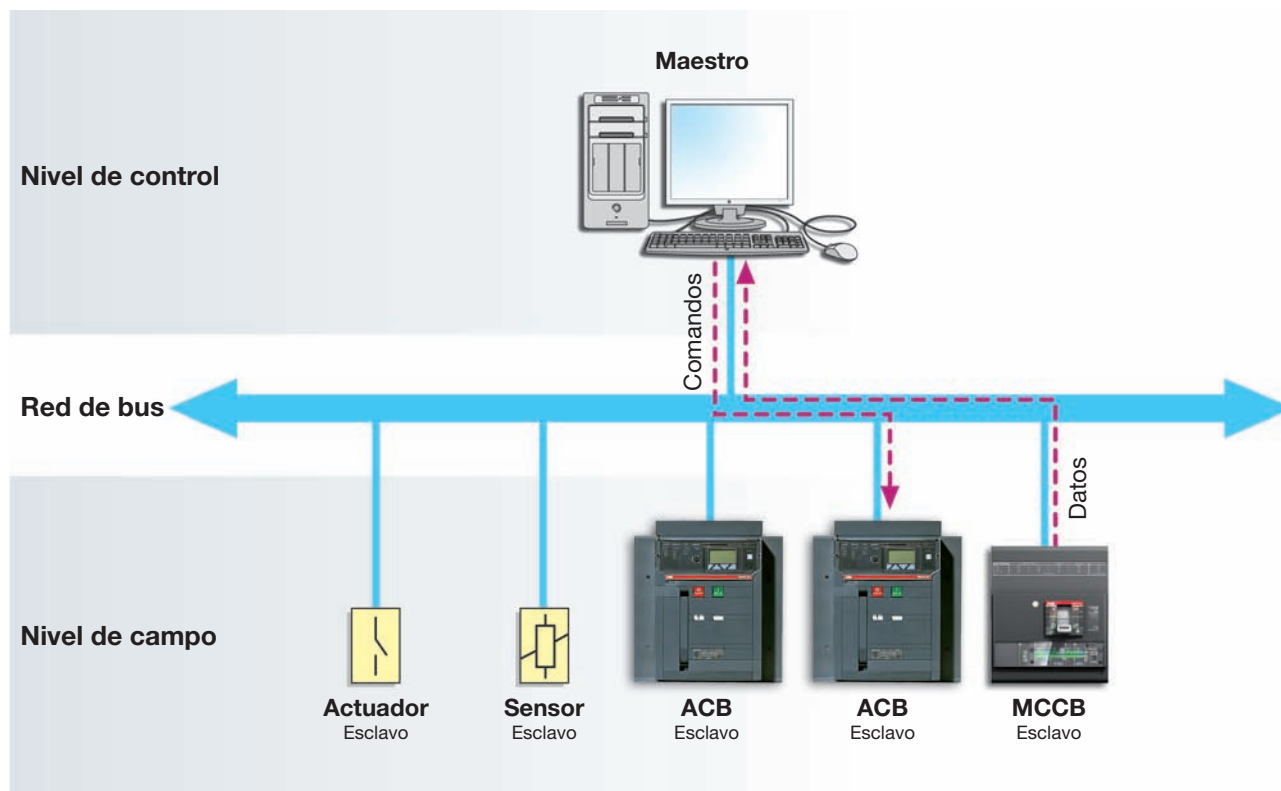
- 1) El nivel de control: formado por el sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition).
En las aplicaciones más simples, este nivel requiere un ordenador en el que se encuentren instalados los correspondientes programas de adquisición de datos, control o supervisión de la instalación. En este nivel se adquieren, visualizan y procesan los datos transmitidos desde los sensores y se envían los comandos a los actuadores. De este modo, un operador puede, desde un único puesto, realizar una monitorización del estado de toda la instalación y emprender las operaciones oportunas para garantizar el rendimiento y el correcto funcionamiento.

Más concretamente, en las aplicaciones en las que se integran la gestión de la instalación eléctrica y la gestión del proceso, el nivel de control está constituido por el ordenador supervisor del sistema de automatización de todo el proceso industrial.

- 2) El nivel de campo: compuesto por dispositivos de campo equipados con interfaz de comunicación (sensores, actuadores e interruptores de protección equipados con sus correspondientes relés de protección electrónicos) montados en la instalación eléctrica, que interactúan con esta última y se encargan de que esté en relación con el nivel de control.
Las principales funciones del nivel de campo son:
 - 1) Enviar los datos de la instalación (corrientes, tensiones, energías, estado de los interruptores, etc.) al nivel de control.
 - 2) Ejecutar los comandos (por ejemplo, apertura/cierre de los interruptores) recibidos desde el nivel de control.

Ambos niveles se comunican por medio de una red de comunicación tipo bus. La información (por ejemplo, valores medidos) transmitida desde el nivel de campo al nivel de control y los comandos, que viajan en dirección opuesta, constituyen el flujo informativo que transita por el bus.

Figura 17: Sistema de supervisión con estructura de dos niveles



3.1 Supervisión con los interruptores automáticos ABB

En el ámbito de la distribución de energía, la comunicación y el diálogo entre los dispositivos de protección son posibles gracias a los relés de protección electrónicos equipados con interfaz para comunicación Modbus.

El uso de estas unidades permite que los interruptores automáticos ABB puedan:

- Intercambiar datos con otros aparatos eléctricos por medio de un bus de comunicación e interactuar con sistemas de supervisión y control para la supervisión de las instalaciones eléctricas de baja tensión.
 - Integrar la gestión de la instalación eléctrica de distribución con los sistemas de automatización y gestión de toda una planta o proceso industrial, por ejemplo, integrar la información (corrientes, tensiones y potencias) procedente de los interruptores que protegen los motores, los circuitos auxiliares y la línea de alimentación de los hornos eléctricos de una acería con la información y los datos de las magnitudes físicas (como la presión y la temperatura) involucradas en la gestión de todo el proceso.
- De esta forma, el interruptor automático equipado con interfaz Modbus, además de desarrollar las clásicas funciones de proteger la instalación de las sobrecorrientes y proporcionar energía a las cargas, desempeña el papel de dispositivo de campo del sistema de supervisión, al funcionar ya sea como transmisor⁷ o como actuador.

La función del transmisor permite, por ejemplo, mantener controlados los consumos energéticos y mejorar la gestión de la instalación de distribución eléctrica.

Los consumos de energía de la instalación eléctrica que alimenta un determinado proceso de producción pueden ser controlados, almacenados y analizados con el objetivo de:

- Reducir los consumos de potencia en tiempo real desconectando las cargas consideradas no prioritarias si la actual potencia absorbida supera la potencia máxima contratada, evitando así pagar sanciones a la compañía eléctrica.
- Identificar el tipo de contrato de suministro de energía eléctrica más idóneo y compatible con las exigencias efectivas de la instalación, a través de un control continuo y de un análisis del muestreo energético. De esta forma, se evita suscribir un contrato no acorde con las variaciones de los muestreos llevados a cabo durante el año y, por ejemplo, tener que pagar una sanción en los períodos en los que la potencia consumida supera a la máxima contratada.

⁷ Un transmisor es un sensor que transmite los datos medidos por medio de un sistema de comunicación. En este documento, ambos términos, sensor y transmisor, se utilizan de forma equivalente.

- Determinar y asignar los costes de energía asociados al proceso industrial controlado.

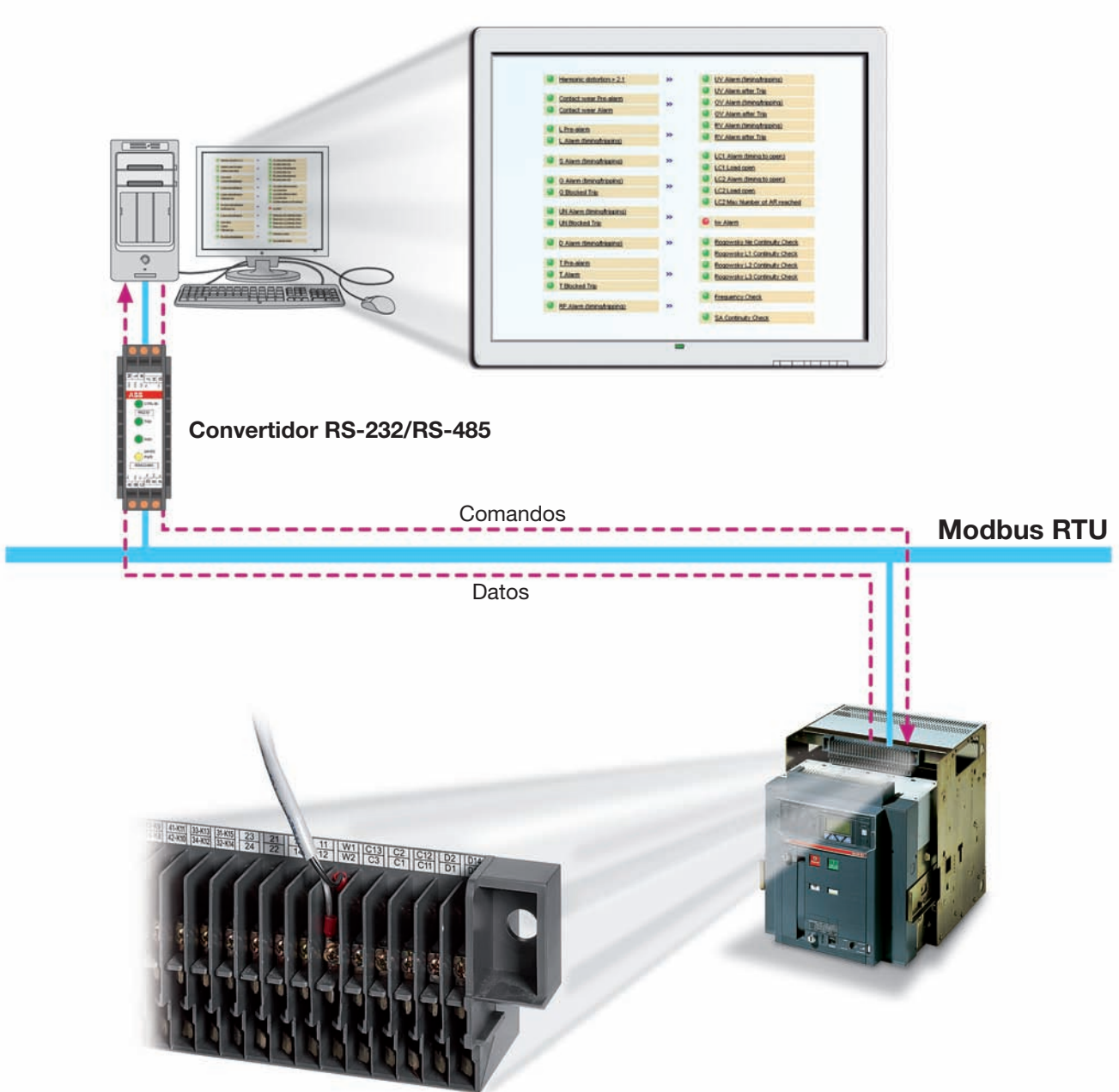
Además, gracias a la información almacenada en los interruptores es posible, por ejemplo:

- Tener bajo control el sistema de distribución de energía eléctrica y permitir el óptimo funcionamiento del proceso industrial alimentado por éste.
- Controlar que las principales magnitudes eléctricas estén dentro de sus valores nominales y que la instalación funcione correctamente. De esta manera, puede controlarse que la alimentación eléctrica sea de buen nivel cualitativo.
- Controlar las señales de alarma de los interruptores para prevenir situaciones de funcionamiento anómalo, defectos y la consiguiente intervención de las protecciones, con objeto de reducir al mínimo los fallos y las interrupciones de la instalación.
- Tener información sobre las causas de defecto en una determinada sección de la instalación eléctrica. Por ejemplo, es posible determinar dichas causas mediante el almacenamiento y el análisis de las corrientes de fase (como, por ejemplo, una intervención por un cortocircuito de 12356A en la fase L2 el 28/04/2006 a las 12:25 horas). Con este tipo de información, puede llevarse a cabo un estudio estadístico de las anomalías intervenidas (posibilidad de un estudio preventivo sobre las causas de defecto).
- Conocer los datos de diagnóstico de los aparatos de protección (por ejemplo, el porcentaje de desgaste de los contactos) para planificar operaciones de mantenimiento preventivo compatibles con el ciclo de trabajo del proceso alimentado, con el fin de limitar al mínimo las interrupciones en la instalación y garantizar la continuidad de su servicio.

Además, el uso de interruptores automáticos como transmisores del sistema de supervisión permite medir las principales magnitudes eléctricas de la instalación (corrientes, tensiones, potencias) sin tener que recurrir al uso de instrumentos específicos.

Esto conlleva un ahorro en términos de costes en la adquisición de aparatos y, además, permite ahorrar espacio en el interior del cuadro de distribución, ya que se evita la instalación de sensores que van conectados mediante interfaz al sistema de control.

Figura 18: El interruptor como sensor y actuador de un sistema de supervisión



4 Solución ABB para la comunicación vía bus

En este capítulo se describen:

- Los relés de protección electrónicos, los accesorios y los productos que permiten integrar los interruptores automáticos ABB en los buses de campo Modbus RTU, Profibus DP y DeviceNet, para la supervisión y el telecontrol de las instalaciones de distribución eléctrica de baja tensión.
- La interfaz para frontal de cuadro HMI030.
- Las normas para la extensión de la red Modbus RS-485.
- Los instrumentos de medida digitales ABB dotados de comunicación.

4.1 Interruptores automáticos de bastidor abierto Emax

Relés de protección electrónicos para corriente alterna PR122/P - PR123/P

Comunicación Modbus: supervisión y telecontrol

Los interruptores Emax equipados con relé de protección electrónico PR122/P o PR123/P necesitan, para conectarse mediante interfaz a redes Modbus, el módulo de comunicación PR120/D-M (para las características del módulo, véase el Apéndice C), con el fin de:

- Enviar a un sistema remoto las señales de alarma de las protecciones, la información relativa al interruptor (p. ej., estado y posición) y las medidas proporcionadas por el relé de protección. De esta forma, se estará realizando la supervisión.
- Recibir, de un sistema remoto de supervisión, los comandos (p. ej., apertura y cierre del interruptor) o

los ajustes de las funciones de protección. De esta forma, se estará realizando el telecontrol.

Para realizar el telecontrol, es decir, para accionar de forma mecánica los comandos de apertura y cierre a distancia, los interruptores de la familia Emax, junto con el módulo de comunicación PR120/D-M, deben estar equipados con los siguientes accesorios:

- Bobina de apertura (YO)
- Bobina de cierre (YC)
- Motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M)

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar los relés de protección PR122/P y PR123/P con la tensión de alimentación auxiliar Vaux (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Medidas

Las medidas que pueden obtenerse dependen del tipo de relé de protección utilizado y de la presencia o no del módulo de medida PR120/V.

El módulo de medida PR120/V (véase el Apéndice D), que debe preverse para el relé de protección PR122/P, puesto que sólo va montado de serie en el PR123/P, permite que los relés de protección puedan proporcionar no sólo las medidas de las corrientes, sino también otras magnitudes eléctricas de la instalación, como por ejemplo la potencia (véase el Apéndice A).

Las magnitudes medidas pueden enviarse por medio del PR120/D-M al sistema remoto de supervisión. Para las medidas, datos, alarmas y operaciones de telecontrol, véase la Tabla A.1 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

Relé de protección electrónico PR122/P

- PR122/P + módulo de comunicación PR120/D-M + accesorios para el telecontrol (YO, YC, M)



Nota: Con el módulo PR120/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

- PR122/P + módulo de comunicación PR120/D-M + módulo de medida PR120/V + accesorios para el telecontrol (YO, YC, M)



Nota: Con el módulo PR120/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

Relé de protección electrónico PR123/P

- PR123/P + módulo de comunicación PR120/D-M + accesorios para el telecontrol (YO, YC, M)



Nota: Con el módulo PR120/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

Relés de protección para aplicaciones en corriente continua PR122/DC - PR123/DC

Los interruptores automáticos de baja tensión E2, E3, E4 y E6 de la serie Emax DC para aplicaciones en corriente continua, equipados con relés de protección electrónicos PR122/DC o PR123/DC, se pueden integrar en los sistemas de comunicación con bus de campo Modbus RTU para la supervisión y el control de las instalaciones en corriente continua con una tensión de hasta 1000 V CC.

Para conectarlos a la red Modbus, se debe utilizar el módulo de comunicación PR120/D-M (véase el Apéndice C).

El módulo de medida PR120/V viene montado de fábrica en los relés de protección PR122/DC y PR123/DC.

Para accionar desde un sistema remoto de supervisión la apertura y el cierre de los interruptores de la serie Emax DC, se necesitan los siguientes accesorios (los mismos que se emplean para el telecontrol de los interruptores Emax estándar para aplicaciones en corriente alterna):

- Bobina de apertura (YO)
- Bobina de cierre (YC)
- Motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M)

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar los relés de protección PR122/DC y PR123/DC con la tensión de alimentación auxiliar Vaux de 24 V CC (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Las medidas, los datos, la información y las operaciones de telecontrol, disponibles de forma remota, están resumidos en la Tabla A.1A del Apéndice A. Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

Para la configuración de uso de los relés de protección PR122/DC y PR123/DC, con los accesorios para la comunicación Modbus, consultar la configuración de uso del relé de protección PR123/P para corriente alterna, que figura en la página 15 del presente documento.

NOTA: Para más información sobre instalaciones en corriente continua, véase el Cuaderno de Aplicaciones Técnicas n.º 5: "Interruptores ABB para aplicaciones de corriente continua".

NOTA: Para obtener información más detallada sobre las funciones de diálogo y sobre las características de los productos descritos en este apartado, véanse los relativos catálogos y manuales técnicos de producto.

Para más información sobre la estructura del esquema Modbus de los relés de protección ABB equipados con interfaz de comunicación, véanse los siguientes documentos:
 - Modbus system Interface for Protection relays PR122/P and PR123/P + communication module PR120/D-M, mounted on CB New Emax; Protection relays PR332/P and PR333/P + communication module PR330/D-M, mounted on CB Emax X1, Tmax T7 and Tmax T8 (código de documento: 1SDH000556R0001)
 - Emax DC PR122DC-PR123DC + PR120/D-M Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000841R0001)
 - Emax VF PR122/VF + PR120/D-M Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000922R0001)

Relés de protección para aplicaciones con frecuencia variable PR122/VF

Los interruptores automáticos de baja tensión E2/VF y E3/VF de la serie Emax VF para aplicaciones con frecuencia variable (en especial, a baja frecuencia, de 1 a 60 Hz) y equipados con relé de protección electrónico PR122/VF se pueden integrar en los sistemas de comunicación con bus de campo Modbus RTU para la supervisión y el control de las instalaciones con frecuencia variable (por ejemplo, aerogeneradores) con una tensión nominal de servicio de hasta 1000 V CA y una corriente de hasta 2500 A. Para conectarlos a la red Modbus, se debe utilizar el módulo de comunicación PR120/D-M (véase el Apéndice C).

Para accionar desde un sistema remoto de supervisión la apertura y el cierre de los interruptores de la serie Emax VF, se necesitan los siguientes accesorios (los mismos que se emplean para el telecontrol de los interruptores Emax estándar para aplicaciones en corriente alterna):

- Bobina de apertura (YO)
- Bobina de cierre (YC)
- Motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M)

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar el relé de protección PR122/VF con la tensión de alimentación auxiliar Vaux de 24 V CC (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Las medidas, los datos, la información y las operaciones de telecontrol, disponibles de forma remota, están resumidos en la Tabla A.1B del Apéndice A. Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

Para la configuración de uso del relé de protección PR122/VF con los accesorios para la comunicación Modbus, consultar la configuración de uso del relé de protección PR122/P para corriente alterna, que figura en la página 14 del presente documento.

4.2 Interruptores de bastidor abierto Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7

Comunicación Modbus: supervisión y telecontrol

Los interruptores Emax X1 equipados con relé de protección electrónico PR332/P o PR333/P y los interruptores Tmax T7 equipados con relé de protección electrónico PR332/P necesitan, para conectarse mediante interfaz a redes Modbus, el módulo pertinente de comunicación PR330/D-M (para las características del módulo, véase el Apéndice C), con el fin de:

- Enviar a un sistema remoto las señales de alarma de las protecciones, la información relativa al interruptor (p. ej., estado y posición) y las medidas proporcionadas por el relé de protección. De esta forma, se estará realizando la supervisión.
- Recibir, de un sistema remoto de supervisión, los ajustes de las funciones de protección o los comandos (p. ej., apertura y cierre del interruptor). De esta forma, se estará realizando el telecontrol. Es posible telecontrolar los interruptores Emax X1 y Tmax T7 en su versión motorizada T7M. El Tmax T7 en versión no motorizable no puede ser telecontrolado. Para realizar el telecontrol, es decir, la actuación mecánica de los comandos de apertura y cierre a distancia, los interruptores Emax X1 y Tmax T7M, junto con el

módulo de comunicación PR330/D-M, deben estar equipados con los siguientes accesorios:

- Unidad de disparo PR330/R (véase el Apéndice C)
- Bobina de apertura (SOR)
- Bobina de cierre (SCR)
- Motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M)

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar los relés de protección PR332/P y PR333/P con la tensión de alimentación auxiliar Vaux (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Medidas

Las medidas que pueden obtenerse dependen del tipo de relé utilizado y de la presencia o no del módulo de medida PR330/V.

El módulo de medida PR330/V (véase el Apéndice D), que debe preverse para el relé de protección PR332/P, puesto que sólo va montado de serie en el PR333/P, permite que los relés de protección puedan proporcionar no sólo las medidas de las corrientes, sino también otras magnitudes eléctricas de la instalación, como por ejemplo la potencia (véase el Apéndice A).

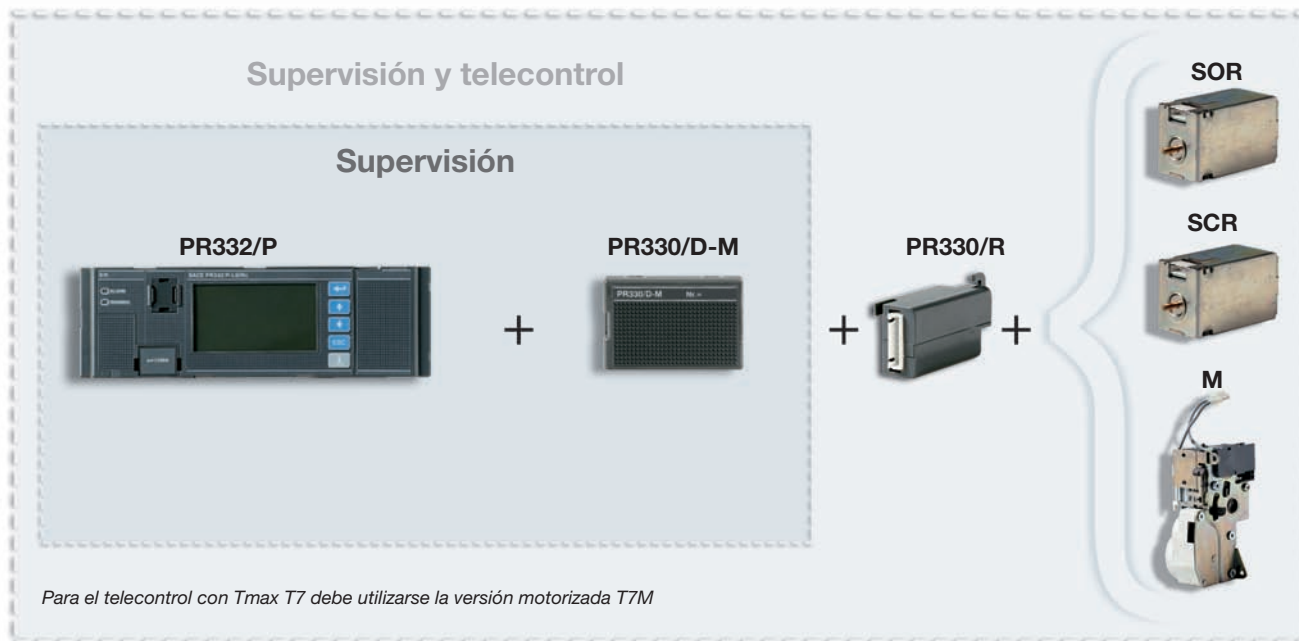
Las magnitudes medidas pueden enviarse por medio del PR330/D-M al sistema remoto de supervisión.

Para las medidas, datos, alarmas y operaciones de telecontrol, véase la Tabla A.1 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

Relé de protección electrónico PR332/P para Emax X1 y Tmax T7

- PR332/P + módulo de comunicación PR330/D-M + accesorios para el telecontrol (PR330/R, SOR, SCR, M)



Nota: Con el módulo PR330/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

- PR332/P + módulo de comunicación PR330/D-M + módulo de medida PR330/V + accesorios para el telecontrol (PR330/R, SOR, SCR, M)



Nota: Con el módulo PR330/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

Relé de protección electrónico PR333/P para Emax X1

- PR333/P + módulo de comunicación PR330/D-M + accesorios para el telecontrol (PR330/R, SOR, SCR, M)



Nota: Con el módulo PR330/D-M también se suministran el contacto para la información de resortes cargados y el contacto para la información de interruptor extraído/insertado.

NOTA: Para obtener información más detallada sobre las funciones de diálogo y sobre las características de los productos descritos en este apartado, véanse los relativos catálogos y manuales técnicos de producto.
 Para más información sobre la estructura del esquema Modbus de los relés de protección ABB equipados con interfaz de comunicación, véanse los siguientes documentos:
 - Modbus system Interface for Protection relays PR122/P and PR123/P + communication module PR120/D-M, mounted on CB New Emax; Protection relays PR332/P and PR333/P + communication module PR330/D-M, mounted on CB Emax X1, Tmax T7 and Tmax T8 (código de documento: 1SDH000556R0001)

4.3 Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

Comunicación Modbus: supervisión y telecontrol

Los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS para Tmax T4, T5 y T6 pueden conectarse mediante interfaz a redes Modbus por medio del conector posterior X3 apropiado (véase el Apéndice C) La comunicación y el diálogo están implementados con el fin de:

- Enviar a un sistema remoto las señales de alarma de las protecciones, la información relativa al interruptor (p. ej., estado y posición) y las medidas proporcionadas por el relé de protección. De esta forma, se estará realizando la supervisión. Para que al sistema remoto de supervisión llegue la información relativa al estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado), los interruptores Tmax T4, T5 y T6 deben estar equipados con los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (véase el Apéndice E).
- Recibir, de un sistema remoto de supervisión, los comandos (p. ej., apertura y cierre del interruptor) o los ajustes de las funciones de protección. De esta forma, se estará realizando el telecontrol. Para realizar el telecontrol, es decir, la actuación mecánica de los mandos de apertura y cierre a dis-

tancia, los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6 deben estar equipados con el mando motor con interfaz electrónica MOE-E (Apéndice E) y con los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (Apéndice E).

Para la comunicación vía bus, recordamos que es necesario alimentar los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS con la tensión de alimentación auxiliar Vaux (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

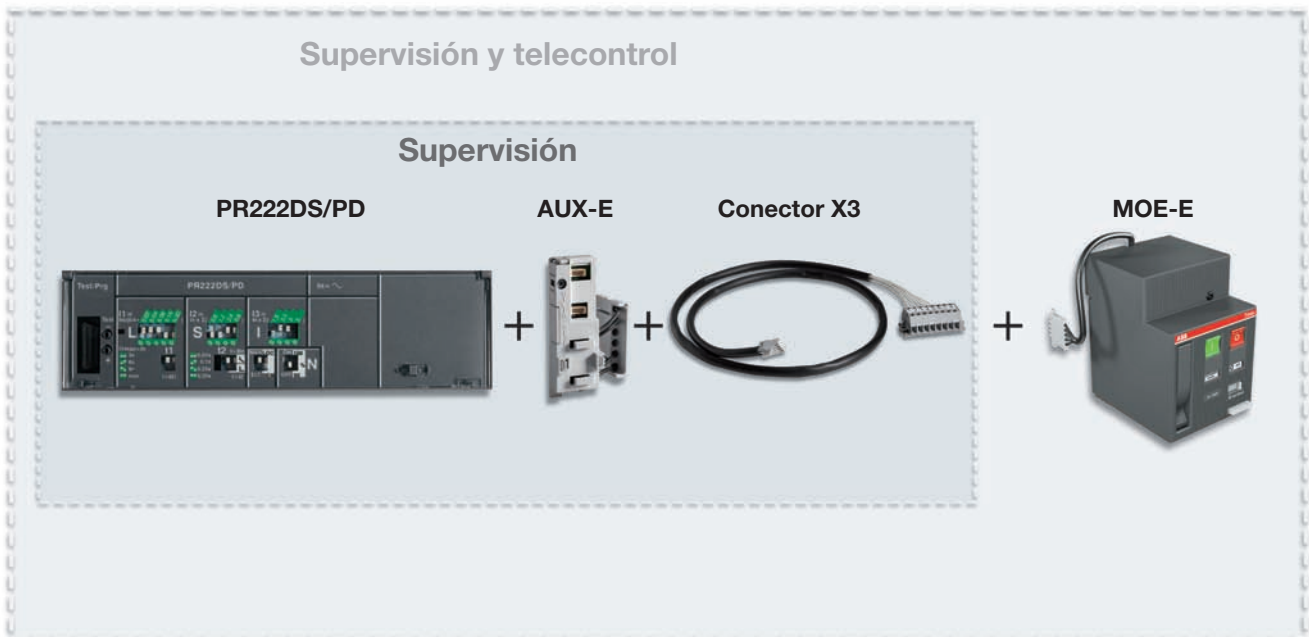
Medidas

Los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS proporcionan la medida de las corrientes en las tres fases, en el neutro y a tierra. Con el módulo de medida VM210 y el conector posterior X4 (véase el Apéndice D), los relés de protección PR223DS y PR223EF pueden medir, además de las corrientes, otras magnitudes eléctricas de la instalación (véase el Apéndice A). Las magnitudes medidas pueden enviarse desde el relé de protección, a través de los bornes 1 y 2 del conector X3, al sistema remoto de supervisión.

Para las medidas, datos, alarmas y operaciones de telecontrol, véase la Tabla A.2 del Apéndice A. Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

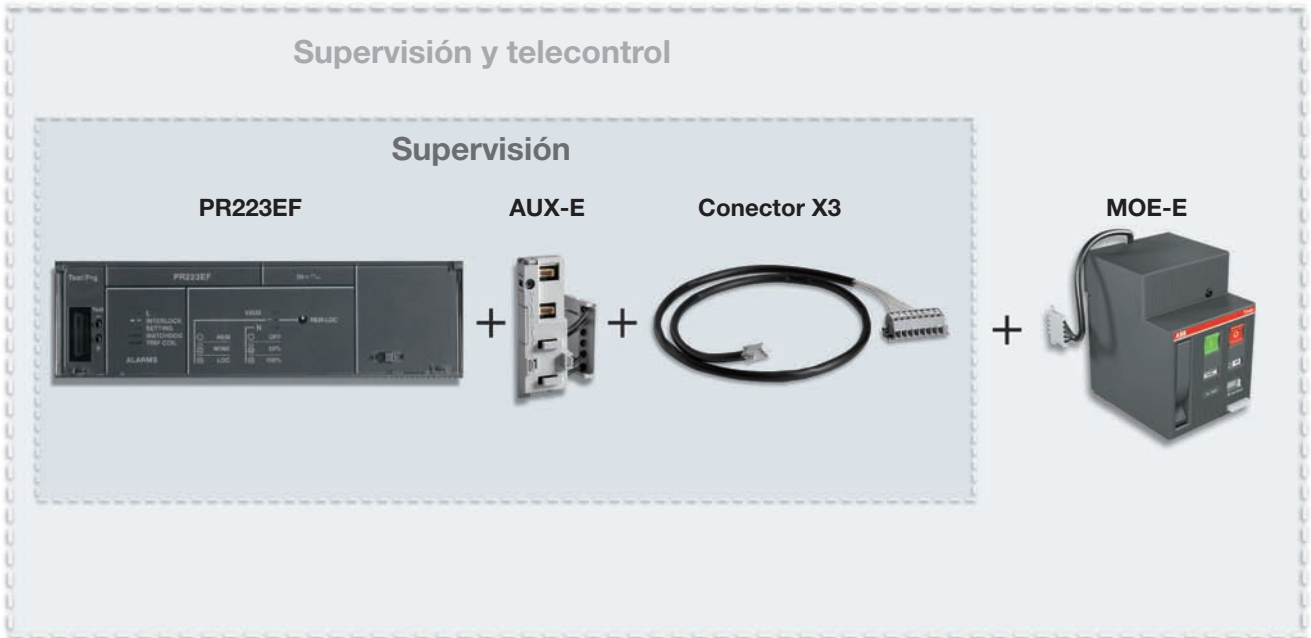
Relé de protección electrónico PR222DS/PD

- PR222DS/PD + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E

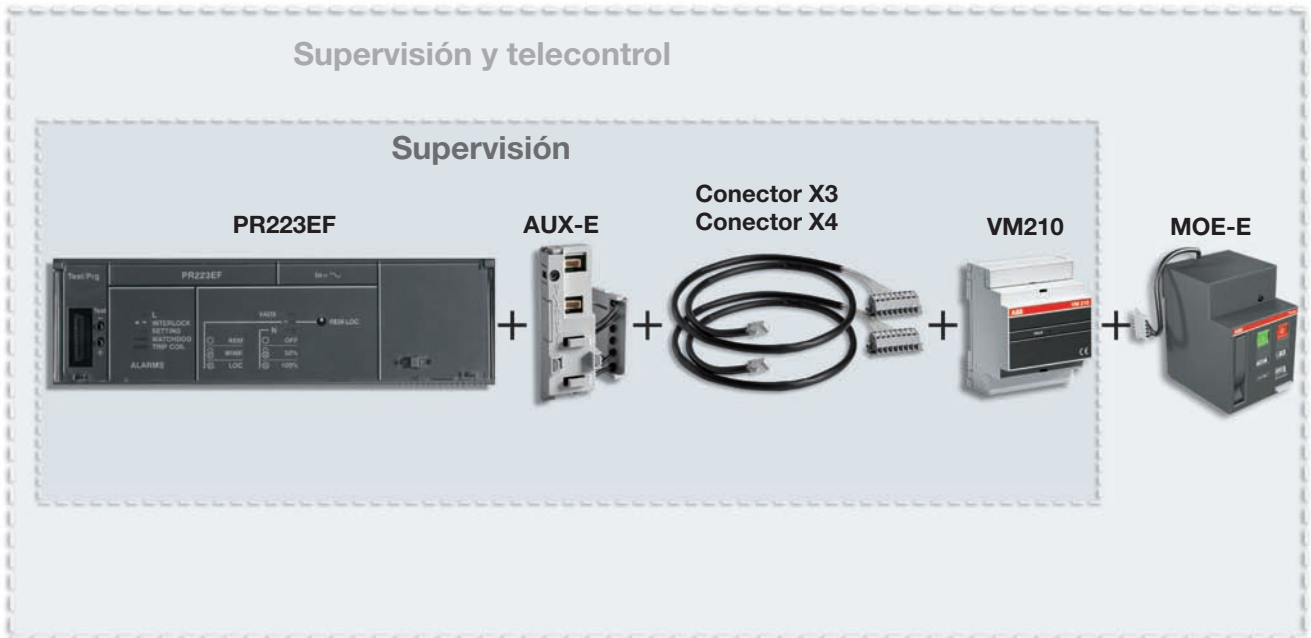


Relé de protección electrónico PR223EF

- PR223EF + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E



- PR223EF + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + conector X4 + módulo de medida VM210 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E



Relé de protección electrónico PR223DS

- PR223DS + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E



- PR223DS + módulo contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E + conector X3 + conector X4 + módulo de medida VM210 + mando motor con interfaz electrónica MOE-E



NOTA: Para obtener información más detallada sobre las funciones de diálogo y sobre las características de los productos descritos en este apartado, véanse los relativos catálogos y manuales técnicos de producto.

Para más información sobre la estructura del esquema Modbus de los relés de protección ABB equipados con interfaz de comunicación, véanse los siguientes documentos:

- *Instruction manual PR223EF Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000556R0001)*
- *Instruction manual PR223DS Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000658R0001)*
- *Instruction manual PR222DS/PD Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000600R0001)*

4.4 Interruptores automáticos en caja moldeada Tmax XT2-XT4

Comunicación Modbus: supervisión y telecontrol

Los relés de protección electrónicos Ekip LSI, Ekip LSIg, Ekip M-LRIU y Ekip E-LSIG (este último sólo para interruptores Tmax XT4) se pueden integrar en los sistemas de comunicación, con bus de campo Modbus RTU, para la supervisión y el control de instalaciones eléctricas de baja tensión. La conexión a la red Modbus se efectúa por medio del módulo Ekip Com (para más información, véase el Apéndice C), la interfaz de comunicación necesaria para conectar los mencionados relés de protección electrónicos al bus de campo y hacer que se comuniquen con los sistemas de supervisión.

Esto permite:

- Conocer remotamente todas las medidas (p. ej., controlar los consumos de energía y conocer la calidad de la red eléctrica), la información, las alarmas disponibles en el relé de protección y el estado (abierto/cerrado, disparado) del interruptor, para la supervisión de la instalación eléctrica.
- Enviar remotamente comandos de apertura/cierre y rearme al interruptor (si el interruptor está equipado con el mando motor con interfaz electrónica MOE-E; véase el Apéndice F).
- Definir, siempre remotamente, los parámetros de configuración, programación y protección del relé electrónico (umbrales de corriente y tiempos de intervención de las protecciones, curvas de las funciones de protección).

Los interruptores en caja moldeada Tmax XT2-XT4 se pueden emplear en los sistemas de comunicación a partir de corrientes de carga de 4 A, para una supervisión completa y total de la instalación eléctrica. Esto es posible, por ejemplo, con un interruptor en caja moldeada Tmax XT2 equipado con un relé de protección Ekip LSI $I_n = 10$ A y protección L ajustada a $0.4 I_n$.

Para las funciones de comunicación y diálogo, el módulo Ekip Com y el relé de protección electrónico se deben alimentar con una tensión auxiliar Vaux a 24 V CC (para conocer las características técnicas, véase el Apéndice B).

Para ejecutar remotamente los comandos de apertura/cierre y rearme, los interruptores en caja moldeada Tmax XT2 y XT4 **deben estar equipados con el mando motor con interfaz electrónica MOE-E** (véase el Apéndice F).

Medidas

Los relés de protección con interfaz de comunicación, además de ofrecer las funciones de supervisión descritas previamente, permiten controlar las magnitudes eléctricas de la instalación, al enviar al sistema de supervisión y control los valores medidos.

En concreto, los relés de protección electrónicos Ekip LSI, Ekip LSIg y Ekip M-LRIU son capaces de medir los valores de las corrientes (corrientes en las tres fases, en el neutro y a tierra).

El relé de protección electrónico Ekip E-LSIG para interruptores Tmax XT4 tiene disponibles, además de las corrientes, los principales parámetros eléctricos de la instalación, entre ellos: tensiones (fase-fase y fase-neutro), potencias, energía (para optimizar los consumos y su reparto), frecuencia y factor de distorsión armónica (THDi y espectro) para controlar la calidad de la energía.

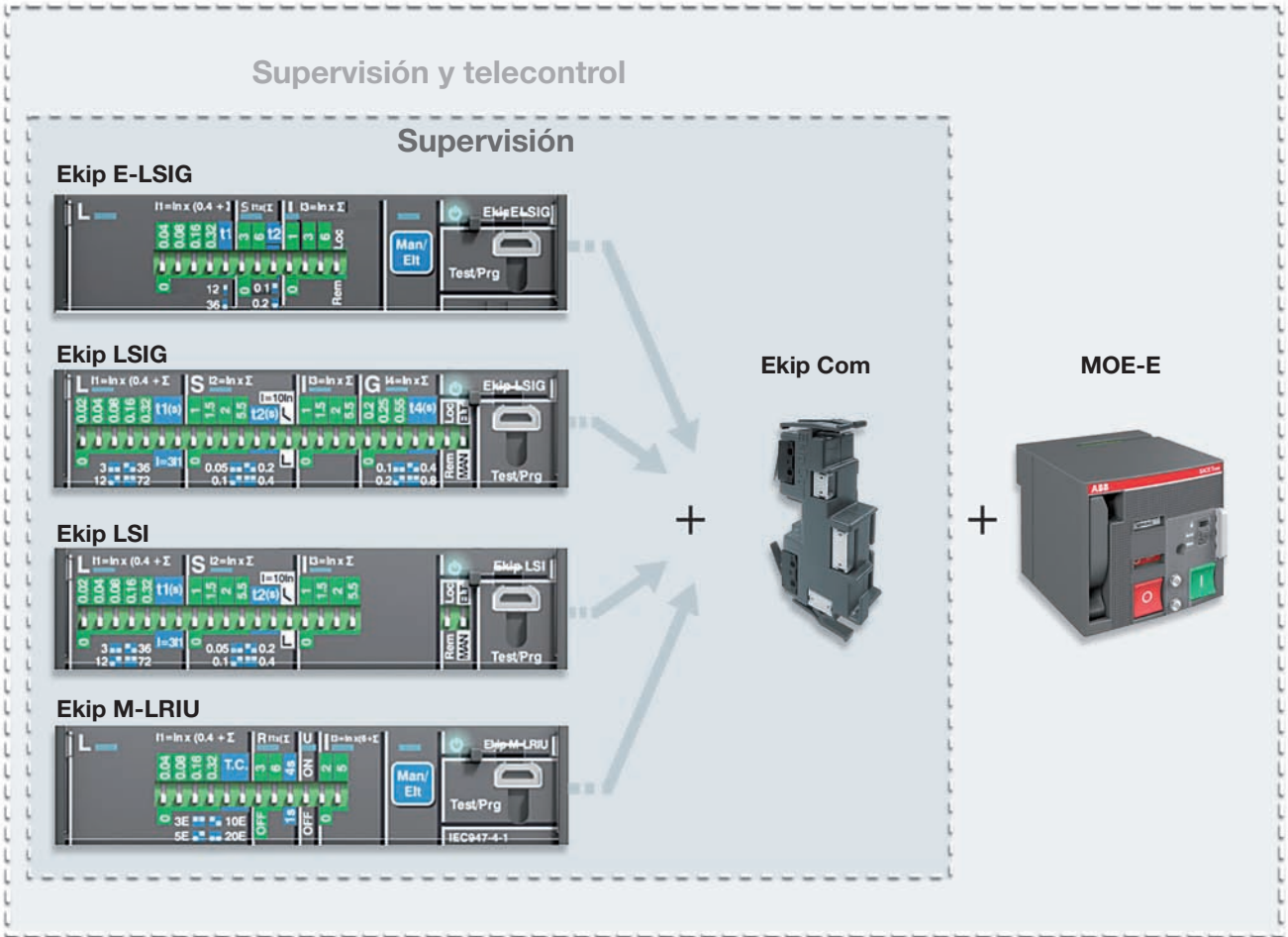
El Ekip E-LSIG mide todas las magnitudes eléctricas sin la ayuda de módulos de medida externos.

Las magnitudes eléctricas medidas se almacenan en el relé de protección y se pueden enviar al sistema de control para la supervisión de la instalación eléctrica. Los principales datos, alarmas y medidas disponibles para cualquier relé de protección están resumidos en la Tabla A.3 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

Relés de protección electrónicos Ekip E-LSIG, Ekip LSI, Ekip LSI y Ekip M-LRIU

- Ekip E-LSIG/LSIG/LSI/M-LRIU + módulo de comunicación Ekip Com + mando motor MOE-E



A través del módulo de comunicación Ekip Com, se pueden integrar en los sistemas de supervisión:

- Los interruptores Tmax XT2 y XT4, con relés de protección electrónicos Ekip LS/I, Ekip I, Ekip M-LIU, Ekip G-LS/I y Ekip N-LS/I, sin comunicación Modbus, y los interruptores con relé de protección termomagnético TMA, TMD, TMG (que se pueden emplear asimismo para aplicaciones en corriente continua).
- Los seccionadores Tmax XT4D.

Con estas configuraciones es posible:

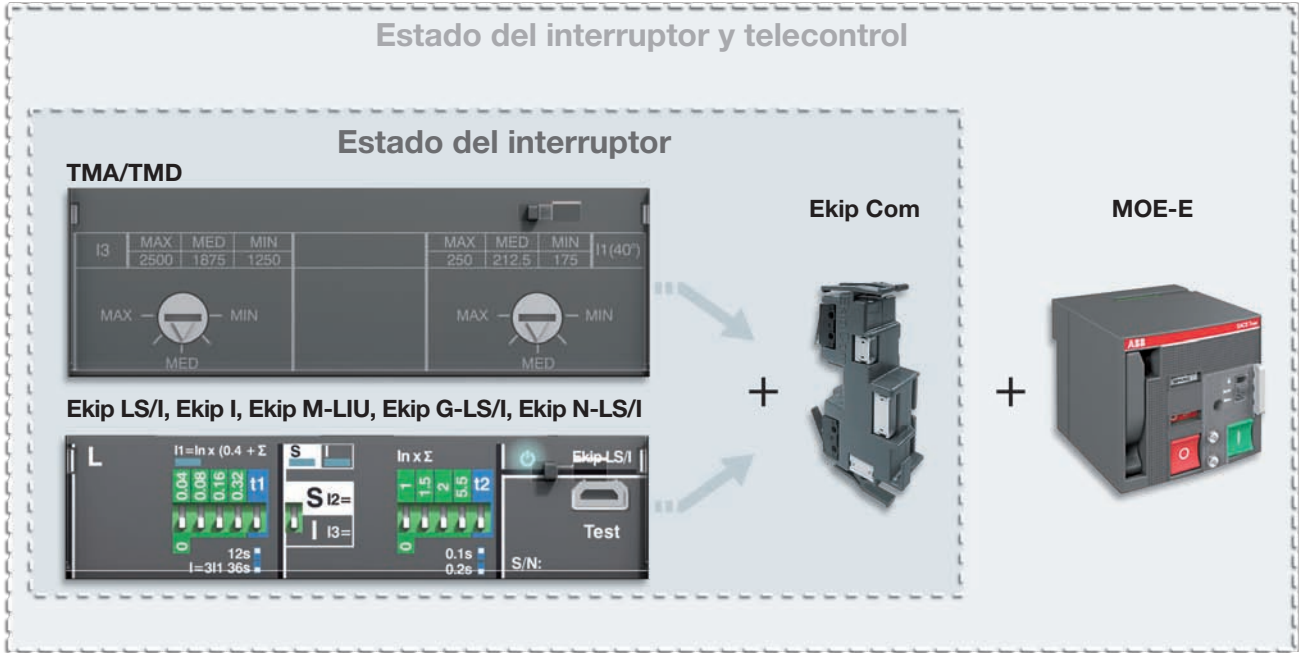
- Conocer remotamente el estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado) o del seccionador (abierto/cerrado).

- Enviar remotamente comandos de apertura/cierre al interruptor/seccionador y rearme (sólo al interruptor), si el interruptor/seccionador tiene montado el mando motor con interfaz electrónica MOE-E (véase el Apéndice F).

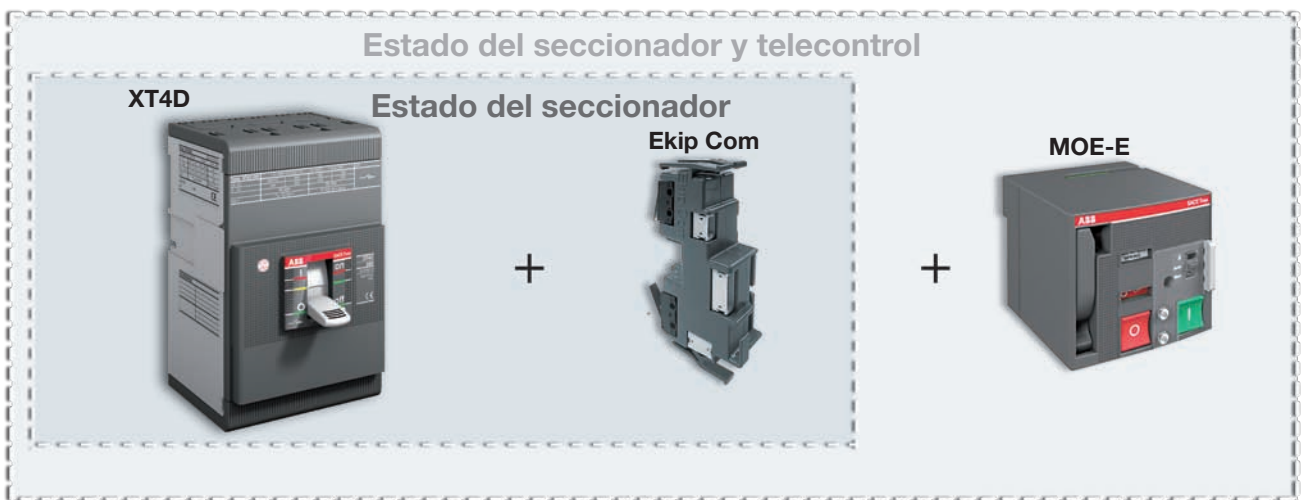
En esta configuración, el módulo Ekip Com también se debe alimentar con una tensión auxiliar Vaux a 24 V CC (para conocer las características técnicas, véase el Apéndice B).

Interruptores con relés de protección termomagnéticos TMA/TMD, relés de protección electrónicos Ekip sin comunicación Modbus y seccionadores Tmax XT4D

- TMA/TMD-Ekip sin comunicación Modbus + módulo de comunicación Ekip Com + mando motor MOE-E



- Seccionador Tmax XT4D + módulo de comunicación Ekip Com + mando motor MOE-E



NOTA: Para obtener información más detallada sobre las funciones de diálogo y sobre las características de los productos descritos en este apartado, véanse los manuales técnicos de producto correspondientes.

4.5 Solución SD030DX para los interruptores automáticos sin interfaz Modbus RTU

Los SD030DX son dispositivos electrónicos que permiten la conexión a una red Modbus de:

- Interruptores abiertos y en caja moldeada con relé de protección termomagnético o relé de protección electrónico básico.
- Seccionadores abiertos y en caja moldeada.

Los interruptores o seccionadores conectados de esta forma se presentan en la red Modbus como esclavos y pueden comunicarse con cualquier maestro (PC, PLC, SCADA).

Así, los sistemas de supervisión también pueden gestionar estos aparatos.

Concretamente, el sistema de supervisión puede:

- 1) Leer el estado de los aparatos: abierto, cerrado, disparo, extraído, resortes cargados o descargados.

- 2) Ordenar la apertura, el cierre o el rearme de los dispositivos.

La lectura de los estados se lleva a cabo por medio de los contactos auxiliares (que, por tanto, es necesario instalar en el interruptor).

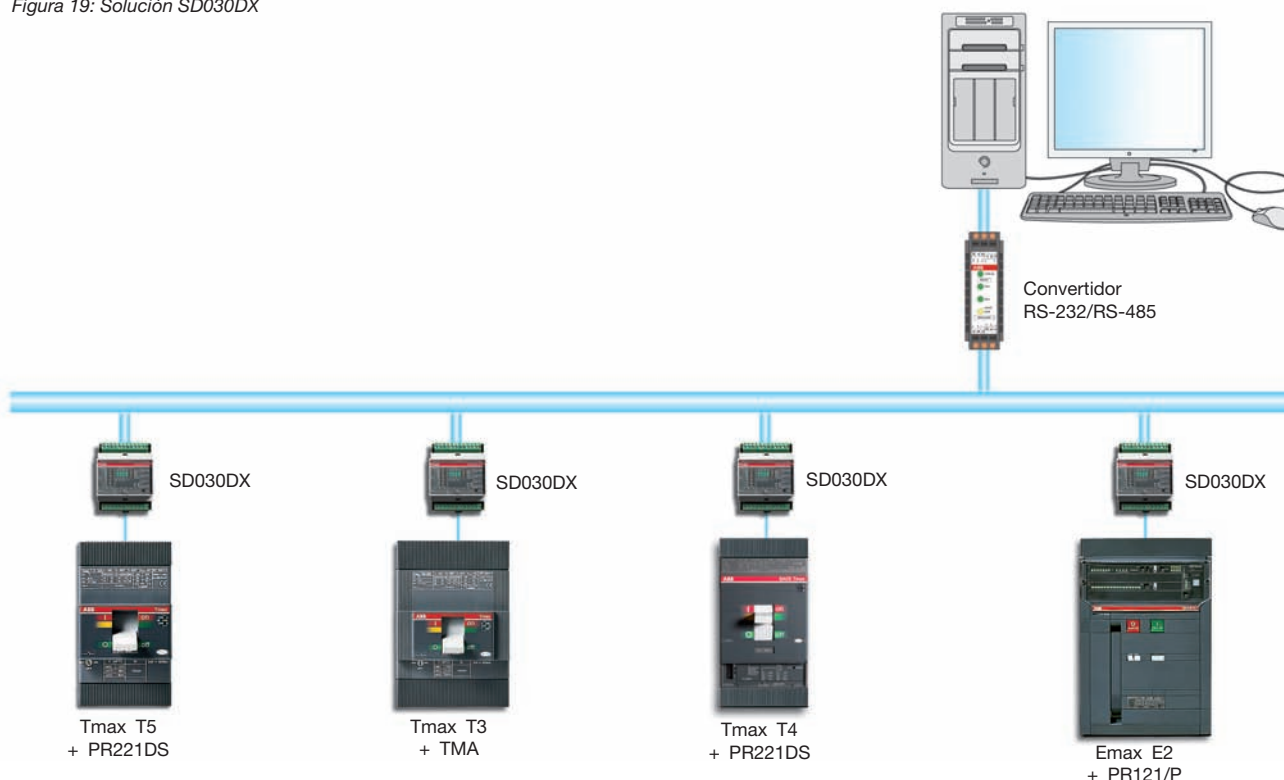
Sin embargo, para el control deben instalarse en el interruptor/seccionador los accesorios pertinentes.



En la tabla siguiente figuran las principales características de los SD030DX:

Tipo de dispositivo	Características	Descripción
SD030DX	- 3 salidas digitales	- Apertura, Cierre, Rearme
	- 5 entradas digitales	- Adquisición de estados IA

Figura 19: Solución SD030DX



Lectura de los estados

Para la lectura de los estados del interruptor pueden utilizarse hasta 5 contactos auxiliares conectados respectivamente a las cinco entradas digitales (DI1, DI2, DI3, DI4 y DI5) del SD030DX.

En la tabla siguiente figuran:

- Los interruptores automáticos y los seccionadores que pueden ser gestionados mediante los dispositivos SD030DX.
- La información asociada a cada entrada digital (con el correspondiente contacto auxiliar) para los diferentes tipos de interruptor.

Interruptor	Información asociada					
	Resortes	Protecciones	Estados del interruptor			Modos
	Descargados=0 Cargados=1	Normal=0 Disparada=1	Extraído=0 Insertado=1	Abierto=0 Cerrado=1	Normal=0 Disparado=1	Remoto=0 Local=1
T1-T2-T3 con mando solenoide de 5 hilos	-	DI2 + contacto para la señalización de protección disparada (S51)	DI3 + contactos para la señalización eléctrica de interruptor en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del interruptor (Q/1)	DI1 + contacto para la señal eléctrica de interruptor en posición de disparo (SY)	-
T4-T5-T6	-	DI2 + contacto para la señalización de protección disparada (S51)	DI3 + contactos para la señalización eléctrica de interruptor en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del interruptor (Q/1)	DI1 + contacto para la señal eléctrica de interruptor en posición de disparo (SY)	DI5 + contacto de cambio para la señal eléctrica de estado del selector local/remoto (S3/1)
T7, X1 E1 ÷ E6	DI1 + contacto de fin de carrera del motor carga-resortes (S33M/1)	DI2 + contacto para la señal eléctrica de interruptor abierto por la actuación del relé de sobrecorriente (S51).	DI3 + contactos para la señal eléctrica de interruptor en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del interruptor (Q/1)	-	DI5 + conmutador de predisposición al comando remoto/local (S43)
Seccionador						
T1D-T3D con mando solenoide de 5 hilos	-	-	DI3 + contactos para la señal eléctrica de seccionador en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del seccionador (Q/1)	-	-
T4D-T5D-T6D	-	-	DI3 + contactos para la señal eléctrica de seccionador en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del seccionador (Q/1)	-	DI5 + contacto de cambio para la señalización eléctrica de estado del selector local/remoto (S3/1)
T7D, X1B/MS E1/MS ÷ E6/MS	DI1 + contacto de fin de carrera del motor carga-resortes (S33M/1)	-	DI3 + contactos para la señal eléctrica de seccionador en posición de insertado (S75I/1)	DI4 + contactos auxiliares del seccionador (Q/1)	-	DI5 + conmutador de predisposición al comando remoto/local (S43)

Telecontrol

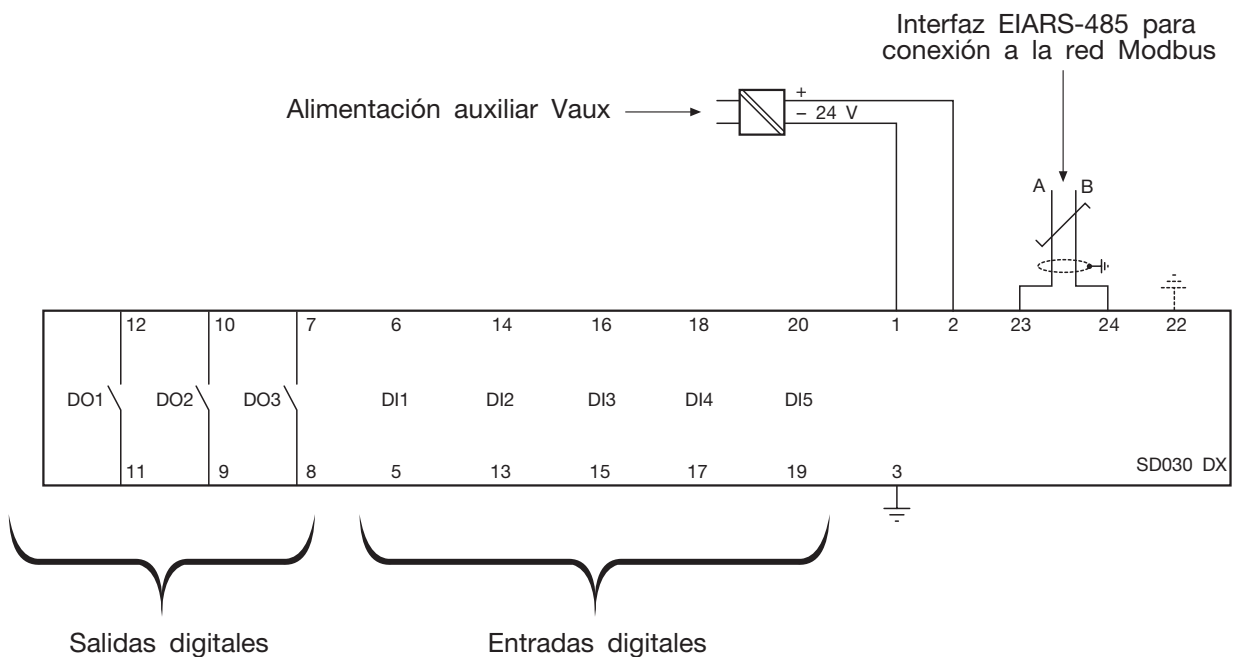
Los dispositivos SD030DX ejecutan los comandos (apertura/cierre y rearme) enviados desde el sistema de supervisión al interruptor/seccionador.

En la tabla siguiente figuran:

- 1) Los interruptores automáticos y los seccionadores que pueden accionarse remotamente.
- 2) Los accesorios instalados en el interruptor que permiten ejecutar el comando.
- 3) El tipo de comando que se puede realizar.

Interruptor	Accesorios para la ejecución del comando	Comando
T1-T2-T3	Mando solenoide (MOS)	Apertura/cierre
T4-T5-T6	Mando motor a acumulación de energía (MOE)	Apertura/cierre
T7M, X1	SOR: bobina de apertura SCR: bobina de cierre YR: bobina de rearme M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre Rearme
E1 ÷ E6	YO: bobina de apertura YC: bobina de cierre YR: bobina de rearme M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre Rearme
Seccionador		
T1D-T3D	Mando solenoide (MOS)	Apertura/cierre
T4D-T5D-T6D	Mando motor a acumulación de energía (MOE)	Apertura/cierre
T7DM, X1B/MS	SOR: bobina de apertura SCR: bobina de cierre M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre
E1/MS ÷ E6/MS	YO: bobina de apertura YC: bobina de cierre M: motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre	Apertura Cierre

Figura 20: Diagrama del circuito del SD030DX



Los cableados necesarios para el funcionamiento del SD030DX están en:

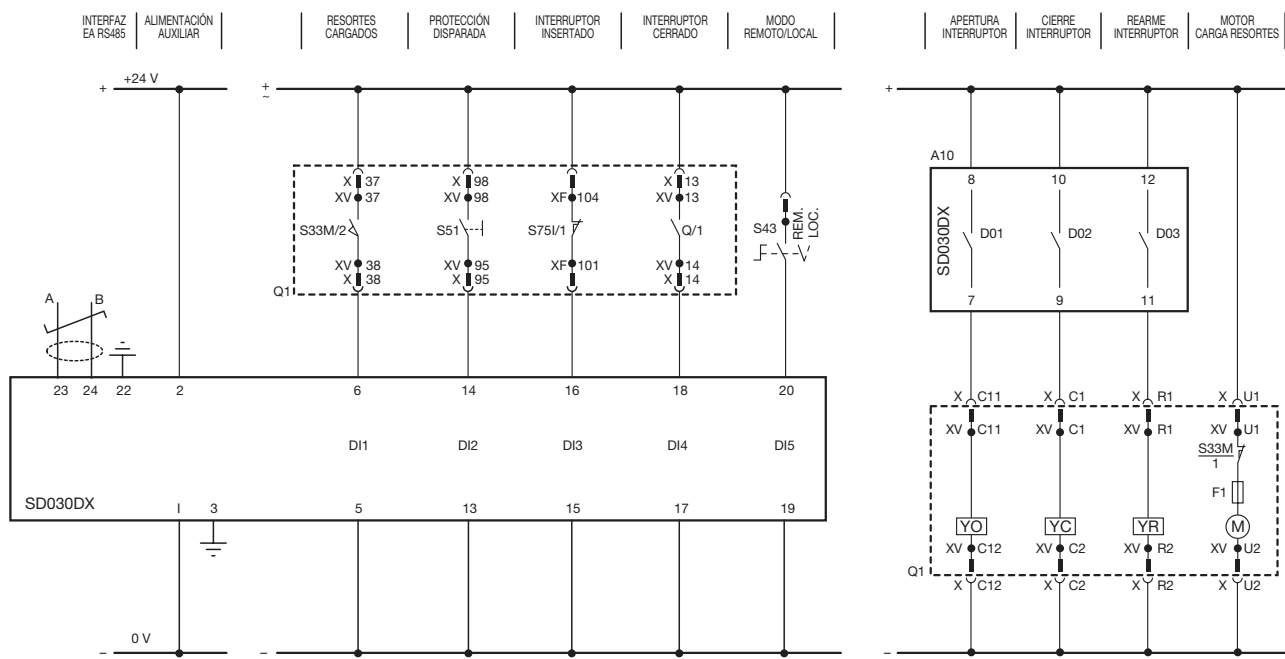
- Los circuitos auxiliares del interruptor a través de las entradas DI y las salidas DO, para poder interactuar con éste y permitir la ejecución de los comandos (apertura, cierre, rearme) y el control de sus estados.
- La red Modbus a través de la interfaz serie EIA RS-485, para comunicarse con el sistema de supervisión (PC, PLC o SCADA).
- La alimentación auxiliar Vaux.

Sirva como ejemplo la Figura 21, en la que aparece el esquema eléctrico de conexión del SD030DX a un interruptor abierto Emax E6.

Para que la unidad SD030DX pueda funcionar, debe alimentarse con una tensión auxiliar Vaux de las siguientes características:

Características Alimentación auxiliar	SD030DX
Tensión de alimentación	24 V CC \pm 20%
Ripple máximo	\pm 5%
Potencia asignada a 24 V	2 W

Figura 21: Esquema eléctrico de conexión del SD030DX para un Emax E6



4.6 Interfaz para frontal de cuadro HMI030



HMI030 es la unidad de visualización que se instala en el frontal del cuadro para interruptores abiertos Emax y Emax X1, para interruptores en caja moldeada Tmax T y Tmax XT equipados con los siguientes relés de protección electrónicos:

Interruptor	Relé de protección
Emax E1÷E6	PR121/P-PR122/P-PR123/P-PR122/DC ⁽¹⁾ -PR123/DC ⁽¹⁾
Emax X1	PR331/P-PR332/P-PR333/P
Tmax T7	PR331/P-PR332/P
Tmax T4-T5-T6	PR222DS/PD-PR223DS-PR223EF
Tmax XT2-XT4 ⁽¹⁾	Ekip LSI, Ekip LSIG, Ekip E-LSIG, Ekip M-LRIU

⁽¹⁾ Usar HMI030 con versión de software 3.00 o posteriores

Es un dispositivo que permite visualizar, a través de una pantalla, las magnitudes eléctricas de la

instalación y la información disponible en el relé de protección que está conectado a él.

Antes de concluir la instalación de HMI030 es posible usar el selector, situado en la parte posterior del dispositivo, para escoger uno de los siguientes modos de funcionamiento:

- Modo Amperímetro (A)

En este modo se pueden visualizar en la pantalla los valores de las corrientes en las tres fases y en el neutro, según el relé de protección que esté conectado. Además, es posible ver el valor máximo de corriente y la fase recorrida por la corriente máxima, en relación a la última adquisición del registro de medidas del relé de protección.

Esta información está disponible, en caso de comunicación Modbus, si la unidad HMI030 está configurada en modo maestro.

- Modo Voltímetro (V)

En este modo se pueden visualizar en la pantalla los valores de las tensiones de fase V1N, V2N, V3N y los valores de las tensiones concatenadas V12, V23, V31.

En este modo no se puede visualizar la información del registro de medidas del relé de protección.

Modo Amperímetro (A)

	E1÷E6-X1-T7	E2÷E6	T4-T5-T6	XT2-XT4	
	PR12x/P-PR33X/P	PR12X/DC	PR222DS/PD-PR223DS-PR223EF	Ekip LSIG/LSI - Ekip E-LSIG	Ekip M-LRIU
Corrientes de fase (I_{L1} - I_{L2} - I_{L3})	■	■	■	■	■
Corriente en el neutro (I_{Ne}) ⁽¹⁾	■		■	■	
Registro de medidas de corrientes	■	■			

⁽¹⁾ Medidas disponibles en presencia del neutro (con interruptor tetrapolar o interruptor tripolar + TA para neutro externo)

Modo Voltímetro (V)

	E1÷E6-X1-T7	E2÷E6	T4-T5-T6		XT2-XT4
	PR122/P-PR123/P PR332/P-PR333/P	PR12X/DC	PR223EF	PR223DS	Ekip E-LSIG
Tensiones de fase (V_{1N} - V_{2N} - V_{3N}) ⁽¹⁾	■	■	■	■	■
Tensión residual (*)	■			■	■
Tensiones concatenadas (V_{12} - V_{23} - V_{31}) ⁽¹⁾	■		■	■	■

⁽¹⁾ Medidas disponibles en presencia del módulo de tensiones (PR120/V para Emax E1÷E6, PR330/V para Emax X1 y Tmax T7, VM210 para Tmax T4-T5-T6) y en presencia del neutro

^(*) Medidas disponibles en presencia del módulo de tensiones (PR120/V para Emax E1÷E6, PR330/V para Emax X1 y Tmax T7, VM210 para Tmax T4-T5-T6)

- Modo Vatímetro (W)

En este modo es posible visualizar a través de la pantalla, según el relé de protección conectado, los valores de: potencia activa P, reactiva Q, aparente S (total y de fase).

- Modo Custom (A, V, W...)

En este modo se pueden visualizar los valores relativos a los modos Amperímetro, Voltímetro y Vatímetro, y

según el relé de protección conectado, otros datos tales como: factor de potencia ($\cos\phi$), frecuencia (f), factor de pico de corriente, energía activa E(P), reactiva E(Q) y aparente E(S) y los datos del último disparo (p. ej.: protección disparada y valor de las corrientes de corte).

Modo Vatímetro (W)

	E1÷E6-X1-T7	E2÷E6	T4-T5-T6	XT2-XT4
	PR122/P-PR123/P PR332/P-PR333/P	PR12X/DC	PR223DS	Ekip E-LSIG
Potencias activas de fase (P1-P2-P3) ⁽¹⁾	■		■	■
Potencias reactivas de fase (Q1-Q2-Q3) ⁽¹⁾	■		■	■
Potencias aparentes de fase (S1-S2-S3) ⁽¹⁾	■		■	■
Potencia activa total (P) ⁽²⁾	■	■	■	■
Potencia reactiva total (Q) ⁽²⁾	■		■	■
Potencia aparente total (S) ⁽²⁾	■		■	■

⁽¹⁾ Medidas disponibles en presencia del módulo de tensiones (PR120/V para Emax E1÷E6, PR330/V para Emax X1 y Tmax T7, VM210 para Tmax T4-T5-T6) y en presencia del neutro

⁽²⁾ Medidas disponibles en presencia del módulo de tensiones (PR120/V para Emax E1÷E6, PR330/V para Emax X1 y Tmax T7, VM210 para Tmax T4-T5-T6)

Modo Custom (A,V,W...)

	E1÷E6-X1-T7		E2÷E6	T4-T5-T6			XT2-XT4		
	PR121/P-PR331/P	PR122/P-PR123/P PR332/P-PR333/P	PR12X/DC	PR222DS/PD	PR223EF	PR223DS	Ekip E-LSIG	Ekip LSIG/ LSI	Ekip M-LRIU
Corrientes de fase (I_{L1}, I_{L2}, I_{L3})	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Corriente en el neutro (I_{Ne}) ⁽¹⁾	■	■		■	■	■	■	■	
Registro de medidas de corrientes	■	■	■						
Tensiones de fase (V_{1N}, V_{2N}, V_{3N}) ⁽²⁾		■	■		■	■	■		
Tensión residual ⁽²⁾		■				■	■		
Tensiones concatenadas (V_{12}, V_{23}, V_{31}) ⁽²⁾		■			■	■	■		
Potencias activas de fase (P1-P2-P3) ⁽²⁾		■				■	■		
Potencias reactivas de fase (Q1-Q2-Q3) ⁽²⁾		■				■	■		
Potencias aparentes de fase (S1-S2-S3) ⁽²⁾		■				■	■		
Potencia activa total (P) ⁽²⁾		■	■			■	■		
Potencia reactiva total (Q) ⁽²⁾		■				■	■		
Potencia aparente total (S) ⁽²⁾		■				■	■		
Factor de potencia total ($\cos\phi_{tot}$) ⁽²⁾		■				■	■		
Frecuencia ⁽²⁾		■				■	■		
Factor de pico de fase		■				■			
Factor de pico de neutro ⁽¹⁾		■				■			
Energía activa total ⁽²⁾		■	■			■	■		
Energía reactiva total ⁽²⁾		■				■	■		
Energía aparente total ⁽²⁾		■				■	■		
Datos del último disparo	■	■	■	■	■	■	■	■	■

⁽¹⁾ Medidas disponibles en presencia del neutro (con interruptor tetrapolar o interruptor tripolar + TA para neutro externo)

⁽²⁾ Medidas disponibles en presencia del módulo de tensiones (PR120/V para Emax E1÷E6, PR330/V para Emax X1 y Tmax T7, VM210 para Tmax T4-T5-T6) y en presencia del neutro

⁽³⁾ Medidas disponibles en presencia del módulo de tensiones (PR120/V para Emax E1÷E6, PR330/V para Emax X1 y Tmax T7, VM210 para Tmax T4-T5-T6)

En la unidad HMI030, las interfaces RS485 (bornes 3 y 4) y CAN (bornes 7 y 8) no se pueden usar simultáneamente. Por tanto, no es posible mantener al mismo tiempo la comunicación Modbus y la comunicación en el bus interno WI (bus CAN reservado para dispositivos ABB).

No se puede conectar más de una unidad HMI030 al mismo bus cuando está seleccionado el mismo modo de funcionamiento. Para que la unidad HMI030 pueda funcionar, debe alimentarse con una tensión auxiliar Vaux de las siguientes características:

Tensión de alimentación	24 V CC \pm 20%
Ripple máximo	\pm 5%
Potencia asignada	1,4 W a 24 V CC

La alimentación auxiliar se debe suministrar por medio de un alimentador externo aislado galvánicamente. Dado que es necesaria una tensión auxiliar aislada de tierra, se deben usar “convertidores separados galvánicamente” de conformidad con la norma IEC 60950 (UL 1950) o equivalentes (IEC 60364-41 y CEI 64-8), que garantizan una corriente de modo común o corriente de fuga (véase IEC 478/1 y CEI 22/3) no superior a 3,5 mA.

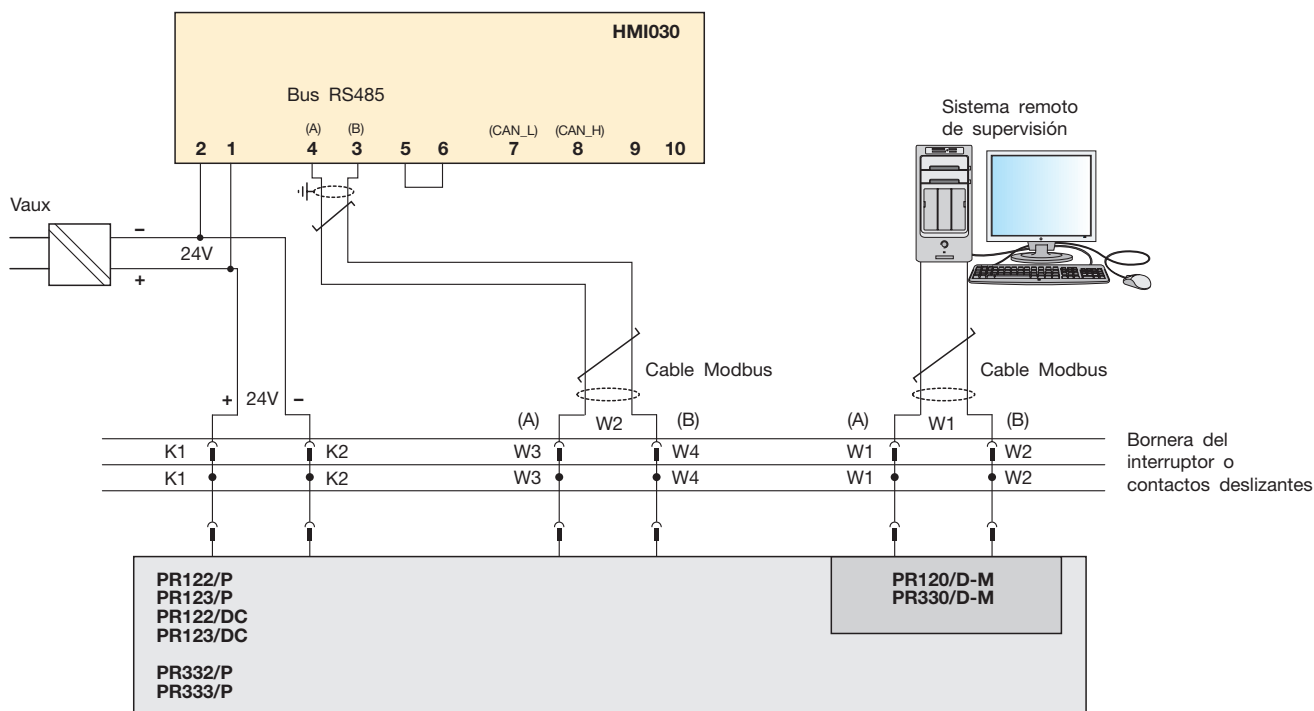
A continuación, se indican algunos ejemplos de esquemas de uso de la unidad HMI030.

Para más información sobre el uso y las características del dispositivo, véase el manual técnico del producto “Unidad de visualización remota HMI030” (código de documento 1SDH000573R0001).

Emax E1÷E6 - Emax X1 - Tmax T7

Con los interruptores abiertos Emax E1÷E6, abiertos Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7 son posibles las siguientes configuraciones de uso:

- Supervisión remota y visualización en frontal de cuadro



Unidad HMI030 configurada en modo “maestro” y comunicación Modbus

W1: bus de sistema del relé de protección (bornes W1 y W2)

W2: bus local del relé de protección (bornes W3 y W4)

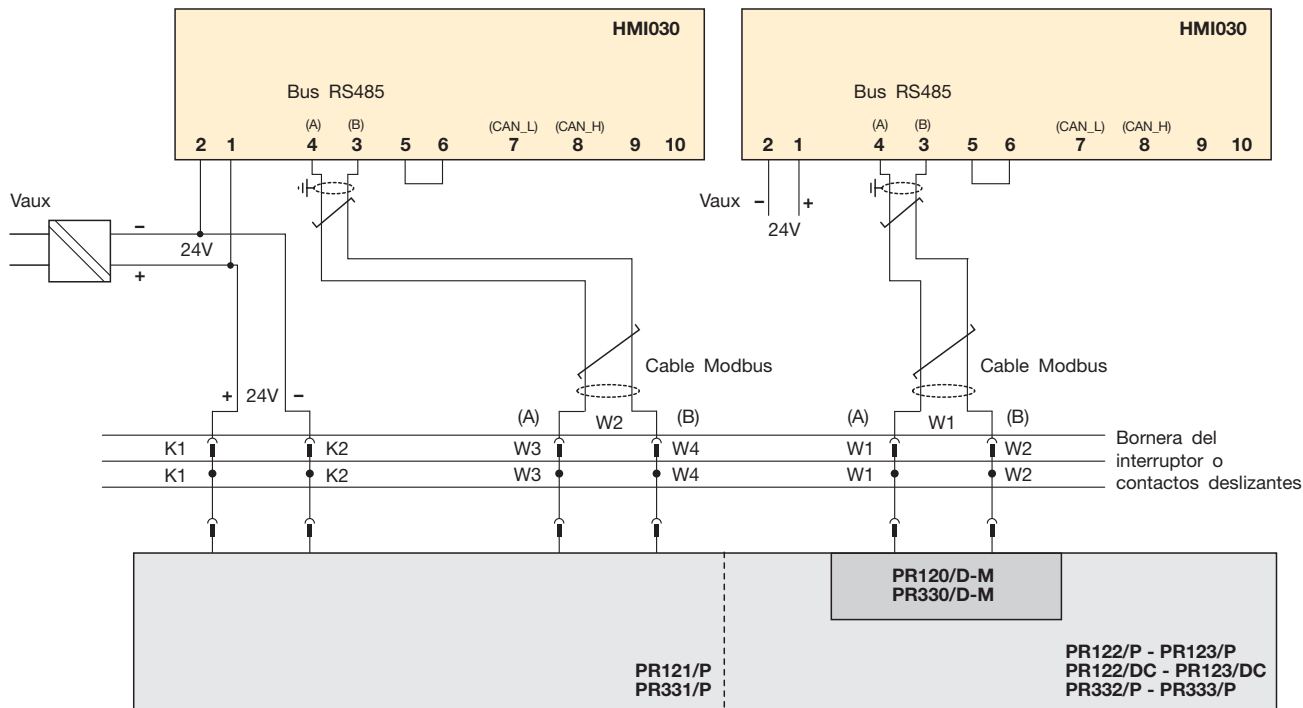
K1-K2: alimentación auxiliar Vaux

La conexión entre el relé de protección y la unidad HMI030 debe realizarse con un cable de par trenzado, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes). El apantallamiento debe conectarse a tierra en uno de los dos extremos de conexión

Longitud máxima recomendada para la conexión entre HMI030 y el relé de protección: 15 m

En esta configuración se puede conectar una única HMI030 al relé de protección (en el bus W2).

- Visualización en frontal de cuadro



Unidad HMI030 configurada en modo “maestro” y comunicación Modbus

W1: bus de sistema del relé de protección (bornes W1 y W2)

W2: bus local del relé de protección (bornes W3 y W4)

K1-K2: alimentación auxiliar Vaux

Longitud máxima recomendada para la conexión entre HMI030 y el relé de protección (a través del bus W2): 15 m

(*) Cuando se utiliza el bus de sistema W1 del relé de protección, la longitud máxima recomendada para la conexión entre la unidad HMI030 y el relé de protección es de 300 m

En este caso, se debe:

- Utilizar el módulo de comunicación PR120/D-M (PR330/D-M) para la conexión entre la unidad HMI030 y el relé de protección. La unidad HMI030 se conecta al bus de sistema W1 del relé de protección.
- Configurar la unidad HMI030 en modo “maestro” y utilizar la interfaz de comunicación Modbus RS485 (bornes 3 y 4).
- Ajustar los siguientes parámetros de comunicación del relé de protección: Dirección: 3; Velocidad: 19200; Paridad: PAR; Bit de parada: 1.

La conexión entre el relé de protección y la unidad HMI030 debe realizarse con un cable de par trenzado, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes). El apantallamiento debe conectarse a tierra en uno de los dos extremos de conexión

Con esta configuración y con los relés de protección PR121/P y PR331/P, es posible conectar una única unidad HMI030 al relé de protección (en el bus local W2).

Con esta configuración y con los relés de protección PR122/P, PR123/P, PR332/P, PR333/P, PR122/DC y PR123/DC es posible conectar hasta dos HMI030 al relé de protección. El primero con el bus local W2 y el segundo, con el bus de sistema W1 (véase (*)).

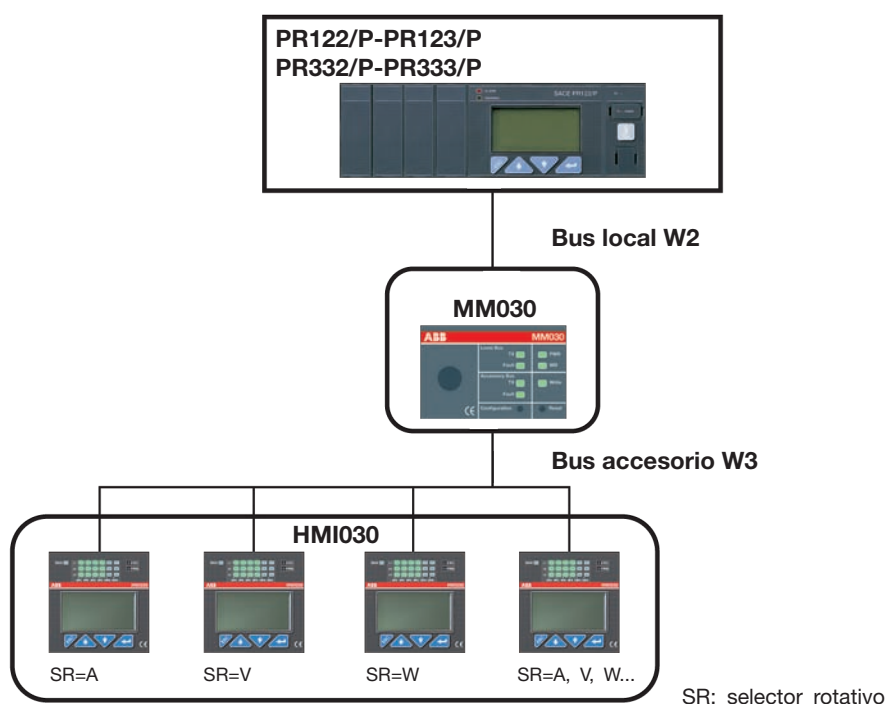
Al estar conectadas a dos buses diferentes del relé de protección, se puede establecer el mismo modo de funcionamiento para las dos HMI030.

- Visualización en frontal de cuadro con varias unidades HMI030

Es posible conectar hasta cuatro unidades HMI030 al mismo relé de protección (en el mismo bus) si se cumplen las siguientes condiciones:

- Relé de protección tipo PR122/P-PR123/P o PR332/P-PR333/P.
- Cada unidad HMI030 cuenta con la versión de software 2.00 o posteriores, está configurada en modo "esclavo" y usa la interfaz de comunicación Modbus RS485 (bornes 3 y 4).
- Está presente la unidad MM030 (alimentada con una tensión auxiliar de 24 V CC (Pn=2,5 W a 24 V)).
- Hay seleccionados cuatro modos de funcionamiento diferentes (Amperímetro, Voltímetro, Vatímetro y Custom) para cada HMI030.

Esquema del principio



W2: bus local del relé de protección (bornes W3 y W4) y de la unidad MM030 (bornes 10 y 11)

W3: bus accesorio de la unidad MM030 (bornes 13 y 14)

Longitud máxima recomendada para el bus local W2: 15 m

Longitud máxima recomendada para el bus accesorio W3: 300 m

Para las conexiones se debe usar un cable de par trenzado, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes).

En la conexión entre relé de protección y unidad MM030 se recomienda colocar el apantallamiento a tierra en el extremo de conexión del relé de protección

En el cableado del bus accesorio W3 se recomienda colocar el apantallamiento a tierra en el extremo de conexión de la unidad MM030.

Para el cableado se recomienda seguir las indicaciones del manual técnico del producto: "Flex interfaces for accessory Bus"

Con los relés de protección PR121/P y PR331/P se pueden conectar hasta dos unidades HMI030 en las que se han seleccionado dos modos diferentes de funcionamiento: Amperímetro (A) y Custom (A, V, W...). En esta configuración se debe utilizar la unidad MM030 para gestionar el intercambio de información entre el relé de protección y la unidad HMI030.

La unidad MM030 es un dispositivo con microprocesador equipado con dos buses de comunicación:

- Un bus local (W2), que se emplea para la conexión y la comunicación con el relé de protección.
- Un bus accesorio (W3), que se utiliza para la conexión y la comunicación con la unidad HMI030.

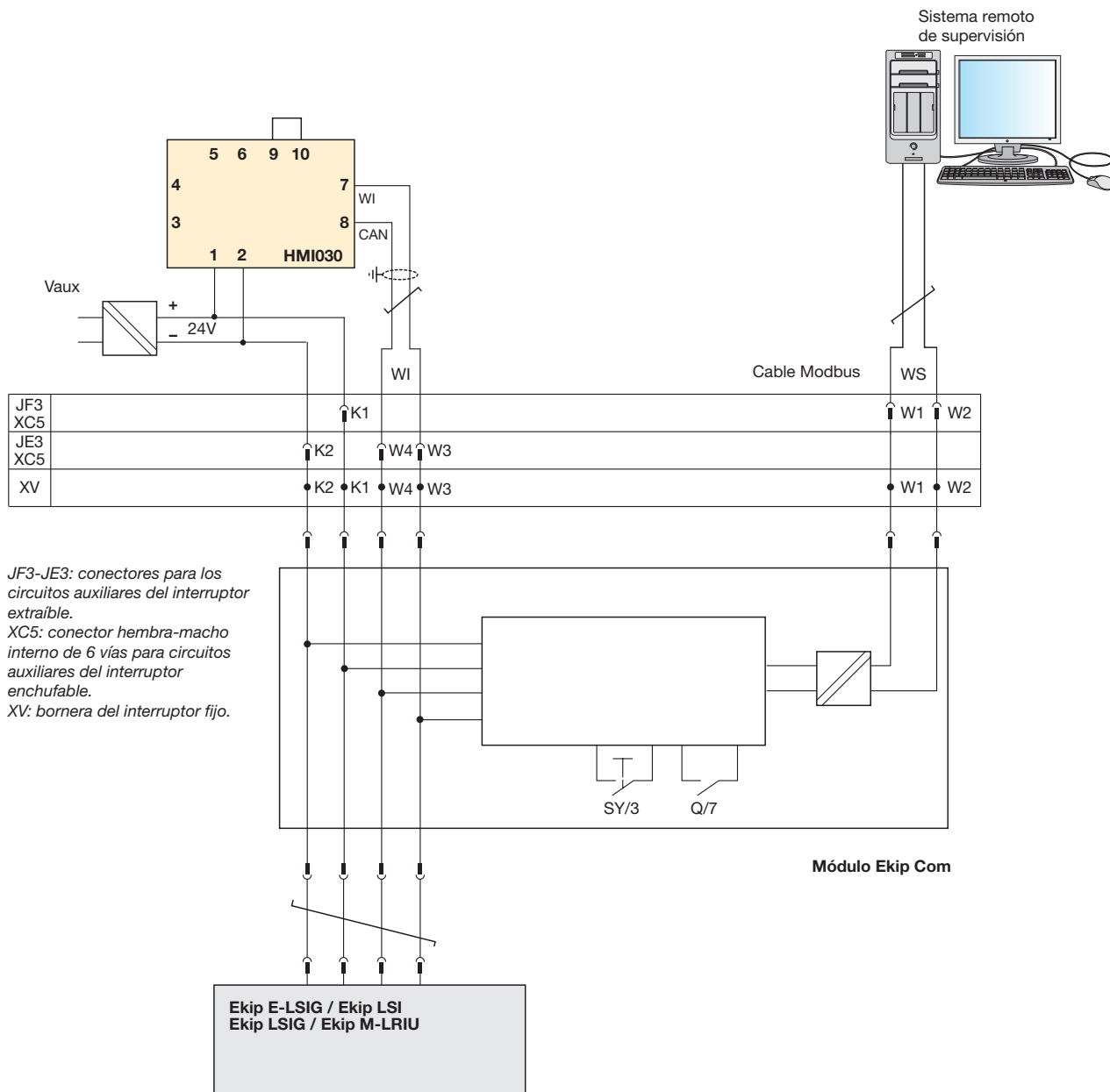
De este modo, la unidad MM030 recibe los datos del relé de protección (por medio del bus W2) y los envía a las unidades de visualización HMI030 conectadas a él (por medio del bus W3). Así es posible visualizar en la pantalla situada en el frontal del cuadro las magnitudes eléctricas medidas.

Para más información, consúltese el manual técnico del producto: "Flex interfaces for accessory Bus" (código de documento: 1SDH000622R0001).

Interruptores en caja moldeada Tmax XT2 - XT4

Con los interruptores en caja moldeada Tmax XT2 y XT4 equipados con relés de protección electrónicos Ekip E-LSIG, Ekip LSI, Ekip LSI y Ekip M-LRIU son posibles las dos configuraciones siguientes:

- Supervisión remota y visualización en frontal de cuadro.



Esta configuración se puede llevar a cabo si la unidad HMI030 cuenta con la versión de software 3.00 o posteriores.

HMI030 configurada en modo "maestro" y comunicación con bus interno WI

WI: bus interno del relé de protección (bus CAN reservado a los dispositivos ABB, cables W3 y W4 del módulo Ekip Com)

WS: bus de sistema del relé de protección (cables W1 y W2 del módulo Ekip Com)

K1-K2: alimentación auxiliar Vaux

Longitud máxima de la conexión entre HMI030 y relé de protección: 15 m

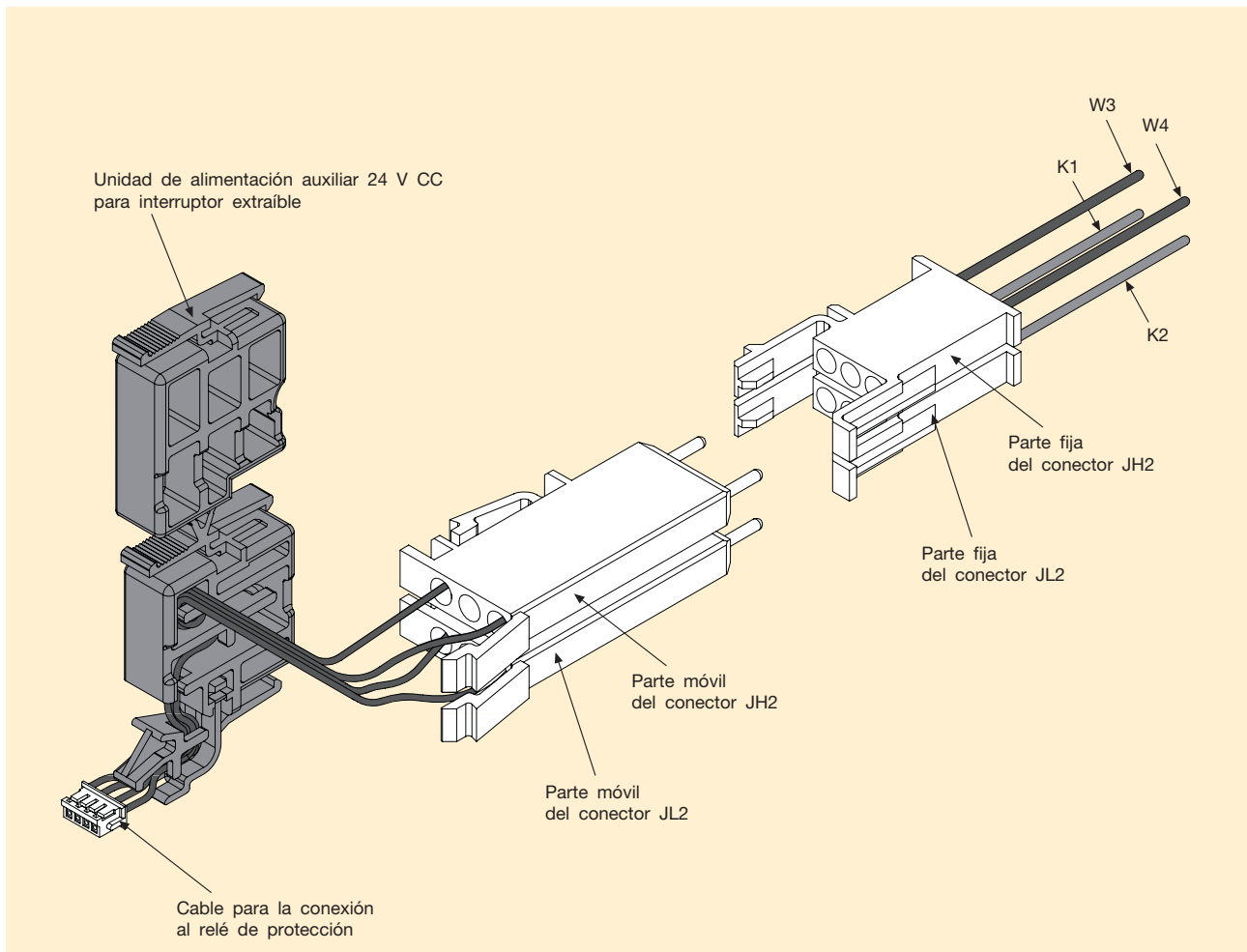
La conexión entre el relé de protección y la unidad HMI030 debe realizarse con un cable de par trenzado, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes). El apantallamiento debe conectarse a tierra en uno de los dos extremos de conexión

- Visualización en frontal de cuadro

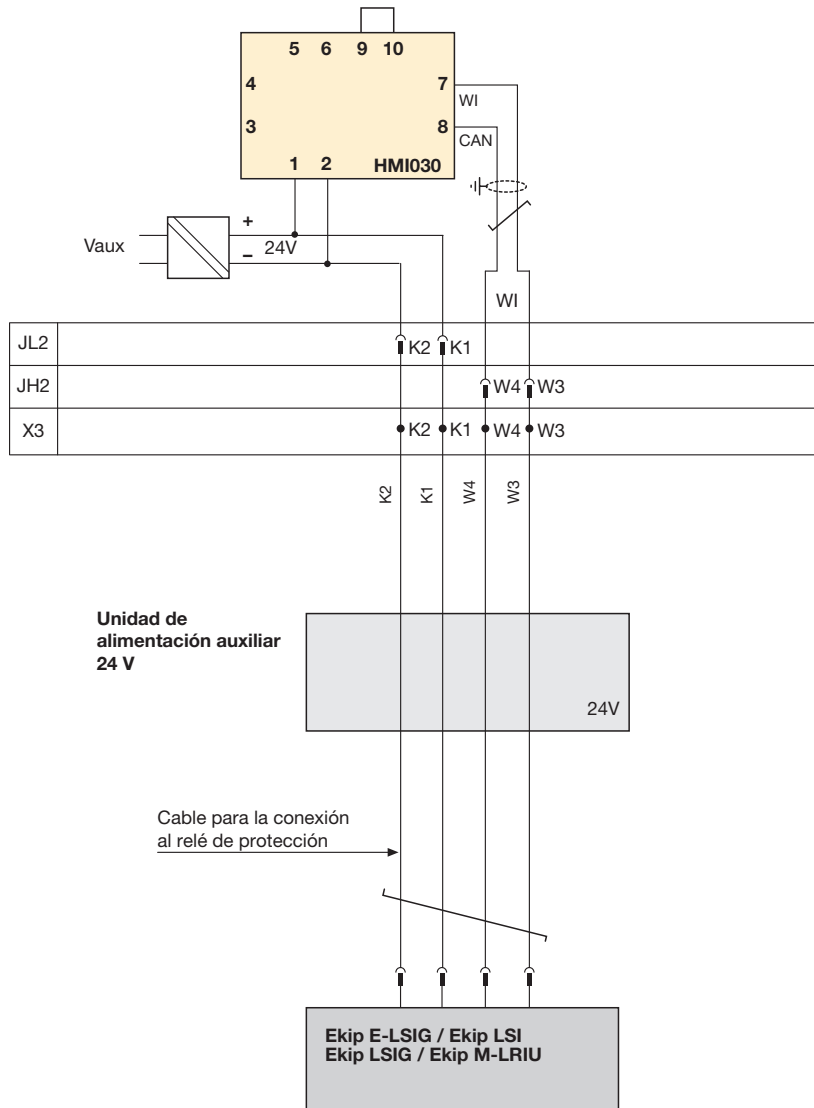
Para realizar esta configuración se puede utilizar la unidad de alimentación auxiliar de 24 V CC correspondiente, para conectar los relés de protección electrónicos Ekip E-LSIG, Ekip LSI, Ekip LSIG y Ekip M-LRIU a la unidad HMI030.

La unidad de alimentación auxiliar 24 V CC está disponible en dos versiones: una para los interruptores fijos/enchufables y otra para los interruptores extraíbles.

Figura 22: unidad de alimentación auxiliar 24 V CC para interruptor extraíble.



JL2-JH2: conectores para los circuitos auxiliares del interruptor extraíble



JL2-JH2: conectores de la unidad de alimentación auxiliar 24 V CC para interruptor extraíble.
 X3: conector hembra-macho interno de 6 vías para la unidad de alimentación auxiliar 24 V CC con interruptor enchufable.

Esta configuración se puede llevar a cabo si la unidad HMI030 cuenta con la versión de software 3.00 o posteriores.

La unidad HMI030 se configura en modo "maestro" y con comunicación con bus interno WI

Se utiliza la unidad de alimentación auxiliar 24 V CC

K1-K2: alimentación auxiliar Vaux

WI: bus interno del relé de protección (bus CAN reservado a los dispositivos ABB, cables W3 y W4 de la unidad de alimentación auxiliar de 24 V CC)

Longitud máxima de la conexión entre HMI030 y relé de protección: 15 m

Con longitudes superiores a 15 m y de hasta 300 m, se debe:

- Configurar la unidad HMI030 en modo "maestro" y utilizar la interfaz de comunicación Modbus RS485 (bornes 3 y 4).
- Utilizar el módulo de comunicación Ekip Com en lugar de la unidad de alimentación auxiliar 24 V para la conexión entre la unidad HMI030 y el relé de protección. La unidad HMI030 se conecta al bus de sistema WS del relé de protección (cables W1 y W2 del módulo Ekip Com).
- Ajustar los siguientes parámetros de comunicación del relé de protección: Dirección: 247; Velocidad: 19200; Paridad: PAR; Bit de parada: 1.

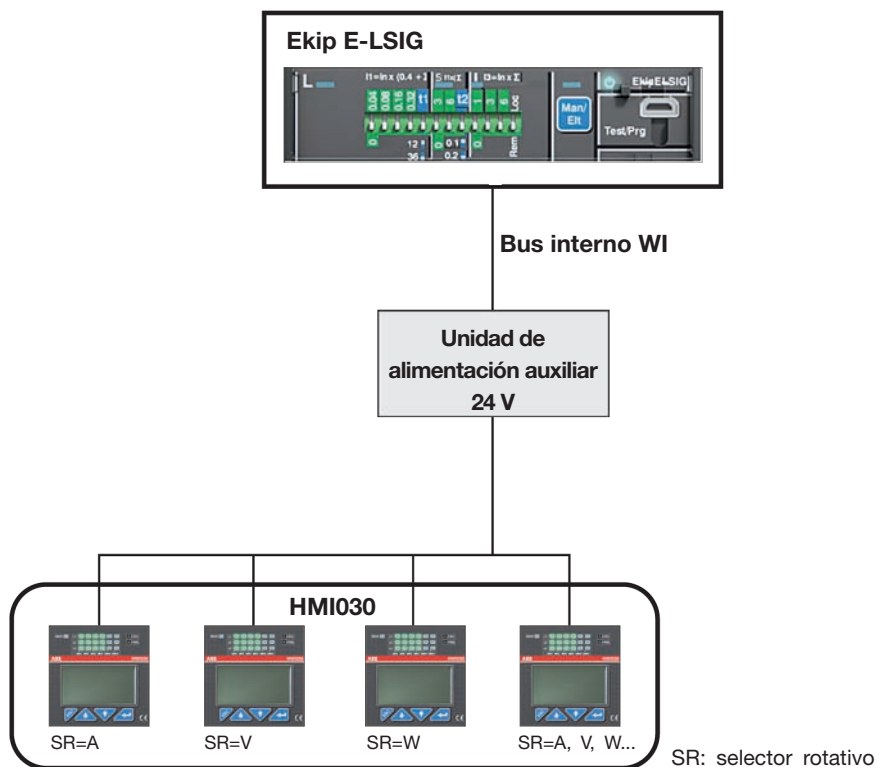
La conexión entre el relé de protección y la unidad HMI030 debe realizarse con un cable de par trenzado, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes). El apantallamiento debe conectarse a tierra en uno de los dos extremos de conexión.

- Visualización en frontal de cuadro con varias unidades HMI030

Con esta configuración es posible conectar hasta cuatro unidades HMI030 al mismo relé de protección (con el mismo bus) si se cumplen las siguientes condiciones:

- Relé de protección tipo Ekip E - LSI G.
- Cada unidad HMI030 posee la versión de software 3.00 o posteriores, está configurada en modo "maestro" y comunica con el bus interno WI (bornes 7 y 8)
- Hay seleccionados cuatro modos de funcionamiento diferentes (Amperímetro, Voltímetro, Watímetro y Custom) para cada HMI030.

Esquema del principio



WI: bus interno del relé de protección (bus CAN reservado a los dispositivos ABB, cables W3 y W4 de la unidad de alimentación auxiliar de 24 V CC)

Longitud máxima recomendada para el bus interno WI: 15 m

Con longitudes superiores a 15 m y de hasta 300 m, se debe:

- Configurar las unidades HMI030 en modo "maestro" y utilizar la interfaz de comunicación Modbus RS485 (bornes 3 y 4).
- Utilizar el módulo de comunicación Ekip Com en lugar de la unidad de alimentación auxiliar 24 V.
- Utilizar el bus de sistema WS del relé de protección (cables W1 y W2 del módulo Ekip Com) para la conexión del relé de protección a las unidades HMI030.
- Ajustar los siguientes parámetros de comunicación del relé de protección: Dirección: 247; Velocidad: 19200; Paridad: PAR; Bit de parada: 1.

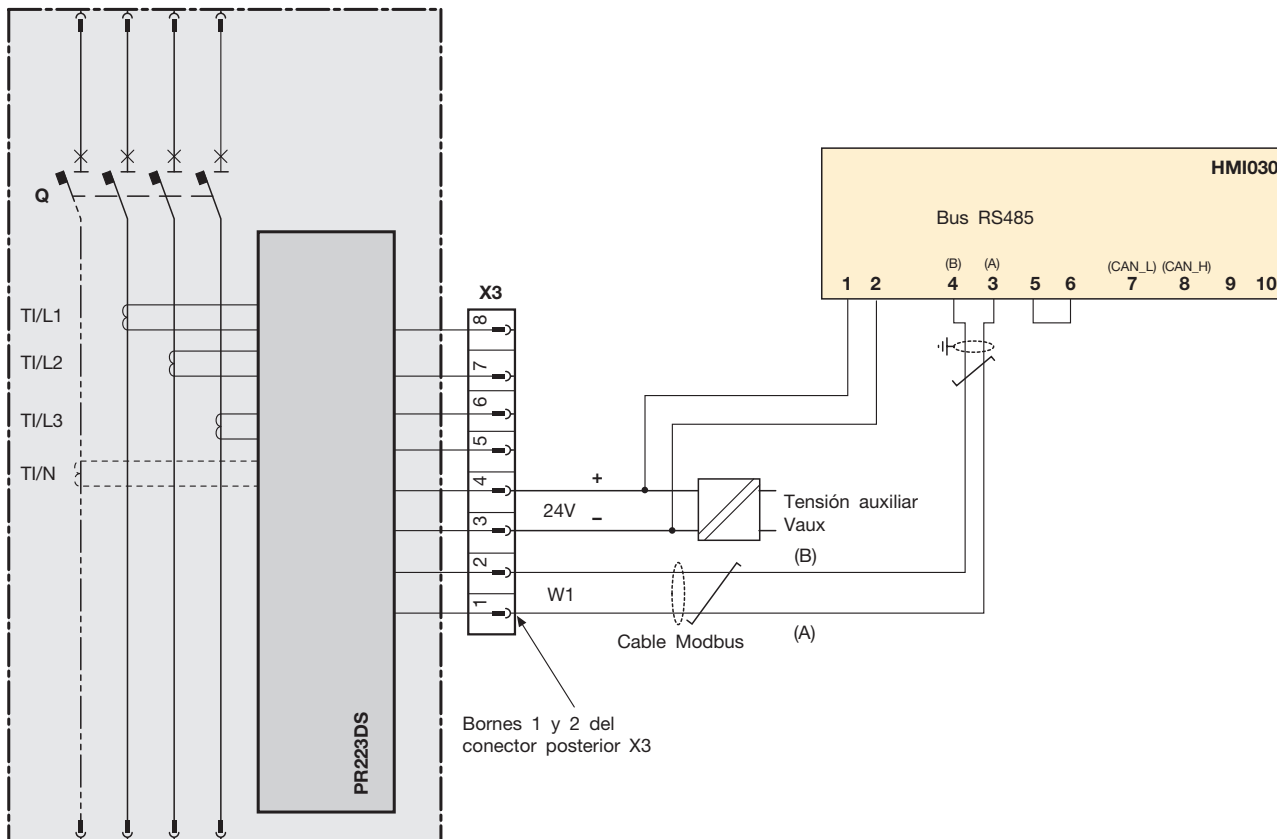
Para el cableado entre el relé de protección y la unidad HMI030 es necesario utilizar un cable de par trenzado, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes). Se recomienda colocar el apantallamiento a tierra en el extremo de conexión del relé de protección

Con los relés de protección Ekip LSI, Ekip LSI G o Ekip M-LRIU se pueden conectar, en el mismo bus WI, hasta dos unidades HMI030 en las que se han seleccionado previamente dos modos de funcionamiento diferentes: Amperímetro (A) y Custom (A, V, W...).

Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

Con los interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6 equipados con los relés de protección electrónicos PR222DS/PD, PR223DS y PR223EF son posibles las siguientes configuraciones:

- Visualización en frontal de cuadro



Unidad HMI030 en modo “maestro” y comunicación Modbus

W1: bus de sistema del relé de protección

Longitud máxima recomendada para el bus de sistema W1: 300 m

La conexión entre el relé de protección y la unidad HMI030 debe realizarse con un cable de par trenzado, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes). El apantallamiento debe conectarse a tierra en uno de los dos extremos de conexión.

Para su uso en esta configuración, se deben establecer los siguientes parámetros de comunicación del relé de protección:

- Dirección: 247
- Velocidad: 19200 bps
- Paridad: PAR
- Bit de parada: 1

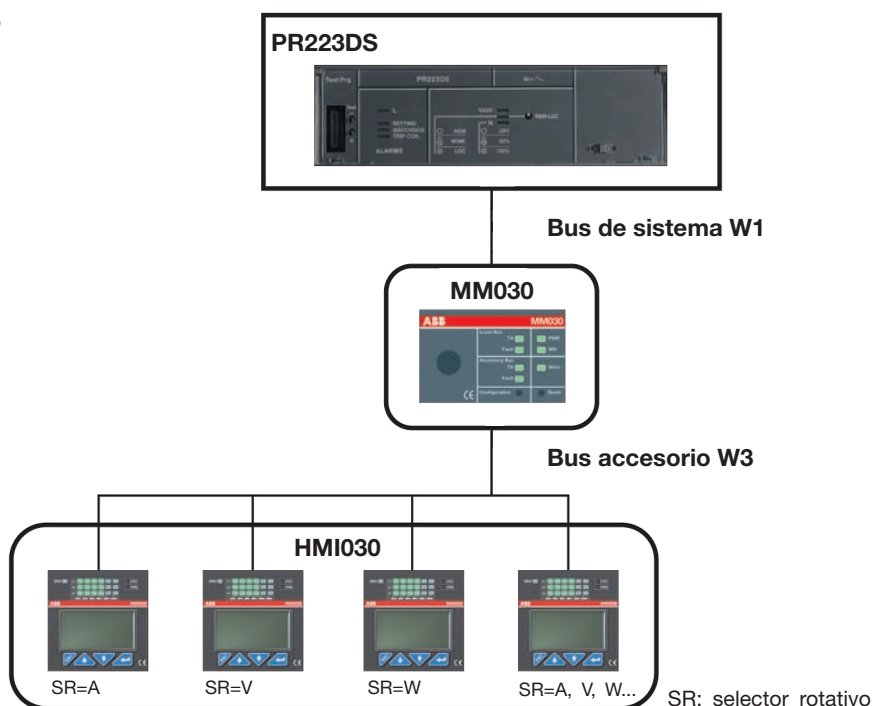
En esta configuración se puede conectar solo una HMI030 al relé de protección (en el bus de sistema W1).

- Visualización en frontal de cuadro con varias unidades HMI030

Es posible conectar hasta cuatro unidades HMI030 al mismo relé de protección (en el mismo bus) si se cumplen las siguientes condiciones:

- Relé de protección PR223DS.
- Están ajustados los siguientes parámetros de comunicación del relé de protección: Dirección 247; Velocidad: 19200 bps; Paridad: PAR; Bit de parada: 1.
- Hay seleccionados cuatro modos de funcionamiento diferentes (Amperímetro, Voltímetro, Vatímetro y Custom) para cada HMI030.
- Cada unidad HMI030 cuenta con la versión de software 2.00 o posterior, está configurada en modo “esclavo” y usa la interfaz de comunicación Modbus RS485 (bornes 3 y 4).
- Está presente la unidad MM030 (alimentada con una tensión auxiliar de 24 V CC (Pn=2,5 W a 24 V)).

Esquema del principio



W1: bus de sistema del relé de protección que comunica con el bus local (W2) de la unidad MM030 (bornes 10 y 11)

W3: bus accesorio de la unidad MM030 (bornes 13 y 14)

Longitud máxima recomendada para la conexión entre el relé de protección y la unidad MM030 (bus de sistema W1): 200 m. Longitud máxima recomendada para el bus accesorio W3: 300 m. Para las conexiones se debe usar un par de cables trenzados, apantallado y dotado de una impedancia característica de 120 Ω (p. ej.: cable tipo Belden 3105 o equivalentes).

En la conexión entre el relé de protección y la unidad MM030 (bus de sistema W1) se recomienda colocar el apantallamiento a tierra en el extremo de conexión del relé de protección. En el cableado del bus accesorio W3 se recomienda colocar el apantallamiento a tierra en el extremo de conexión de la unidad MM030. Para el cableado, se recomienda seguir las indicaciones del manual técnico del producto: “Flex interfaces for accessory Bus”

Con los relés de protección PR223EF se pueden conectar hasta tres unidades HMI030 en las que se han seleccionado previamente tres modos de funcionamiento diferentes: Amperímetro (A) Voltímetro (V) y Custom (A, V, W...). Con los relés de protección PR222DS/PD se pueden conectar hasta dos unidades HMI030 en las que se han seleccionado previamente dos modos de funcionamiento diferentes: Amperímetro (A) y Custom (A, V, W...). En esta configuración se debe utilizar la unidad MM030 para gestionar el intercambio de información entre el relé de protección y la unidad HMI030.

La unidad MM030 es un dispositivo con microprocesador equipado con dos buses de comunicación:

- Un bus local (W2), para la conexión y la comunicación con el relé de protección (a través del bus de sistema W1 del relé de protección).
- Un bus accesorio (W3) para la conexión y la comunicación con la unidad HMI030.

De este modo, la unidad MM030 recibe los datos del relé de protección (por medio del bus W2) y los envía a las unidades de visualización HMI030 conectadas a él (por medio del bus W3). Así es posible visualizar en la pantalla situada en el frontal del cuadro las magnitudes eléctricas medidas.

Para más información, consúltese el manual técnico del producto: “Flex interfaces for accessory Bus” (código de documento: 1SDH000622R0001).

4.7 Red Modbus RS-485 (Normas para el correcto cableado)

El cableado de los sistemas de comunicación industriales presenta algunas diferencias con respecto al cableado de potencia, lo que puede generar problemas al instalador si éste no es experto en redes de comunicación Modbus.

Un sistema Modbus RS-485 establece la comunicación entre un dispositivo maestro y uno o varios dispositivos esclavos.

De aquí en adelante consideraremos como dispositivos esclavos exclusivamente a los interruptores de baja tensión ABB, a pesar de que el cableado es similar para todos los dispositivos Modbus.

A continuación se describen las principales normas relativas al cableado de este tipo de redes.

1. Puerto de conexión

Cada uno de los dispositivos dispone de un puerto de comunicación con dos bornes, generalmente denominados A y B.

El cable de comunicación va conectado a estos dos bornes y todos los dispositivos que participan en la comunicación van conectados en paralelo.

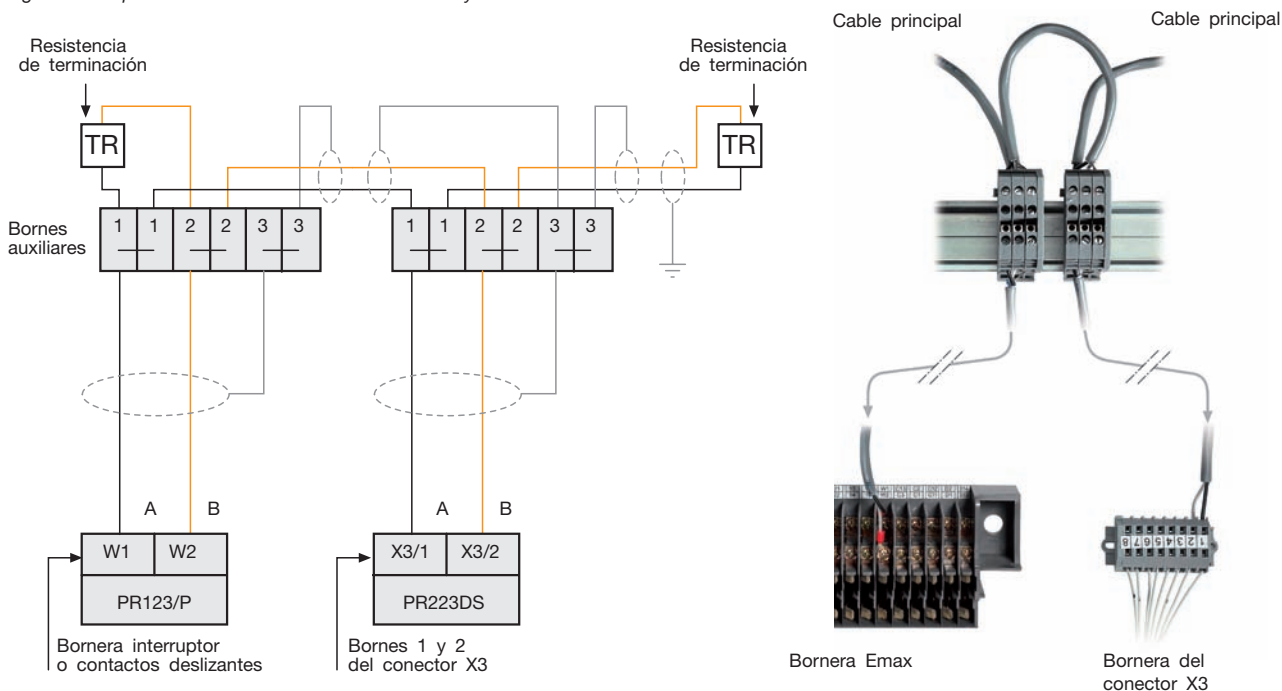
Se deben conectar todos los bornes "A" y todos los bornes "B" entre sí, respectivamente. Al invertir las conexiones "A" y "B" de un dispositivo, además de incapacitarlo para la comunicación, es posible que todo el sistema de comunicación deje de funcionar a causa de las tensiones continuas (de polarización) incorrectas presentes en los bornes del dispositivo mal conectado.

En los interruptores ABB, los bornes de comunicación están indicados tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Interruptor	Relé de protección	Borne A (-)	Borne B (+)	Notas
Emax	PR122/P y PR123/P	W1	W2	bornera interruptor o contactos deslizantes.
Emax X1 Tmax T7/T7M	PR332/P y PR333/P	W1	W2	bornera interruptor o contactos deslizantes.
Tmax T4-T5-T6	PR222DS/PD PR223EF PR223DS	X3/1	X3/2	bornes 1 y 2 del conector posterior X3.
Tmax XT2 - XT4	Ekip E-LSIG Ekip LSI Ekip M-LRIU	cable W1	cable W2	- cables W1 y W2 de salida del módulo Ekip Com (con interruptor fijo). - cables W1 y W2 de salida de la parte fija (hembra) del conector JF3 para interruptores extraíbles. - cables de salida del borne 1 (para W1) y 2 (para W2) de la parte fija (hembra) del conector hembra-macho interno de 6 vías (XC5) para interruptor enchufable.

Esta tabla recoge lo indicado en los esquemas eléctricos del Apéndice C.

Figura 23: Esquema eléctrico de conexión de un Emax y un Tmax a la red Modbus



Para evitar errores cuando se conectan muchos dispositivos, se recomienda utilizar cables del mismo color para todas las conexiones a los bornes A y cables del mismo color para todas las conexiones a los bornes B de los diferentes dispositivos (p. ej.: blanco para A y azul para B). De esta forma resulta más sencillo detectar los errores del cableado. También el puerto de comunicación del dispositivo maestro, sea cual sea, cuenta con dos bornes, que corresponden a A y B. Algunos fabricantes de dispositivos los denominan Tx- y Tx+, Data- y Data+ o simplemente RS485+ y RS485-.

2. Conexión entre dispositivos

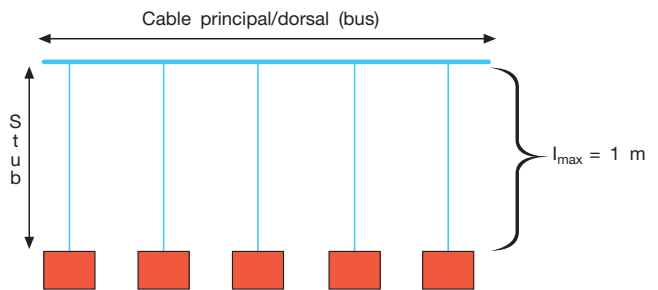
A diferencia de lo que sucede con muchos sistemas de distribución de energía, el modo de conexión en paralelo de los dispositivos no es indiferente.

El sistema RS-485, utilizado para la comunicación Modbus de los interruptores ABB, prevé que exista un cable principal (bus o dorsal), al que todos los dispositivos deben estar conectados con ramificaciones (también llamadas "stub") lo más cortas posible. Estas ramificaciones deben tener una longitud máxima de 1 m para los interruptores ABB.

La presencia de ramificaciones más largas podría causar fenómenos de reflexión de la señal, generando interferencias y consecuentes errores de recepción de los datos.

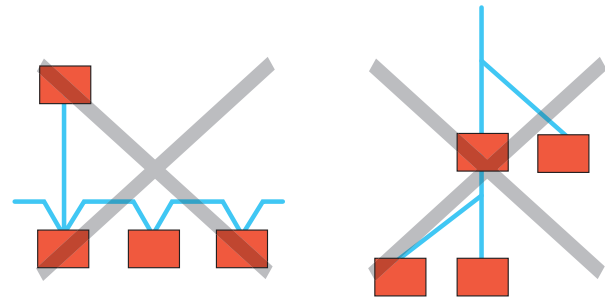
La Figura 23a ilustra un ejemplo de una correcta conexión con bus.

Figura 23a: Red con estructura a Bus



La Figura 24 ilustra ejemplos de conexiones con bus erróneas.

Figura 24: Ejemplos de conexiones con bus erróneas



3. Distancia máxima y número máximo de dispositivos.

El cable principal puede tener una longitud máxima total de 700 m. Dicha distancia no incluye las ramificaciones (que, igualmente, deben ser cortas).

El número máximo de dispositivos que pueden conectarse a un cable principal es 32, incluido el maestro.

4. Uso de repetidores

Para aumentar la extensión de la red Modbus se pueden utilizar repetidores, que son dispositivos de amplificación y regeneración de la señal dotados de dos puertos de comunicación: uno de recepción y otro de transmisión. Al utilizar un repetidor, el cable principal queda subdividido en varios tramos (segmentos), cada uno de los cuales puede alcanzar los 700 m de longitud y conectar 32 dispositivos (este número incluye los repetidores). El número máximo de repetidores que es aconsejable conectar en serie es 3. Un número mayor causa retardos excesivos en el sistema de comunicación.

5. Tipo de cable que se debe utilizar

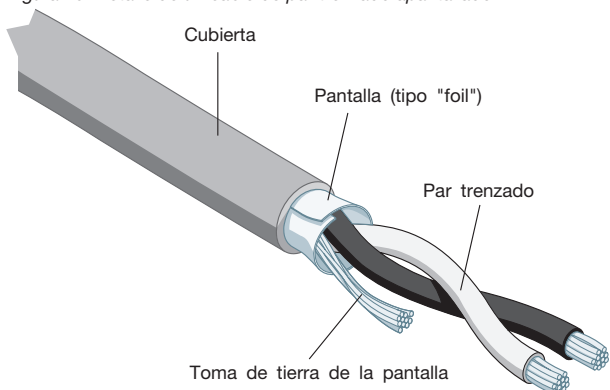
Ha de utilizarse un cable de par trenzado apantallado (tipo telefónico).

ABB especifica un cable de tipo Belden 3105A, pero pueden utilizarse cables de otro tipo con características equivalentes.

El par está constituido por dos conductores aislados trenzados entre sí. Esta disposición mejora la inmunidad a las perturbaciones electromagnéticas, ya que el cable forma una serie de espiras sucesivas, cada una dirigida en sentido opuesto a la siguiente: de esta forma, un eventual campo magnético presente en el medio atraviesa cada par de espiras en sentidos opuestos y su efecto es consecuentemente muy reducido (teóricamente, el efecto en cada espira es exactamente el contrario al de la siguiente y, por tanto, el efecto resultante queda anulado).

El apantallamiento puede ser de tipo "braided" (formado por una red de finos hilos conductores) o bien de tipo "foil" (constituido por una lámina de metal que envuelve los conductores): los dos tipos son equivalentes.

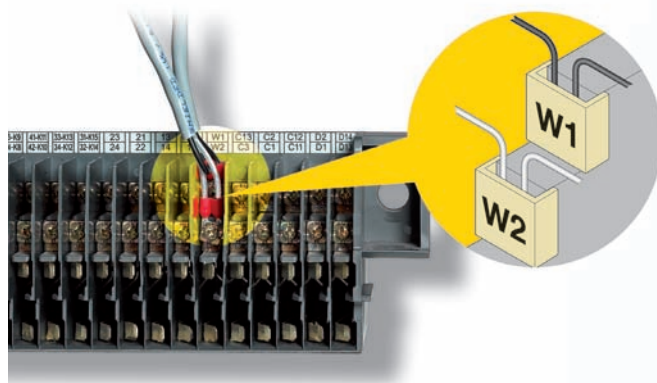
Figura 25: Detalle de un cable de par trenzado apantallado



6. Conexión a los bornes

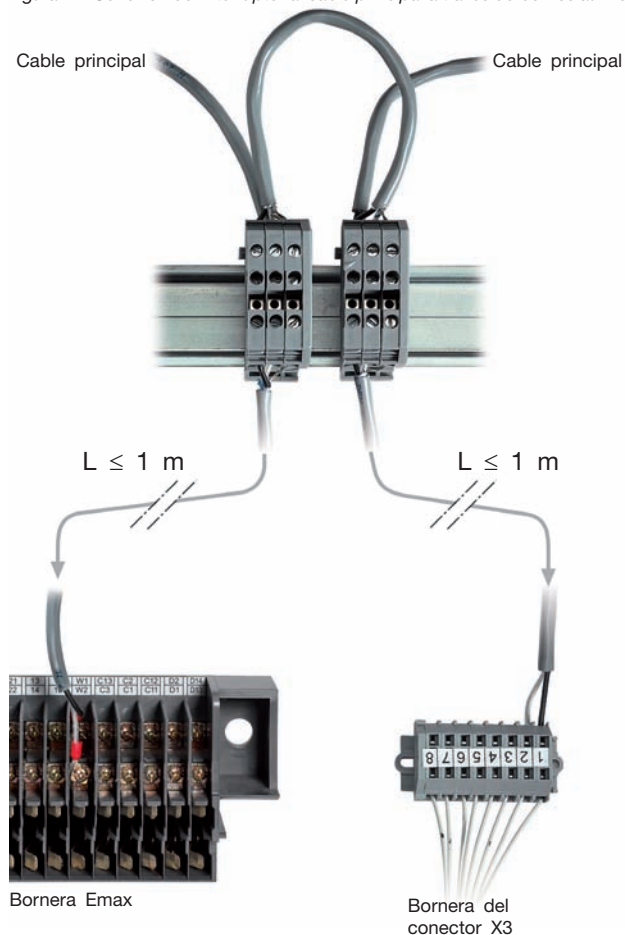
En algunos países está permitido insertar dos cables en un mismo borne roscado. En ese caso, el cable principal de entrada y de salida puede conectarse directamente a los bornes de un interruptor, tal y como se muestra en la Figura 26, sin necesidad de crear una ramificación.

Figura 26: Conexión del cable principal directamente a los bornes del interruptor



Si, por el contrario, cada borne permite la conexión de un solo cable, es necesario crear una ramificación utilizando tres bornes auxiliares para cada interruptor que se va a conectar, tal y como se muestra en la Figura 27.

Figura 27: Conexión del interruptor al cable principal a través de bornes auxiliares

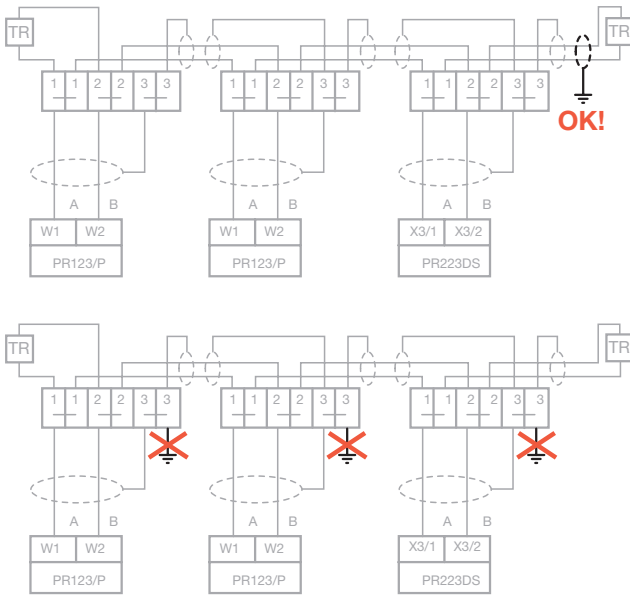


7. Conexión a tierra de la pantalla

La pantalla del cable debe conectarse a tierra en un único punto. Normalmente, esta conexión tiene lugar en un extremo del cable principal.

La Figura 28 muestra un ejemplo de conexión a tierra correcta y otro de conexión incorrecta.

Figura 28: Ejemplos de conexión a tierra, correcta e incorrecta, del apantallamiento



8. Resistencia de terminación

Para evitar reflexiones de la señal, en cada extremo del cable principal debe montarse una resistencia de terminación de 120 Ω.

En los interruptores ABB Emax, abiertos X1 y en caja moldeada Tmax no existe resistencia de terminación interna.

Si, además de los interruptores ABB, se conectan otros dispositivos, es necesario comprobar si éstos están equipados o no con resistencia de terminación (generalmente, es posible activarla o desactivarla).

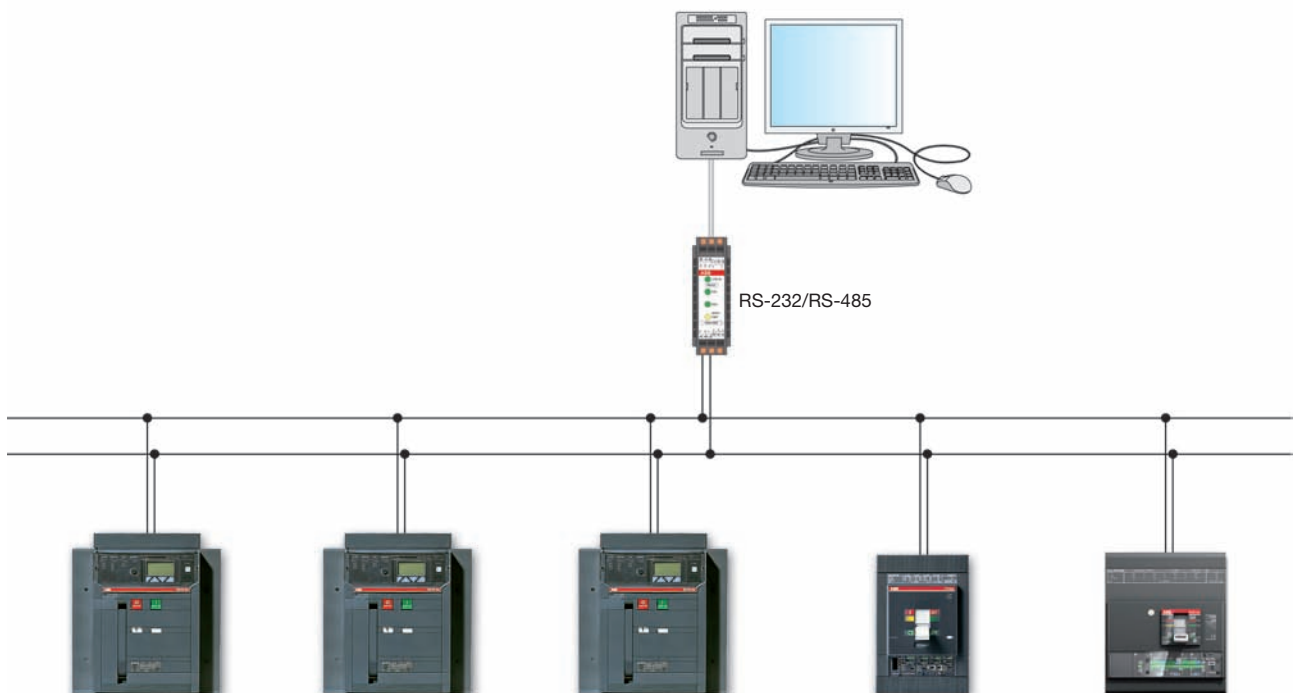
La resistencia de terminación debe utilizarse sólo en el extremo del cable principal.

Si la longitud total del cable principal es inferior a 50 m, no es necesario utilizar resistencias de terminación.

9. Conexión a PC

Si el maestro utilizado es un PC, por lo general, la conexión al bus debe realizarse por medio de un convertidor serie RS-232/RS-485, tal y como se indica en la siguiente figura.

Figura 29: Conexión de un PC al bus mediante un convertidor serie RS-232/RS-485 ILPH



4.7.1 Funcionamiento del sistema Modbus RTU

El tráfico de información del bus es gestionado mediante un procedimiento de tipo maestro/esclavos, en el que el PC o el PLC es el maestro y los interruptores son los esclavos. El maestro dirige todo el tráfico del bus y es el único que puede iniciar la comunicación. Éste transmite datos y/o comandos a los esclavos y, a su vez, les pide que le transmitan datos. Los esclavos transmiten a la red únicamente los datos requeridos por el maestro.

Los esclavos no pueden comunicarse directamente entre sí: por ejemplo, para transferir un dato de un esclavo a otro es necesario que el maestro lea el dato del primer esclavo para después transferírselo al segundo.

De cualquier forma, en el contexto de aplicación de los interruptores automáticos ABB, esta operación nunca es necesaria.

La secuencia de comunicación entre los interruptores (esclavos) y el PC (maestro) tiene lugar de la siguiente forma:

1) El PC envía un comando⁸ o una petición ("query") en el bus.

⁸ El comando o la petición contiene el identificador del interruptor al que se ha enviado la comunicación y, gracias a ello, aunque todos los dispositivos conectados a la red reciban la transmisión, sólo responderá el interruptor afectado.

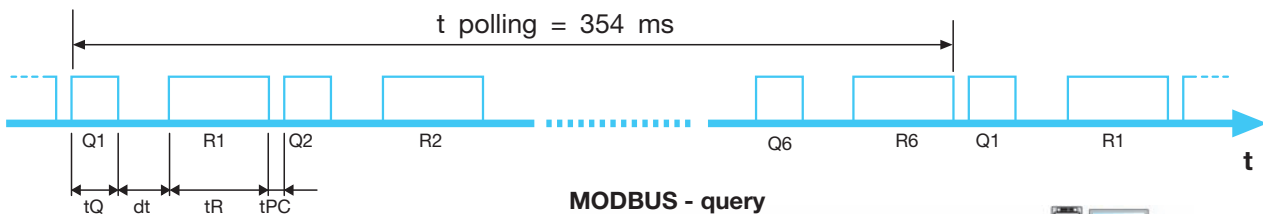
- 2) El interruptor interrogado responde ("response") con la acción oportuna, que puede ser:
- Ejecutar el comando recibido.
 - Proporcionar los datos requeridos.
 - Informarle de que la petición no puede ser llevada a cabo.

Los interruptores son interrogados por el PC mediante interrogación ("polling") cíclica, es decir, una cada vez cíclicamente hasta realizar el barrido de toda la instalación en un tiempo previsible (tiempo de polling).

Consideremos, por ejemplo, que se quieren leer los valores de las corrientes de 6 interruptores Tmax equipados con relé de protección electrónico PR222DS/PD.

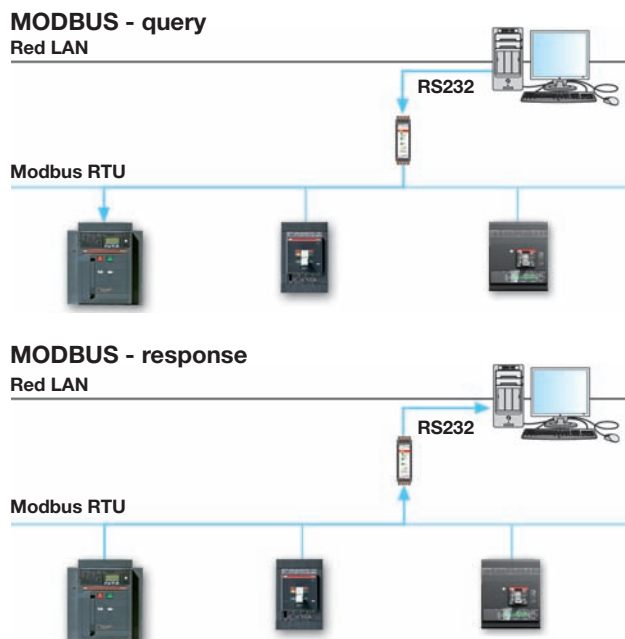
Para la secuencia de comunicación entre cada interruptor y el PC, supongamos que los tiempos son los siguientes:

- Tiempo de "query" t_Q (tiempo para la petición del PC al interruptor): 7 ms.
- Intervalo de tiempo, dt , entre "query" y "response": 43 ms.
- Tiempo de "response" t_R (tiempo para la respuesta del interruptor al PC): 9 ms.



Q = QUERY
(interrogación del PC al interruptor).

R = RESPONSE
(respuesta que el interruptor envía al PC).



En este caso hipotético, el tiempo de interrogación de cada interruptor es de unos 59 ms y, considerando este periodo como constante para todos los interruptores, el tiempo de polling de cada ciclo de comunicación será, aproximadamente, de: $59 \times 6 = 354$ ms.

En el cálculo del tiempo de polling se desprecia el tiempo de procesamiento del ordenador, tPC, es decir, el tiempo que transcurre entre el final de la RESPONSE de un interruptor y el inicio de la QUERY que el PC envía al siguiente interruptor.

Para poder implementar una red de comunicación entre varios esclavos que se comunican en Modbus RTU, ya sean instrumentos de medida, interruptores de protección o controladores de temperatura, es fundamental que sea posible ajustar los mismos parámetros de comunicación para todos los dispositivos presentes en la red. Estos parámetros son:

- Velocidad de transmisión de los datos, también denominada "baud rate": (p. ej.: 19200 bps).
- "Data bit" (n.º de bits): 8.
- "Parity bit" (bit de paridad): Even/Odd/None (Par/Impar/Ninguna).
- "Stop bit" (bit de parada): 1 (cuando bit de paridad = even o odd) o 2 (cuando bit de paridad= none).
- Dirección de cada esclavo.

Tras haber configurado la misma velocidad de transmisión, bit de paridad y bit de parada, y después de haber identificado a cada esclavo con una dirección única y propia, es posible proceder a la adquisición de información por parte del maestro.

NOTA: En la página web www.modbus.org está disponible una descripción detallada del protocolo de comunicación Modbus.

4.8 Software Ekip Connect

Ekip Connect es una aplicación de software para PC (con sistema operativo Microsoft Windows®) que permite intercambiar datos con uno o varios dispositivos de baja tensión ABB.

Este software puede utilizarse para:

- La puesta en funcionamiento, el control y el seguimiento de la red Modbus RS-485 y de los dispositivos conectados a ella.
- La búsqueda de defectos y anomalías en una red de comunicación ya operativa.
- Interactuar e intercambiar datos con los relés de protección electrónicos equipados con interfaz de comunicación Modbus.

En este documento se contempla el uso del software Ekip Connect para la comunicación entre un PC y uno o varios dispositivos ABB conectados al mismo tiempo a un bus serie.

Esta configuración, denominada “Ekip Connect con línea serie”, se utiliza para la comunicación en redes Modbus RS-485 con los relés de protección electrónicos que cuentan con el módulo de comunicación (p. ej.: PR12X/P con módulo PR120/D-M para Emax, Ekip LSI, Ekip LSI, Ekip M-LRIU y Ekip E-LSIG, con módulo Ekip Com para Tmax XT) y con los relés de protección que cuentan con interfaz de comunicación integrada (p. ej.: PR223DS, PR223EF, PR222DS-PD para Tmax T).

Para establecer la comunicación entre el PC (en el que está instalado Ekip Connect) y los relés de protección, es necesario usar un convertidor serie para pasar del nivel físico RS-485 (lado del relé de protección) al nivel físico deseado y con el que quiere conectarse al PC (p. ej.: RS-232, USB, Ethernet). El protocolo de comunicación que se utiliza es Modbus RTU.

Ekip Connect permite:

- 1) Efectuar un control y un escaneo completo de la red de comunicación Modbus RS-485, con el objetivo de identificar todos los dispositivos que están conectados a ella y de detectar eventuales errores de conexión o de ajuste de los parámetros de comunicación (p. ej.: dirección, velocidad de transmisión, control de paridad) de los interruptores.
- 2) Interactuar en tiempo real con los siguientes dispositivos:

Dispositivo

Interruptor	Relé de protección
Tmax XT2-XT4	Ekip LSI + módulo de comunicación Ekip Com Ekip LSI + módulo de comunicación Ekip Com Ekip M-LRIU + módulo de comunicación Ekip Com Ekip E-LSIG + módulo de comunicación Ekip Com
Tmax T4÷T6	PR222DS-PD PR223DS PR223EF
Tmax T7 - Emax X1	PR332/P + módulo de comunicación PR330/D-M PR333/P + módulo de comunicación PR330/D-M
Emax E1÷E6	PR122/P + módulo de comunicación PR120/D-M PR123/P + módulo de comunicación PR120/D-M
Emax DC	PR122/DC + módulo de comunicación PR120/D-M PR123/DC + módulo de comunicación PR120/D-M
Emax E2/VF-E3/VF	PR122/VF + módulo de comunicación PR120/D-M
Flex interface SD030DX	Termomagnético o relé de protección electrónico básico (para más información, véase el apartado 4.5)

Objetivos:

- Leer la información de los interruptores (alarmas, medidas, parámetros y estados).
- Modificar los parámetros ajustados de configuración y de protección (umbrales y tiempos de disparo de las protecciones).
- Enviar comandos (p. ej.: apertura y cierre) a los interruptores.

Ekip Connect es útil durante las fases de puesta en servicio, configuración, control, mantenimiento y test de un interruptor con interfaz de comunicación Modbus.

4.8.1 Escaneo del bus del sistema

Gracias a esta función, el software realiza un escaneo automático de la red Modbus RS-485 e identifica todos los dispositivos conectados al bus.

Al concluir el escaneo, los dispositivos encontrados se muestran en el área de navegación, a través de una estructura de nodos en árbol, y en el área principal.

En el área principal (véase la Figura 30) se muestran los dispositivos conectados a la red, con sus principales parámetros de comunicación, y los eventuales mensajes de advertencia sobre potenciales problemas o errores de configuración detectados durante el escaneo (p. ej.: dos dispositivos con diferente velocidad de transmisión o dos dispositivos con la misma dirección de esclavo), para un diagnóstico completo de la red de comunicación.

Ekip Connect también señala, en el área principal, la presencia de dispositivos que no sean de ABB capaces de comunicar con protocolo Modbus RTU con sus parámetros de comunicación.

En la Figura 31 se representa un ejemplo de estructura de nodos en árbol, del área de navegación, generada tras un escaneo de la red de comunicación.

En el nodo principal, en el primer nivel, se representa la red Modbus a la que están conectados los

dispositivos. En los nodos del segundo nivel se indican los dispositivos (p. ej.: los relés de protección) conectados a la red de comunicación. Los nodos del tercer nivel indican la información, los datos y las alarmas que están disponibles para el relé de protección seleccionado (un nodo del 2º nivel).

En el área principal se puede ver información detallada, concretamente:

- Al seleccionar el nodo en el primer nivel se visualiza un resumen de todos los dispositivos detectados conectados a la red Modbus y de sus parámetros de comunicación.
- Al seleccionar uno de los nodos del segundo nivel, se visualiza un resumen de los principales parámetros de comunicación (p. ej.: puerto COM, dirección de esclavo, velocidad de transmisión) del dispositivo seleccionado (p. ej.: un relé de protección) y los eventuales problemas que se pueden manifestar durante la operación de escaneo.
- Al seleccionar los nodos del tercer nivel, se puede: visualizar de forma detallada la información y los datos del relé de protección, modificar los parámetros de comunicación y la configuración de las protecciones, y enviar comandos al interruptor (véase el apartado 4.8.2).

Figura 30: Pantalla de Ekip Connect con el área de navegación y el área principal generada al final de un escaneo.

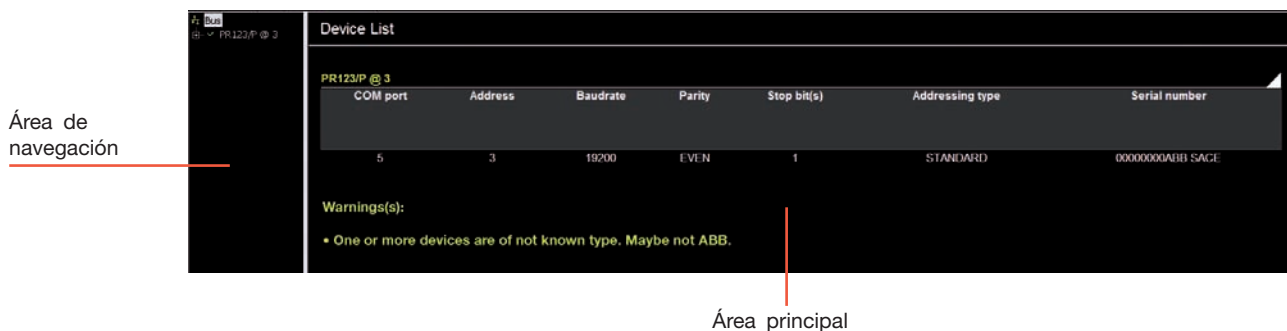
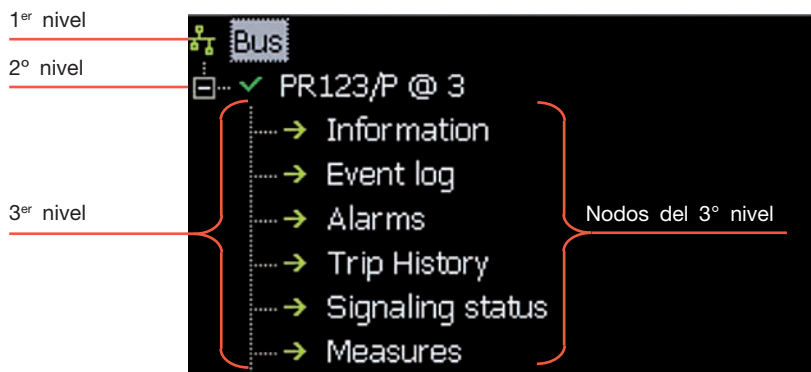


Figura 31: Estructura en árbol del área de navegación



Durante el control de un cuadro eléctrico equipado con dispositivos que comunican vía Modbus y diseñado para una instalación con sistema de supervisión, el escaneo del bus de sistema resulta especialmente útil. De hecho, esta operación de control permite detectar potenciales anomalías en el cableado de los dispositivos conectados a la red Modbus, errores de configuración de los parámetros de comunicación (p. ej.: velocidad, paridad, número de bits de parada, etc.) o errores de configuración de los dispositivos conectados (p. ej.: dirección lógica) y ofrece la posibilidad de corregirlos en una fase en la que todavía no está operativo el cuadro.

Con estas verificaciones, si durante la puesta en servicio del cuadro se presentasen anomalías en la comunicación con los sistemas de supervisión de la instalación, tales problemas no serán imputables a los interruptores instalados en el cuadro.

4.8.2 Comunicación con cada dispositivo

Ekip Connect dispone de pantallas gráficas a través de las cuales es posible interactuar con los relés de protección electrónicos.

Las pantallas se muestran en el área principal, al seleccionar un nodo (del tercer nivel) en el área de navegación.

Cada relé de protección tiene asociadas pantallas a través de las cuales es posible, por ejemplo:

- Leer la información sobre el interruptor y sobre el relé de protección.

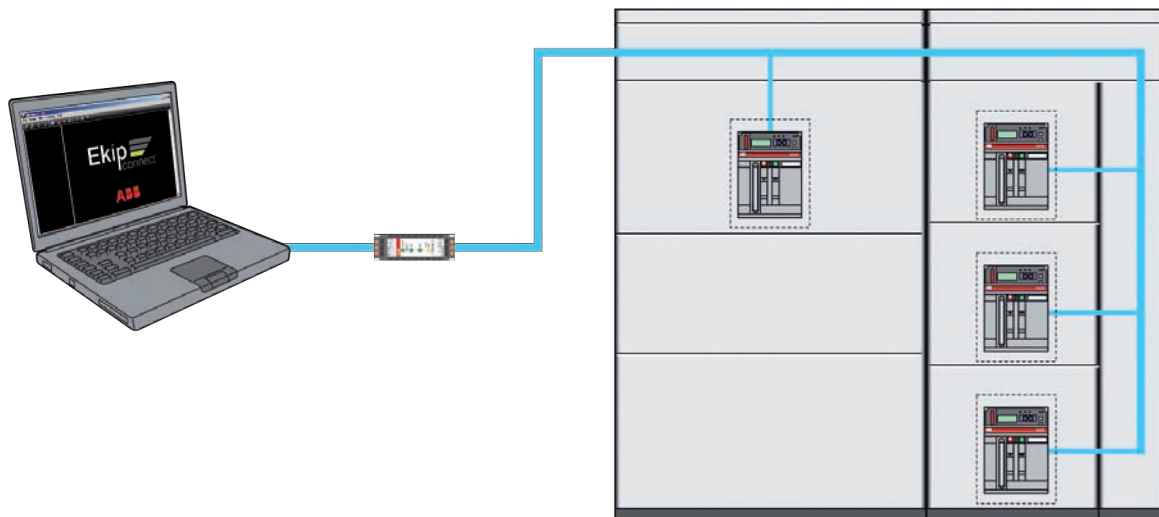
- Conocer el estado del interruptor (p. ej.: abierto/cerrado, insertado/extraído).
- Visualizar las alarmas de las protecciones.
- Leer las magnitudes eléctricas medidas en tiempo real (p. ej.: corrientes, tensiones, potencias, energía).
- Visualizar los ajustes de las funciones de protección asociadas al relé de protección.
- Visualizar los datos del registro relativos a las últimas intervenciones del relé de protección.
- Visualizar el registro de eventos y medidas memorizados en el relé de protección.

Además, a través de las pantallas gráficas es posible:

- Enviar comandos de apertura y cierre al interruptor.
- Enviar comandos de rearme IA (este comando, disponible para los interruptores en caja moldeada con mando motor, cambia el estado del interruptor de “disparado” a “abierto”).
- Enviar comandos de rearme de relé de protección (para restaurar las señalizaciones asociadas a la última intervención del relé de protección).
- Regular los ajustes (umbrales y tiempos de disparo) de las protecciones asociadas al relé de protección.
- Visualizar las curvas tiempo-corriente de las protecciones.
- Enviar comandos intermitentes que activan el parpadeo de la pantalla o de un LED del relé de protección, para facilitar la localización del interruptor si está instalado en la instalación.

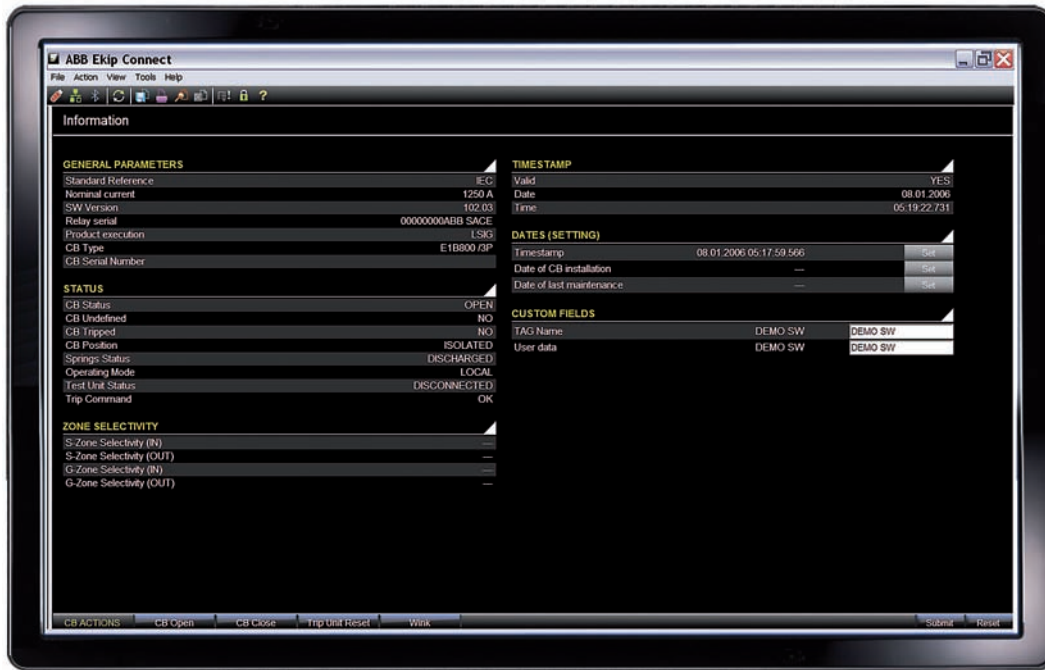
La cantidad y el tipo de información que muestran las pantallas gráficas varían según el tipo de relé de protección con el que se esté interactuando.

A continuación se muestran algunas capturas.



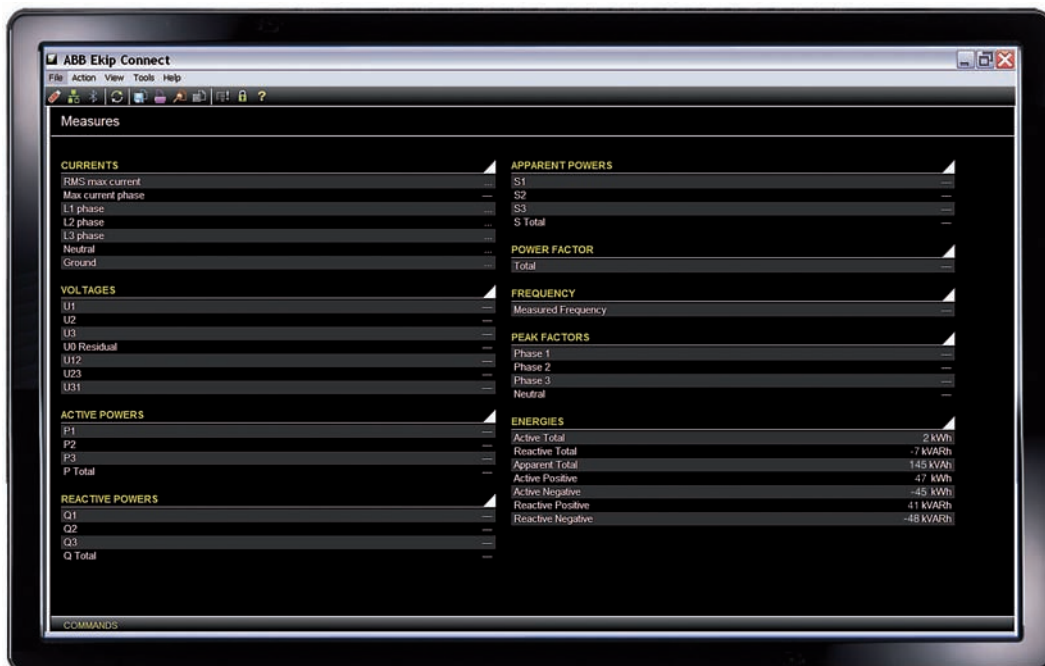
- Información ("Information")

En esta pantalla es posible leer información general sobre el dispositivo (p. ej.: estándar de referencia, corriente asignada del interruptor, versión de software, tipo de interruptor, información sobre el estado del interruptor) y enviar los comandos de apertura/cierre, rearme de relé de protección y el comando de parpadeo. Para enviar dichos comandos es necesario introducir una contraseña. Si el dispositivo está configurado en modo local, no será posible accionar los comandos.



- Medidas ("Measures")

En esta pantalla se muestran las medidas obtenidas en tiempo real por el relé de protección. La información y el tipo de magnitudes eléctricas visualizados varían según el tipo de relé de protección con el que se esté interactuando (véase el Apéndice A).



- Registro de medidas ("Measures History")

Con los relés de protección electrónicos PR122/P y PR123/P para Emax y PR332/P, y PR333/P para Tmax T7 y Emax X1 se pueden visualizar los valores de las siguientes magnitudes:

- Potencia activa total (media y máxima).
- Fase de corriente máxima.
- Valor de la corriente máxima (valor RMS).
- Fase de tensión máxima y valor máximo de tensión.
- Fase de tensión mínima y valor mínimo de tensión.
- Potencia reactiva total (media y máxima).
- Potencia aparente total (media y máxima).

Medidas en los últimos 24 períodos de tiempo programables con intervalos de 5 minutos (información almacenada de las últimas dos horas) a 120 minutos (información almacenada de las últimas 48 horas).

Con los relés de protección electrónicos Ekip E-LSIG para Tmax XT4 se pueden visualizar los valores máximo y mínimo que las magnitudes siguientes han asumido hasta ese momento:

- Corrientes de fase (IL1max-IL2max-IL3max, IL1min-IL2min-IL3min).
- Corriente en el neutro (INmax, INmin) (en presencia del neutro).
- Tensiones fase-fase (V12max-V23max-V31max, V12min-V23min-V31min).
- Tensiones fase-neutro (V1Nmax-V2Nmax-V3Nmax, V1Nmin-V2Nmin-V3Nmin) (en presencia del neutro).
- Frecuencia (valor máximo, valor mínimo).
- Potencia activa total (Ptotmax, Ptotmin) y, en presencia del neutro, potencia activa en las tres fases (P1max, P2max, P3max, P1min, P2min, P3min).
- Potencia reactiva total (Qtotmax, Qtotmin) y, en presencia del neutro, potencia reactiva en las tres fases (Q1max, Q2max, Q3max, Q1min, Q2min, Q3min).
- Potencia aparente total (Stotmax, Stotmin) y, en presencia del neutro, potencia aparente en las tres fases (S1max, S2max, S3max, S1min, S2min, S3min).



- Alarmas ("Alarms")

En esta página se muestran las alarmas de las protecciones asociadas al relé de protección y las alarmas de diagnóstico asociadas al interruptor (p. ej.: bobina de disparo desconectada o dañada, sensores de corriente desconectados). La cantidad y el tipo de alarmas mostrados varían según el tipo de relé de protección con el que se esté interactuando.



- Disparo ("Trip History")

En esta página es posible obtener más información sobre el motivo de intervención del relé de protección (p. ej.: tipo de protección disparada, valor de las corrientes de corte, fecha y hora del disparo, desgaste de los contactos). Algunos relés de protección también permiten acceder a la información asociada a los disparos precedentes. La cantidad y el tipo de información mostrada varían según el tipo de relé de protección con el que se esté interactuando.



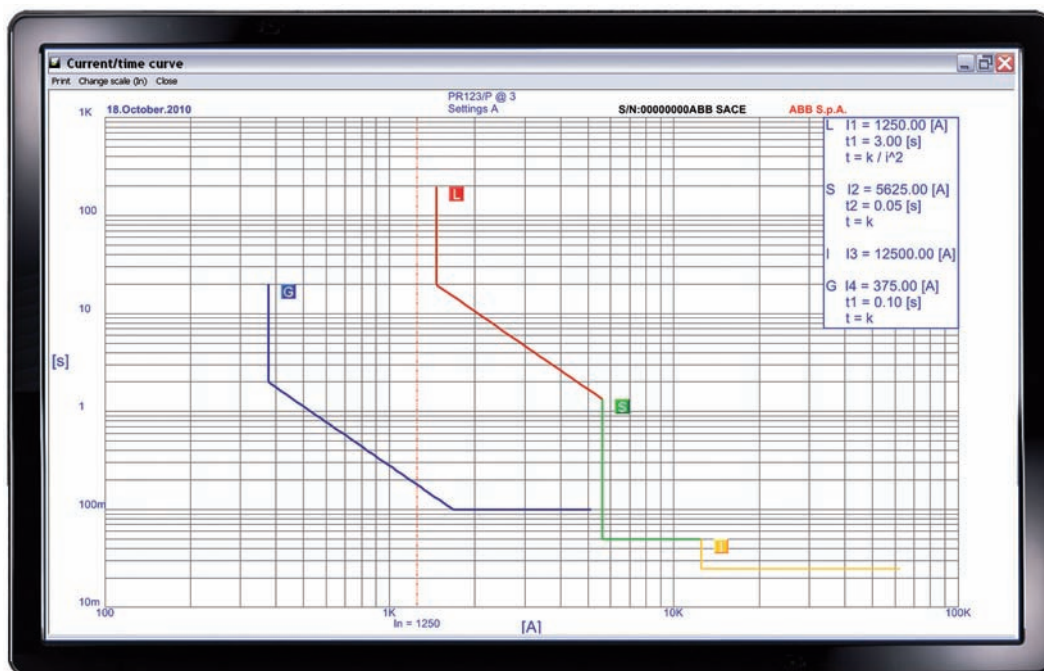
- Ajustes ("Settings A")

En esta página es posible visualizar y configurar los ajustes (umbrales y tiempos de disparo) de las funciones de protección del relé. Las funciones de protección que pueden visualizarse varían según el tipo de relé de protección con el que se esté interactuando.



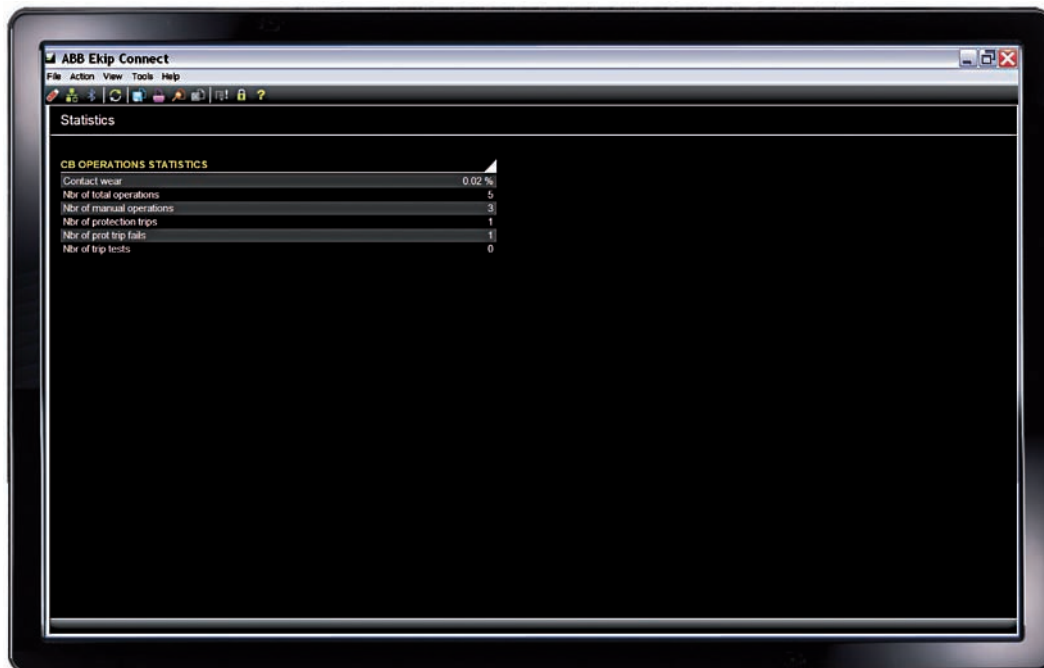
- Curva tiempo-corriente ("Current/time curve")

Con esta función pueden visualizarse las curvas tiempo-corriente programadas para las principales funciones de protección (L, S, I y G).



- Estadísticas de operaciones del interruptor ("CB Operations Statistics")

En esta pantalla se pueden visualizar: el porcentaje de desgaste de los contactos, el número total de maniobras, el número de maniobras manuales, el número de disparos de protección, el número de disparos fallidos y el número de test de disparos realizados por el interruptor. Los datos mostrados varían según el tipo de relé de protección con el que se esté interactuando.



NOTA: Para más información sobre el uso del software Ekip Connect y sobre sus funciones, véase el manual de uso "Instrucciones de uso para el software de comunicación EKIP Connect compatible con los interruptores automáticos de ABB SACE" (código de documento 1SDH000891R0002).

4.9 Ejemplo de elección de los productos para la supervisión y el telecontrol

Tomemos como ejemplo una instalación de distribución de BT con una supervisión como la que aparece en la Figura 32.

El sistema de supervisión utiliza una red tipo bus con protocolo Modbus RTU con RS-485.

En el nivel de control se encuentra un PC que lleva instalada una aplicación de supervisión. El PC se conecta al bus mediante un convertidor serie RS-232/RS-485.

El PC funciona a modo de SCADA: adquiere, elabora y almacena los datos enviados por todos los interruptores.

El nivel de campo está formado por los interruptores de protección Tmax XT4, Tmax T4 y Emax E1, equipados respectivamente con relés de protección electrónicos con microprocesador de tipo:

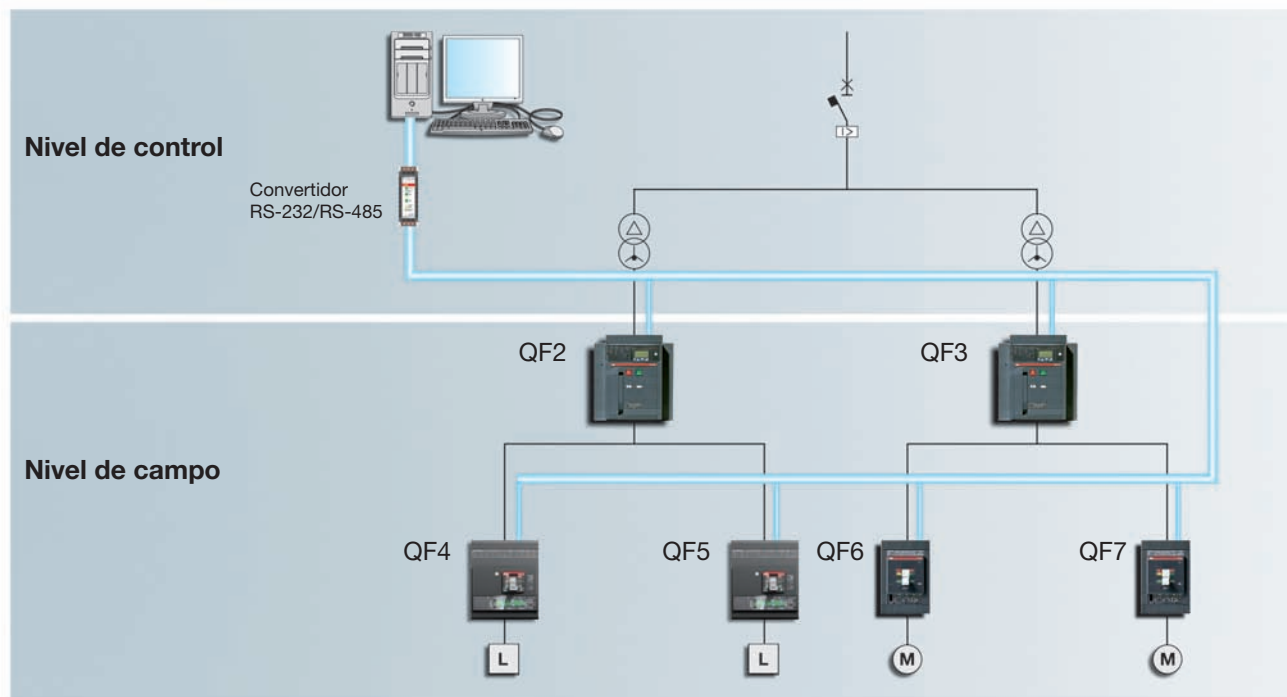
- Ekip E-LSIG (QF4, QF5).
- PR223DS (QF6 y QF7).
- PR123/P (QF2 y QF3).

Elección de los productos y accesorios para la supervisión

Para la supervisión de la instalación se necesitan:

- *Interruptores abiertos Emax E1 (QF2 y QF3) equipados con:*
 - 1) Relé de protección electrónico PR123/P.
 - 2) Módulo de comunicación PR120/D-M.
 - 3) Módulo de medida PR120/V (montado por defecto en el relé de protección PR123/P).
 - 4) Tensión de alimentación auxiliar Vaux (véase el Apéndice B).
- *Interruptores en caja moldeada Tmax XT4 (QF4, QF5) equipados con:*
 - 1) Relé de protección electrónico Ekip E- LSIG.
 - 2) Módulo de comunicación Ekip Com (véase el Apéndice C).
 - 3) Tensión de alimentación auxiliar Vaux (véase el Apéndice B).

Figura 32: Sistema de supervisión y control de una instalación de distribución en BT



Como se puede ver, con el relé de protección Ekip-E LSIG para Tmax XT4 es posible medir las tensiones y energías sin necesidad de utilizar módulos de medida externos.

- *Interruptores en caja moldeada Tmax T4 (QF6 y QF7) equipados con:*
 - 1) Relé de protección electrónico PR223DS.
 - 2) Conector posterior X3 (véanse los Apéndices B y C).
 - 3) Módulo de medida VM210 (véase el Apéndice D).
 - 4) Conector posterior X4 (véase el Apéndice D).
 - 5) Contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (véase el Apéndice E).
 - 6) Tensión de alimentación auxiliar Vaux (véase el Apéndice B).

Elección de los productos y accesorios para el telecontrol

Además, para efectuar el telecontrol de los interruptores, son necesarios los siguientes accesorios:

- *Interruptores abiertos Emax E1 (QF2 y QF3)*
 - 1) Bobina de apertura (YO).
 - 2) Bobina de cierre (YC).
 - 3) Motorreductor para la carga automática de los resortes de cierre (M).
- *Interruptores en caja moldeada Tmax XT4 (QF4 y QF5).*
 - 1) Mando motor con módulo MOE-E (véase el Apéndice F).
- *Interruptores en caja moldeada Tmax T4 (QF6 y QF7).*
 - 1) Mando motor con módulo MOE-E (véase el Apéndice E).
 - 2) Contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (suministrados de fábrica con el MOE-E).

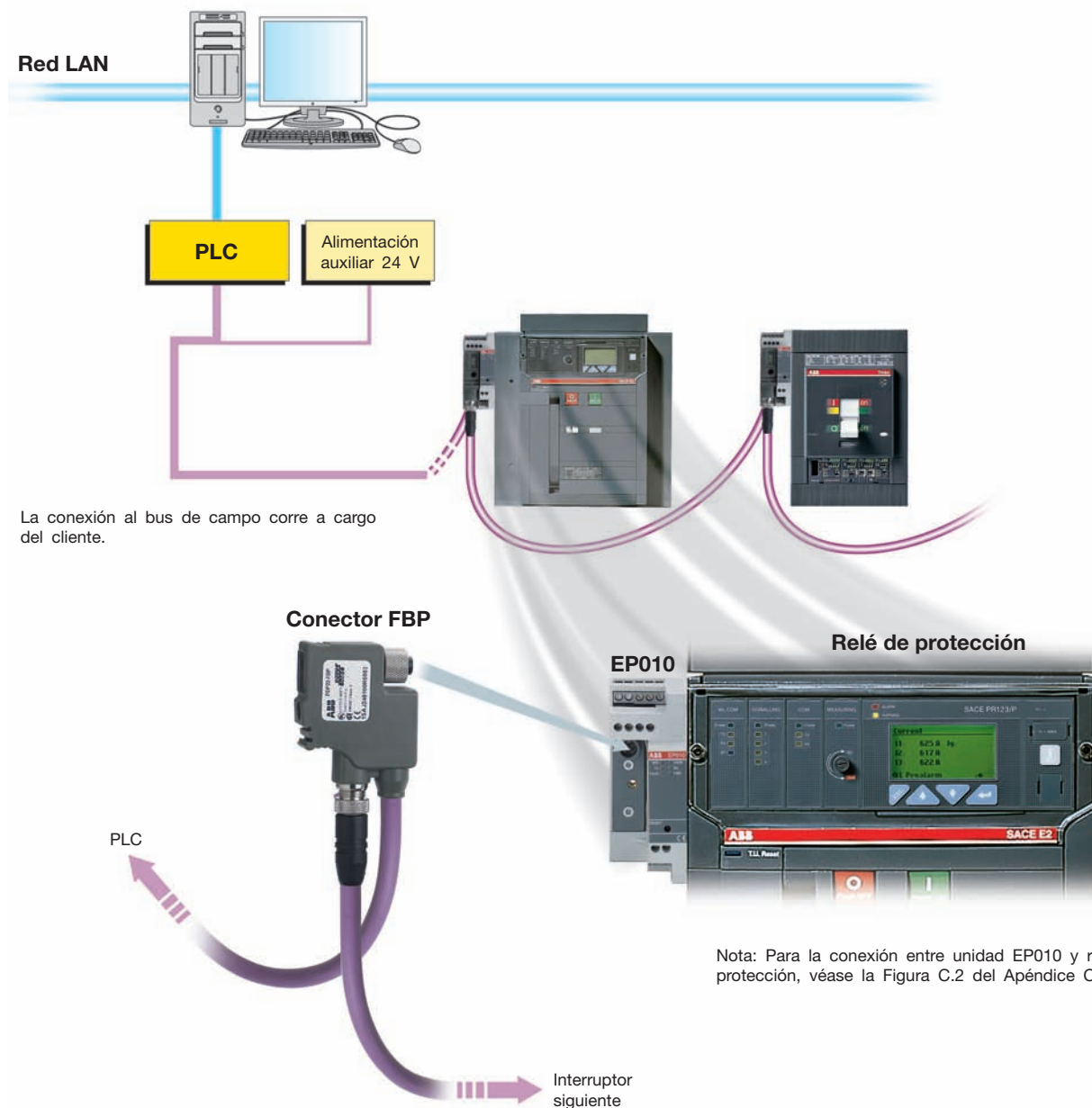
4.10 Interruptores automáticos ABB en los buses de campo Profibus DP y DeviceNet

La interfaz de bus de campo EP010 permite integrar los interruptores automáticos ABB en sistemas de comunicación con protocolo Profibus DP o DeviceNet. La unidad EP010 establece, junto con el conector inteligente FBP FieldBusPlug ABB, la conexión entre un bus de campo y el relé de protección electrónico conectado a su puerto Modbus. En concreto, la unidad EP010 funciona como gateway para la comunicación entre el conector FBP y el relé de protección electrónico.

En consecuencia, con cada unidad EP010 se debe usar el conector FBP FieldBusPlug adecuado. En concreto, para cada interruptor que se integre en el bus de campo, es necesario:

- La unidad EP010 + un conector PDP22-FBP (para el bus de campo Profibus DP).
- O bien
- La unidad EP010 + un conector DNP21-FBP (para el bus de campo DeviceNet).

La conexión de los interruptores al bus de campo debe realizarse tal y como se muestra en la figura.



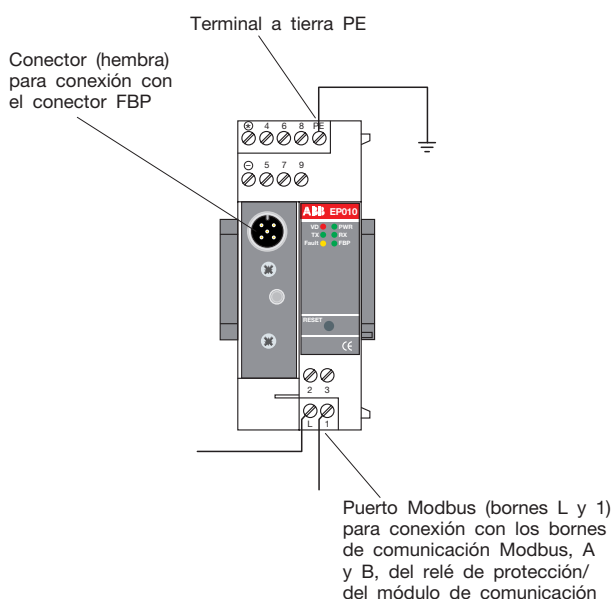
La conexión al bus de campo corre a cargo del cliente.

Nota: Para la conexión entre unidad EP010 y relé de protección, véase la Figura C.2 del Apéndice C.

Este sistema de comunicación se utiliza con otros productos ABB, como es el caso de PLC, guardamotores, controladores universales de motores, arrancadores suaves y sensores de posición.

Así pues, es posible emplear los interruptores automáticos en sistemas de automatización industrial para multitud de aplicaciones, con lo que el control de un proceso se integra con el control de la instalación eléctrica de distribución que lo alimenta.

Conexiones a la unidad EP010



- Para hacer posible la comunicación entre el relé de protección electrónico y la unidad EP010, la conexión entre los bornes Modbus A y B del relé de protección / del módulo de comunicación y los bornes Modbus L (izquierda) y 1 (derecha) de la unidad EP010 debe realizarse de acuerdo con la tabla siguiente:

Bornes Modbus EP010	Bornes de comunicación Modbus del relé de protección/ del módulo de comunicación
L (izquierda)	A (W1)
1 (derecha)	B (W2)

- El cable Modbus que conecta la unidad EP010 al relé de protección debe tener como máximo 1 m de longitud.

- El terminal PE de la unidad EP010 debe estar conectado a tierra.

- La unidad EP010 recibe una alimentación de 24 V CC a través del conector FBP, junto con la comunicación transmitida por medio del bus.

El relé de protección que está conectado a la unidad EP010 debe alimentarse con una tensión auxiliar Vaux a 24 V CC (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

NOTA: Para más información, consúltense los siguientes documentos:
 - Modbus/FBP Interface - User and Operator Manual (código de documento 1SDH000510R0001).
 - Modbus/FBP interface Annex for PR223EF User and Operator Manual (código de documento 1SDH000663R0001).

4.10.1 Interruptores abiertos Emax E1÷E6, abiertos Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7/T7M

Profibus DP y DeviceNet: supervisión y telecontrol

Los interruptores abiertos Emax equipados con relés de protección electrónicos PR122/P o PR123/P se conectan a la unidad EP010 mediante el módulo de comunicación PR120/D-M, tal y como se indica en el Apéndice C.

Los interruptores abiertos Emax X1 equipados con relés de protección electrónicos PR332/P o PR333/P y los interruptores en caja moldeada Tmax T7 o T7M equipados con relé de protección electrónico PR332/P se conectan a la unidad EP010 mediante el módulo de comunicación PR330/D-M, tal y como se indica en el Apéndice C.

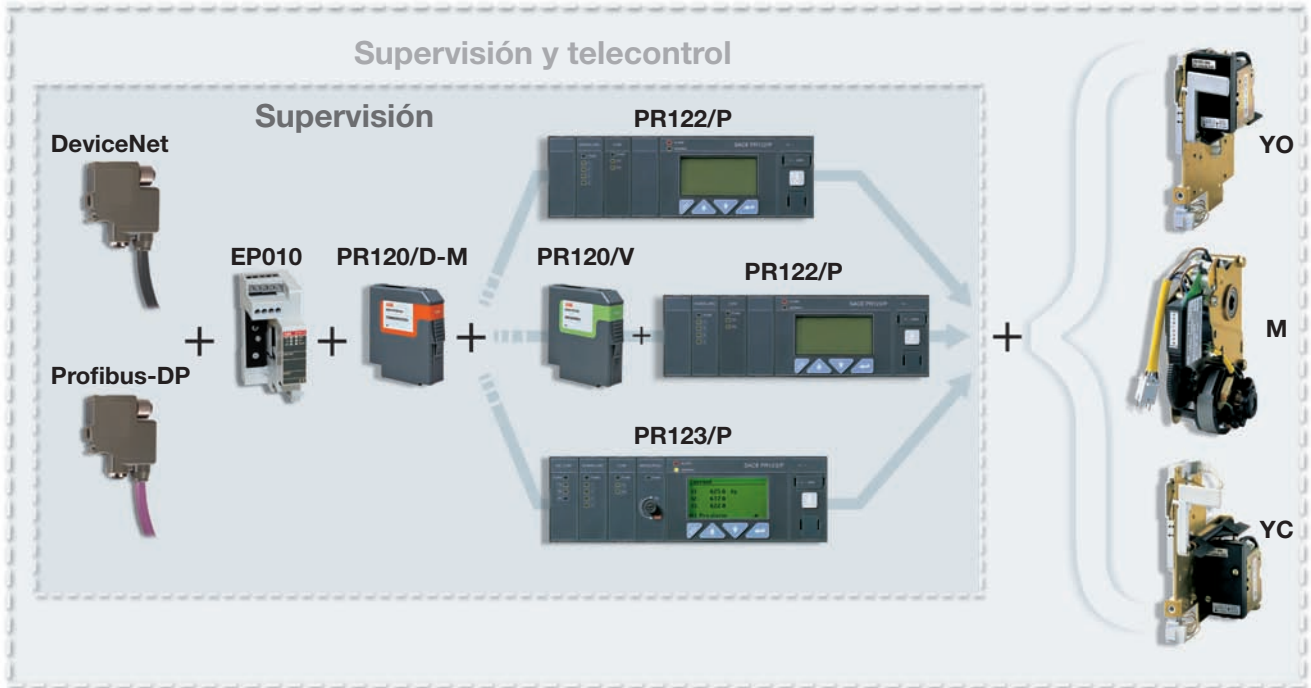
Para los interruptores abiertos Emax E1÷E6, abiertos Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7/T7M, existe una única versión de la unidad EP010 compatible con todos los relés de protección PR122/P, PR123/P, PR332/P y PR333/P.

Para más información sobre las medidas, datos y alarmas disponibles para los relés de protección PR122/P, PR123/P, PR332/P y PR333/P en las siguientes configuraciones, véase la Tabla A.4 del Apéndice A.

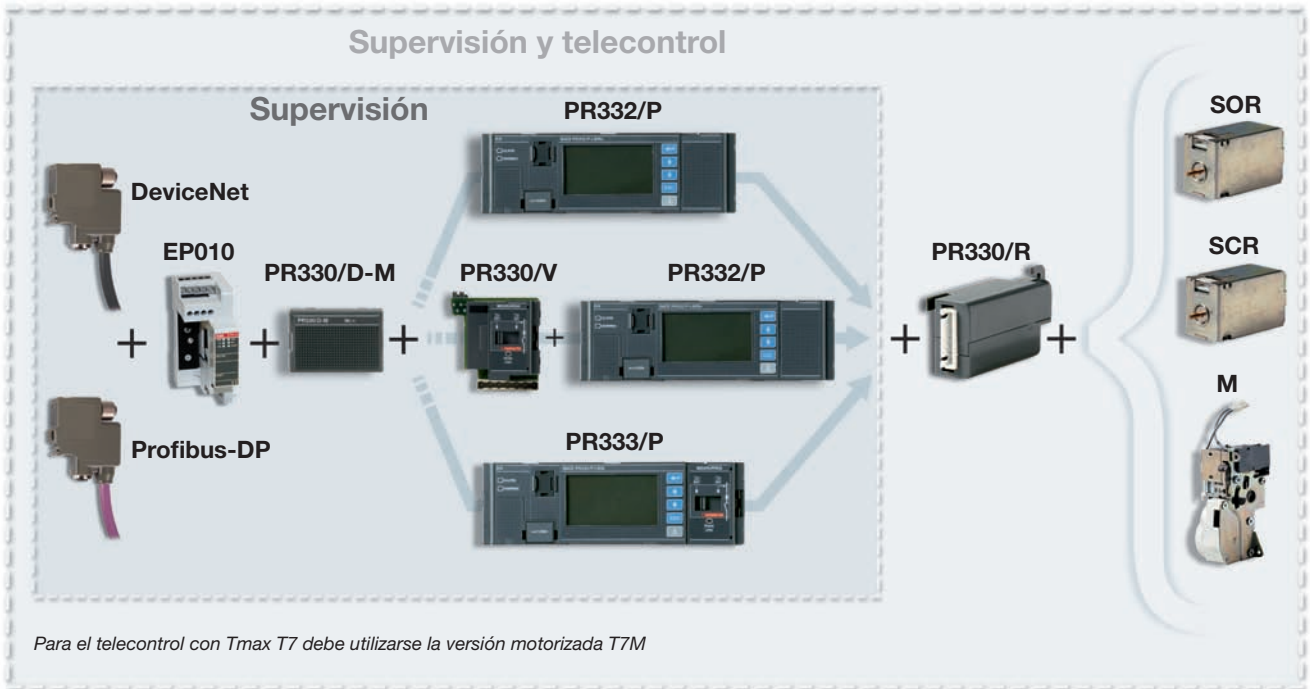
Para las operaciones de telecontrol ejecutables en el interruptor, véase el apartado Comandos de la Tabla A.4 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

Emax E1÷E6 (relés de protección electrónicos PR122/P-PR123/P)



Emax X1 (relés de protección electrónicos PR332/P-PR333/P) y Tmax T7/T7M (relés de protección electrónicos PR332/P)



4.10.2 Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

Profibus DP y DeviceNet: supervisión y telecontrol.

Los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6 con relés de protección electrónicos PR222DS/PD y PR223EF se conectan a la unidad EP010 mediante el conector posterior X3, tal y como se indica en el Apéndice C. Para los interruptores en caja moldeada Tmax T existen versiones diferentes de la unidad EP010, cada una de ellas compatible con el relé correspondiente.

En concreto:

- Con el relé de protección PR222DS/PD, se usa la unidad EP010 identificada con el código de producto 1SDA059469R1.
- Con el relé de protección PR223EF, se usa la unidad EP010 identificada con el código de producto 1SDA064515R1 (véase el Catálogo técnico Tmax

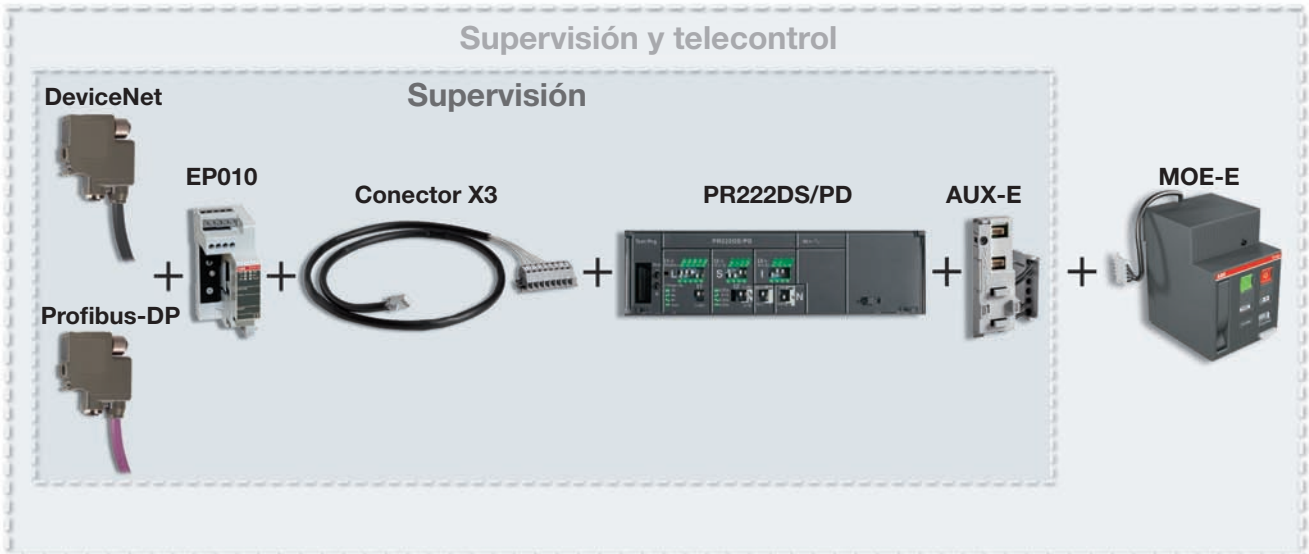
Generación T Interruptores en caja moldeada de baja tensión hasta 1600 A).

Para el telecontrol y la actuación mecánica de los comandos a distancia de apertura y cierre, los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6 deben estar equipados con el mando motor con interfaz electrónica MOE-E y los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E. Para más información sobre las medidas, los datos y las alarmas ofrecidos por los relés de protección PR222DS/PD y PR223EF en las siguientes configuraciones, véase la Tabla A.5 del Apéndice A.

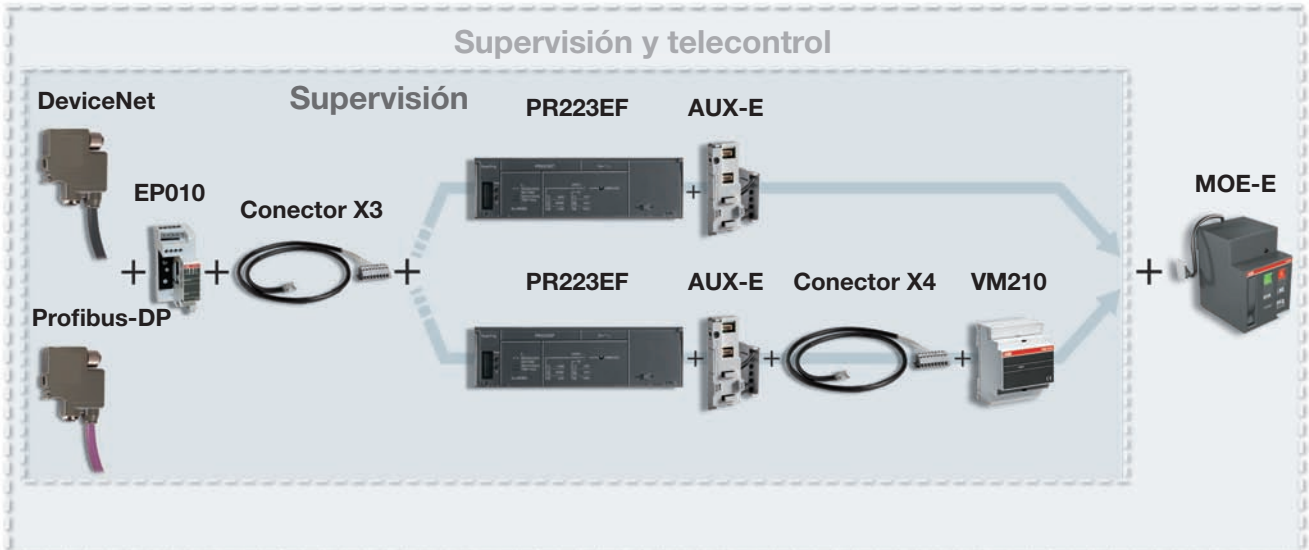
Para las operaciones de telecontrol ejecutables en el interruptor, véase el apartado Comandos de la Tabla A.5 del Apéndice A.

Todos los comandos remotos (a través del bus) pueden ser bloqueados programando el relé de protección en modo local.

- Relé de protección electrónico PR222DS/PD



- Relé de protección electrónico PR223EF



4.11 Instrumentos de medida

Los instrumentos de medida para instalaciones en el interior de los cuadros industriales de distribución primaria y secundaria de media y baja tensión son un complemento ideal de los equipos de ABB que permiten configurar el cuadro como un sistema de funciones integrado.

La oferta de los instrumentos digitales ABB con comunicación incluye:

- Contadores de energía certificados MID para la monitorización del consumo de energía de las cargas y de la instalación.
- Controlador TMD para el control de la temperatura de los arrollamientos de los transformadores de potencia.
- Analizadores de red ARE o M2M.

4.11.1 Controladores de temperatura

Se emplean para controlar los niveles de temperatura o las funciones de ventilación de máquinas eléctricas, transformadores, motores, etc. El control preventivo de la temperatura ayuda a evitar fallos y a prevenir sobrecargas.

El control se lleva a cabo con sondas de tipo PT100 y RTD. En cada canal de medida se pueden configurar

dos niveles de alarma (alarma-disparo) que gestionan el mismo número de relés de salida para señalar a distancia en caso de que se alcance un nivel de temperatura crítico.

Asimismo, los controladores permiten almacenar los valores máximos, memorizar cada disparo y controlar la ventilación dentro del cuadro. Los valores de temperatura y los estados de las alarmas se pueden controlar remotamente mediante la salida serie RS485 con protocolo Modbus RTU.

En la siguiente figura se muestra el controlador TMD-T4/96 para el frontal del cuadro.



En la tabla siguiente se muestran las principales características técnicas de estos dispositivos:

Tensión de alimentación [V]	100...125, 220...240, 380...415/50-60 Hz	
Consumo máx. [VA]	4	
Entradas de medida	2 de RTD/PT100	
Rango de medida [°C]	0...+220 ± 2 °C	
Retardo disparo – histéresis	5 s/2 °C	
Visualización medidas	Pantalla LED de 7 segmentos, cifras	
Salidas	1 a 12 V CC, 3 a relé NA-CC-NC, 8 A (carga resistiva)	
Funciones de las salidas	alarmas, disparo, ventilación, diagnóstico automático	
Funciones programables	ALARM, TRIP, HOLD, FAN, T. MAX	
Parámetros de comunicación:	Protocolo	Modbus RTU
	Interfaz física	RS-485
	Velocidad de transmisión	2400 bps, 4800 bps, 9600 bps, 19200 bps
	Paridad	Odd, Even, None
	Dirección	1...247
Normas	IEC EN 50081-2, IEC EN 50082-2, IEC 14.1, IEC EN 60255	

NOTA: Para más información, véase el catálogo técnico System pro M compact





4.11.2 Contadores electrónicos de energía

En la siguiente tabla figura resumida la amplia gama de contadores electrónicos ABB de tipo modular para medir la energía. Para consultar las características técnicas específicas de cada conjunto, véase el catálogo System pro M compact.

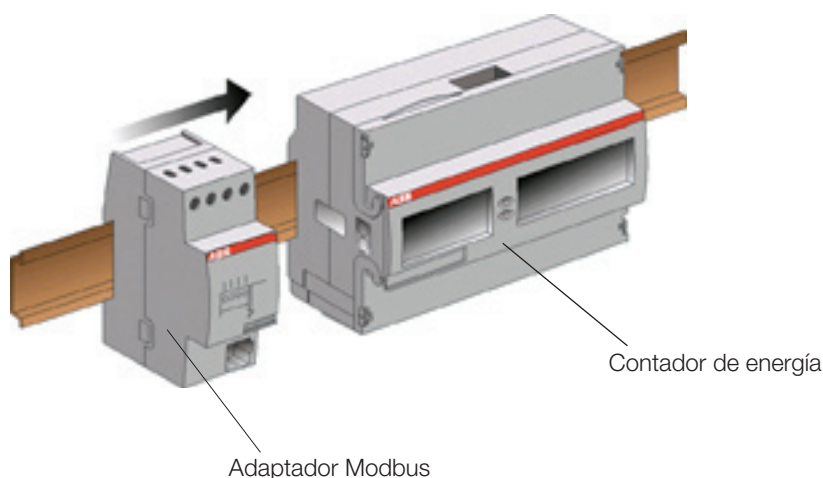
Los contadores de energía pueden ser de gran utilidad tanto en el sector civil/terciario como en el sector industrial. Los contadores ABB, certificados de conformidad con la directiva europea MID, se pueden instalar en entornos en los que sea necesario medir la energía con fines fiscales. En los centros comerciales podemos encontrar un clásico ejemplo del primer caso. Allí es posible medir el consumo de energía local, crear un registro de consumos, gestionar remotamente las instalaciones y lograr la integración en un sistema de supervisión con protocolo Modbus RTU.

Los consumos energéticos detectados por los contadores se integran en un sistema de supervisión por medio del adaptador Modbus RTU CSO05000 pertinente.

Características del adaptador Modbus:
 Interfaz de comunicación RS-485
 Protocolos disponibles Modbus RTU/ASCII
 Velocidad de transmisión 600 – 115200 bps
 Configuración del adaptador por medio de RS-232

Contadores de energía monofásicos		Contadores de energía trifásicos	
ODINSingle	DELTAsingle	ODIN	DELTAplus
			
Medición directa hasta 65 A	Medición directa hasta 80 A	Medición directa hasta 65 A e indirecta a través de TA (5/5-900/5 A/A)	Medición directa hasta 80 A e indirecta a través de TA (1-999 A)

En la figura siguiente se representa el acoplamiento entre el contador de energía y el adaptador Modbus.



NOTA: Para más información, véase el catálogo técnico System pro M compact

4.12 Convertidor serie RS485/RS232

El convertidor serie multifunción CUS es la opción para todos aquellos casos en los que sea necesario convertir o gestionar líneas serie EIA-232 (RS-232), EIA-485 (RS-485) y EIA-422 (RS-422).

La conexión entre dispositivos que utilizan este tipo de bus de comunicación (p. ej. PLC, instrumentos de medida y control, conexión entre equipos y ordenador con aplicaciones específicas de software instaladas, etc.) requiere a menudo convertir el tipo de línea serie, amplificar la señal en la línea, aislar las diferentes partes de la red de comunicación, etc.

El convertidor tipo CUS resulta muy útil gracias a sus múltiples posibilidades de uso, con diferentes regulaciones y configuraciones que permiten utilizarlo en las más diversas aplicaciones.

CUS asegura la conversión de interfaz galvánicamente aislada entre el lado RS-232, el lado RS422-485 y la fuente de alimentación.

Aplicaciones principales:

- Redes multipunto de transmisión de datos.
- Conexiones serie a larga distancia.
- Separación galvánica de periféricos.
- Extensión de las líneas RS-485.



En la tabla siguiente se muestran las principales características técnicas de los convertidores CUS:

Tensión de alimentación [V]	230 V CA \pm 20%	
Frecuencia [Hz]	50-60	
Potencia absorbida [VA]	7 máx.	
Potencia disipada [W]	3,5	
Parámetros de comunicación principales:	Velocidad de transmisión	máx. 57 600 bps
	Tiempo de respuesta seleccionable	1 ms, 2 ms, 4 ms, 16 ms
Conexión RS232	Sub-D 9 polos, hembra (DB9)	
Longitud máx. línea RS232 [m]	15	
Longitud máx. línea RS485-422 [m]	1200	
Unidad enchufable en modo multipunto	máx. 32	

NOTA: Para más información, véase el catálogo técnico System pro M compact

5 Interruptores ABB en las redes Ethernet TCP/IP

5.1 Ethernet

En la actualidad, Ethernet es la tecnología más utilizada en las redes locales, por ejemplo, en las redes que se emplean en los ordenadores de las oficinas. No obstante, las aplicaciones de Ethernet se van ampliando a otros ámbitos, como la telefonía y el control industrial.

El término Ethernet se utilizó por primera vez en 1970 para denominar un protocolo de comunicación vía radio entre varios ordenadores. Todos los dispositivos conectados compartían el mismo canal de transmisión y recepción. Por tanto, se creó un mecanismo muy sencillo que permitía que cada dispositivo transmitiese cuando fuese necesario, sin necesidad de contar con la presencia de un "árbitro" (maestro o controlador central). Dicho mecanismo se empleó posteriormente para realizar redes Ethernet como las actuales, que conectan ordenadores por cable. En ambos casos, el objetivo es permitir que cualquier nodo de la red pueda transmitir cuando sea necesario y con un tiempo de espera aceptable, evitando que dos o más dispositivos transmitan al mismo tiempo (el canal es único y, si dos transmisores funcionan al mismo tiempo, la interferencia entre los datos transmitidos los inutiliza).

A continuación se describe de forma simple el funcionamiento del mecanismo Ethernet:

- Cuando un ordenador debe transmitir un paquete de datos, en primer lugar detecta si existe otro ordenador transmitiendo: en caso afirmativo, espera a que termine.
- Cuando el canal está libre, el ordenador comienza a transmitir.
- Si dos ordenadores comienzan la transmisión al mismo tiempo, ambos se dan cuenta de ello porque detectan una interferencia. En ese momento, los dos interrumpen la transmisión y dejan que transcurra un tiempo variable escogido al azar entre un mínimo y un máximo, reintentando a continuación la transmisión.
- Tras la transmisión de un paquete, el ordenador que lo haya transferido debe respetar un tiempo de espera mínimo antes de realizar una nueva transmisión. Esta precaución evita que aquel que deba transmitir muchos datos de forma consecutiva ocupe completamente la red durante largos periodos de tiempo. La propia división de los datos en paquetes permite asegurar el acceso a la red de forma secuencial de todos los dispositivos conectados.

El mecanismo descrito anteriormente posee numerosas ventajas:

- Ethernet es un sistema de comunicación "peer-to-peer", es decir, todos los dispositivos son similares en

lo relativo a mecanismos de comunicación y acceso al medio de transmisión. En concreto, no es necesario contar con un controlador central que asigne las prioridades y permisos de transmisión a los diferentes dispositivos. Además de ser un elemento crítico en caso de fallo, el controlador se configura con los datos de los dispositivos presentes en la red: cuántos, cuáles y con qué prioridad pueden transmitir, etc., una operación generalmente complicada y fuera del alcance del usuario.

- Todos los dispositivos pueden acceder a la red cuando sea necesario (cuando necesiten transmitir datos) y la dejan libre cuando no la están usando.
- No es preciso asignar a cada dispositivo un orden de prioridad ni otros parámetros relativos a la comunicación.
- Es posible añadir y eliminar dispositivos en cualquier momento sin interrumpir la actividad de la red y sin efectuar operaciones de configuración (téngase en cuenta que la adición o eliminación de nodos, muy común en entornos de oficinas, es menos frecuente en entornos industriales).
- Es posible realizar comunicaciones "cruzadas", es decir, el dispositivo A puede enviar datos a B y el dispositivo C puede enviar datos a D sin que ninguna de las dos parejas deba tener en cuenta a la otra.
- Dado que todos los dispositivos están conectados al mismo bus, se pueden llevar a cabo transmisiones de uno a uno ("broadcast") o de uno a muchos dispositivos ("multicast").
- A medida que aumenta el tráfico en la red, las prestaciones (tiempos medios de transmisión) disminuyen gradualmente.

A lo largo de los años, estas ventajas han marcado el desarrollo de una tecnología consolidada: los cables, las interfaces de hardware, los conectores y las especificaciones mecánicas están totalmente estandarizadas, lo que permite reducir los costes finales del sistema de comunicación.

El uso de Ethernet en los sistemas de control industrial se basa en componentes estandarizados (por ejemplo: par trenzado apantallado (STP), conectores tipo RJ45 usados en las aplicaciones Ethernet industrial, a pesar de que son más adecuados para aplicaciones de oficinas, o conectores tipo M12), pero más resistentes a los esfuerzos mecánicos y térmicos, a las vibraciones, a la humedad, a las interferencias electromagnéticas, al polvo y a los agentes químicos presentes en entornos industriales. Por este motivo, se habla genéricamente de componentes para Ethernet industrial.

No obstante, el mecanismo descrito presenta algunas limitaciones.

La principal es la incertidumbre con relación a los tiempos de transmisión; dado que siempre existe la posibilidad de colisión, no se puede conocer con certeza el tiempo necesario para transmitir un dato. Cuantas más colisiones se produzcan, más paquetes sufrirán demoras. Además, como el tiempo de espera tras una colisión es aleatorio, es posible que se produzcan varias colisiones sucesivas (si ambos dispositivos escogen al azar los mismos tiempos de retardo).

En teoría es posible, aunque poco probable, que un paquete tenga que esperar durante demasiado tiempo antes de ser transmitido.

Se dice que Ethernet es un sistema de transmisión con retardos indeterminados porque no es posible asignar un tiempo máximo de transmisión seguro a un paquete. La única posibilidad es asignar probabilidades de transmisión del paquete en un periodo de tiempo determinado.

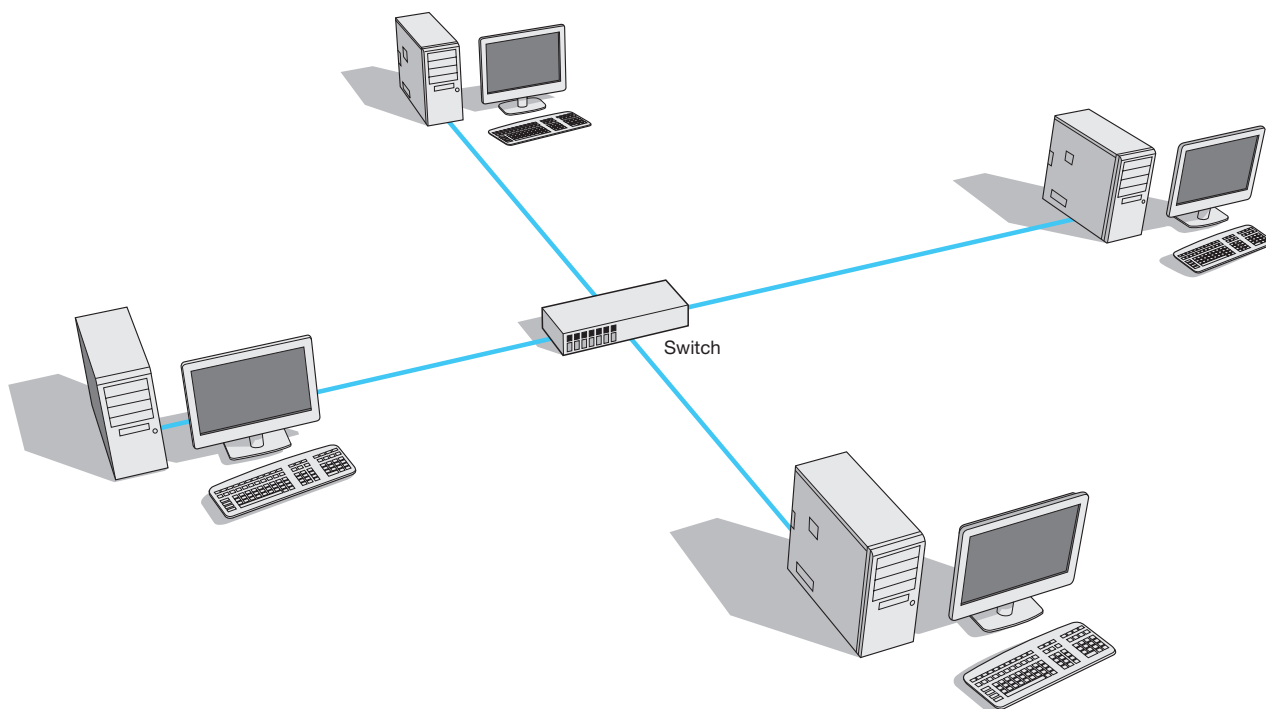
Esta indeterminación inutiliza a Ethernet para algunas aplicaciones en las que el control de los tiempos debe ser extremadamente riguroso (por ejemplo, el control de posición en tiempo real en los accionamientos eléctricos). En todos los demás casos se puede emplear

Ethernet sin problemas, siempre y cuando el sistema de control o supervisión utilizado considere la incertidumbre en los tiempos de transmisión.

Aunque Ethernet fue programado inicialmente como bus, con todos los dispositivos conectados en paralelo al mismo cable, los sistemas Ethernet actuales suelen llevar cableado con topología en estrella. En el centro de este tipo de redes hay un conmutador ("switch") que puede ser pasivo, es decir, un dispositivo que simplemente interconecta los cables, o activo, es decir, equipado con una placa electrónica.

Los conmutadores activos pueden almacenar las direcciones de los dispositivos conectados a sus puertos y los paquetes de datos para enviarlos desde el emisor a un destinatario concreto sin la participación de otros dispositivos conectados, mejorando así las prestaciones de la red. Los conmutadores se emplean para el enrutamiento interno de redes locales LAN (redes que interconectan ordenadores y terminales físicamente próximos entre sí, por ejemplo, en el mismo edificio).

Figura 33: red en estrella con switch Ethernet



5.1.1 Protocolo IP

El protocolo IP (Internet Protocol) permite que un dispositivo de una red local se comunice con otro dispositivo de una red local diferente, siempre y cuando la red de partida y la de llegada estén interconectadas de algún modo. La interconexión puede tener lugar por medio de un número indefinido de redes intermedias. El protocolo se basa en la presencia de dispositivos de enrutamiento (router)⁹, que permiten la transferencia del paquete desde una red hasta su destino.

La potencia y la utilidad del protocolo IP residen en el hecho de que no es necesario que el emisor conozca el recorrido que deberá seguir el paquete de datos para llegar a su destino. El IP es como un sistema de correo postal que se ocupa de que un paquete de datos en el que figura la dirección del destinatario viaje hasta su destino.

De hecho, si un emisor envía diversos paquetes al mismo destinatario, éstos podrían llegar a su destino a través de rutas diferentes. El router puede optar por diferentes enrutamientos en cada caso, dependiendo de la situación de la red, del tráfico, etc.

El protocolo IP describe de forma detallada:

- Aquello que debe hacer un dispositivo para enviar un paquete de datos a otro dispositivo o para mandar una respuesta a un paquete recibido.
- El comportamiento de los dispositivos que transmiten los paquetes de una red a otra para que lleguen a su destino.

En el tema que nos ocupa, la información sobre el protocolo no resulta relevante y no se tratará en profundidad en el presente documento. Es suficiente saber que la dirección del destinatario y la del emisor, al igual que la dirección de cada uno de los dispositivos conectados a la red, está formada por una secuencia de 4 números (bytes) –por ejemplo, 10.39.1.156– que conforman la dirección IP (en futuras versiones del protocolo, la dirección IP se ampliará a 6 números).

En un conjunto de redes interconectadas, ya sea Internet o una red de empresa Intranet que posea la misma arquitectura basada en IP, no puede haber dos dispositivos con la misma dirección IP en el mismo momento. Esto garantiza que cada dirección corresponda siempre a un único dispositivo.

⁹ Se denomina genéricamente router a un dispositivo que determina el recorrido óptimo (el recorrido de comunicación) de una información a través de una red (enrutamiento o routing) o la ruta idónea para enrutar los paquetes de datos de una red a otra. Realmente los routers que aplican el protocolo IP no disponen de información sobre todo el recorrido de los paquetes, sino tan sólo de información local acerca de por qué recorrido enviar un paquete destinado a una dirección determinada.

Para que un dispositivo esté preparado para intercambiar datos en una red, es necesario que se le haya asignado una dirección IP unívoca. El usuario/operador/instalador que le asigna la dirección deseada se puede encargar de ello, asegurándose de que no se produzcan superposiciones (es lo que se denomina dirección IP estática) o también es posible que en la red exista un servidor que asigne automáticamente una dirección IP que no esté ocupada a cualquier dispositivo que se conecte a la red: en este caso se habla de IP dinámica. El mecanismo de dicha asignación automática se describe en el protocolo DHCP (protocolo de configuración dinámica de host), que no desarrollaremos en este documento.

La diferencia esencial entre los dos tipos de dirección reside en que si el IP es estático, normalmente se guarda en una memoria permanente y, en consecuencia, no cambia si se apaga el dispositivo y se vuelve a encender o si se desconecta de la red y se vuelve a conectar a ella. Por el contrario, en la asignación dinámica, un nuevo dispositivo o un dispositivo que se haya desconectado y vuelto a conectar puede recibir cualquier dirección IP que esté libre.

Por tanto, la dirección IP de un dispositivo puede cambiar al apagarlo o desconectarlo de la red.

Por regla general, los sistemas de control industriales exigen que todos los dispositivos cuenten con una dirección preestablecida, por lo que la asignación estática de la dirección IP es el tipo más extendido.

5.1.2 Protocolo TCP

El protocolo TCP (Transmission Control Protocol) tiene la función de controlar la transmisión de datos. Cada comunicación entre dos dispositivos (p. ej., conjuntos de datos, archivos o páginas web) se subdivide en partes de longitud similar, denominadas paquetes. Cada paquete se envía de forma separada a través de la red al dispositivo de destino y, gracias al protocolo TCP, el dispositivo destinatario es capaz de recomponer (en el orden correcto) cada paquete recibido y reconstruir la comunicación enviada.

Dicho de otro modo, mediante el protocolo IP un dispositivo puede enviar un paquete de datos a cualquier otro dispositivo, mientras que el protocolo TCP hace uso del protocolo IP para permitir la transferencia de conjuntos estructurados de datos desde un equipo a otro de modo fiable y correcto.

Por ejemplo, si se quiere transferir un archivo o una página web desde un ordenador a otro, son necesarias varias operaciones, que a continuación se describen de forma simplificada:

- Se debe establecer una conexión lógica enviando una serie de paquetes que indiquen que se pretende enviar un archivo (quizá se debería señalar también el tipo y la dimensión) y recibiendo una respuesta que indique que el otro ordenador está listo para aceptar la transmisión.
- Por medio del protocolo TCP, el ordenador transmisor debe fraccionar el archivo en paquetes de datos, numerarlos y, por medio del protocolo IP, enviarlos uno tras otro. Dado que la transmisión se lleva a cabo a través del protocolo IP, los paquetes podrían llegar con retardos diferentes o incluso en un orden que no coincida con el original.
- Por medio del protocolo TCP, el ordenador receptor debe reordenar los paquetes según la numeración y comprobar que los ha recibido todos. Si se ha perdido algún paquete, deberá pedir al emisor que se lo reenvíe.
- Tras haber comprobado la recepción total y correcta de los paquetes, los dos ordenadores se intercambian paquetes para indicar que la operación se ha completado y señalar el cierre de la conexión lógica.

Como se puede comprobar, mientras el protocolo IP se ocupa del enrutamiento y la entrega de un único paquete de datos, el protocolo TCP se dedica a usar los paquetes de datos para transmitir la cantidad de datos solicitada y reconstruir los datos recibidos. Los dos protocolos se suelen utilizar de forma conjunta, hasta el punto de que se habla de TCP/IP como protocolo único.

La posibilidad de utilizar protocolos basados en TCP/IP es uno de los factores que ha contribuido a la difusión de la tecnología Ethernet en entornos industriales, por ejemplo, para la automatización de los sistemas de producción y para el control de los sistemas eléctricos de producción, distribución y gestión de la energía eléctrica.

5.2 Protocolos industriales Ethernet

Si se quiere utilizar Ethernet como medio de comunicación para el control industrial, es necesario especificar de forma detallada los protocolos utilizados. De hecho, Ethernet se puede emplear en multitud de aplicaciones variadas, cada una de las cuales cuenta con un conjunto de protocolos determinado.

Indicar que sí usa TCP/IP –algo que actualmente sucede en la mayoría de los casos– no es suficiente. Como se ha mencionado previamente, TCP/IP define un conjunto de protocolos que se encargan de transportar los datos de un dispositivo a otro pasando por una o más redes interconectadas.

Así pues, TCP/IP no proporciona información sobre los datos que se transportan ni sobre las aplicaciones que lo utilizan. Pensemos por ejemplo que TCP/IP también se usa para transferir archivos (protocolo ftp), páginas web (protocolo http), correo electrónico (protocolo SMTP) o vídeos en tiempo real ("streaming"); cada una de estas aplicaciones tiene un protocolo diferente.

En un sistema de control y supervisión industrial, después de haber seleccionado Ethernet como medio de comunicación y TCP/IP como protocolos de transporte, todavía falta por definir:

- El formato de los datos: por ejemplo, ¿cuántos bytes se transmiten cada vez? ¿cómo se representan los números?
- El significado de los datos: por ejemplo, ¿cómo se diferencia entre una medida, una indicación de alarma o una señal de control?
- El comportamiento de los dispositivos que transmiten y reciben los datos: por ejemplo, ¿cada cuánto tiempo se transmite una medida? ¿qué pasa si un dato medido se pierde o llega tarde?

Como puede verse, son muchos los datos que hay que describir, así como numerosos son los problemas que pueden darse. Diseñar un protocolo de este tipo requiere un esfuerzo que está fuera del alcance de la mayor parte de los fabricantes de dispositivos y sistemas.

Además, si cada fabricante de dispositivos y sistemas optase por una solución diferente, se crearía una situación de incompatibilidad total que frustraría la ventaja principal de Ethernet y TCP/IP, es decir, el hecho de que son tecnologías estándar que se pueden usar para conectar dispositivos de distintos productos.

Por los motivos expuestos, en los últimos años la industria ha definido varios protocolos "estándar" para usar Ethernet en el ámbito industrial. En la actualidad, por lo menos una decena de ellos gozan de una amplia difusión y otros tantos se usan para aplicaciones particulares.

Cada diseñador de sistemas de control y automatización selecciona, entre aquellos que están disponibles, el protocolo que mejor responde a sus exigencias de aplicación.

5.3 Protocolo Modbus/TCP

Desarrollado en el año 1999, Modbus/TCP ha sido uno de los primeros protocolos industriales en emplear Ethernet y TCP/IP. Como su nombre indica, se trata de una adaptación del protocolo Modbus tradicional (en puerto serie) a las redes que usan TCP/IP. Sus ventajas principales son:

- La simplicidad, que hace que resulte fácil de implementar tanto en dispositivos nuevos como en adaptaciones a dispositivos existentes.
- La semejanza con el protocolo Modbus tradicional, conocido por muchos programadores y desarrolladores de sistemas de control y supervisión.
- La existencia de dispositivos para interconectar, a través de redes Ethernet, dispositivos que usan el Modbus tradicional en puerto serie. Como veremos a continuación, este tipo de dispositivos trabajan convirtiendo cada telegrama.

El concepto es muy simple: la estructura maestro-esclavo (véase el apartado 4.7.1) se sustituye por una estructura cliente-servidor. El sensor o actuador funciona como servidor, como dispositivo que pone datos para lectura o espacios de memoria para escritura a disposición de otros dispositivos (clientes) que se lo solicitan. El sistema es el mismo que en el protocolo Modbus tradicional, en el que los datos son registros que se pueden leer o en los que es posible escribir. El cliente es el dispositivo que quiere leer o escribir los datos y, para ello, envía un telegrama de petición ("request"), al que el servidor responde con un telegrama de respuesta ("response").

La estructura del telegrama es la misma que la del Modbus tradicional, tanto en la longitud como en la codificación:

- La petición de lectura está formada por un comando (indicado en el código de función) que señala el tipo de acción que se debe llevar a cabo (p. ej., lectura de datos) seguido de la dirección del registro o registros de lectura (dicha información se encuentra en el campo Datos del telegrama).

- La petición de escritura comprende: comando (indicado en el código de función), dirección y datos de escritura (contenidos en el campo Datos).
- Los telegramas de respuesta que indican que el comando se ha ejecutado con éxito repiten el comando (eventualmente seguido de los datos solicitados). Si, por el contrario, no es posible ejecutar el comando, contienen un código de error ("exception response").

El formato de los datos es el mismo que el del Modbus tradicional y los códigos (código de función) usados para indicar las funciones de lectura y/o escritura y los errores (código de respuesta de excepción) también son idénticos, lo que permite reutilizar gran parte del código ya escrito para implementar el Modbus tradicional. Además, esto permite convertir cada telegrama sin necesidad de almacenar los datos adicionales y sin perder información.

Figura 34: telegrama Modbus tradicional (Modbus RTU).



- **Dirección de esclavo ("slave address")**: este campo contiene la dirección (Modbus) del dispositivo esclavo conectado a la línea serie Modbus tradicional.
- **Código de función ("function code")**: en este campo está el código usado para indicar las acciones que se deben realizar (p. ej., funciones de lectura de los registros y/o escritura en los registros de los esclavos).
- **Datos ("data")**: este campo puede contener información adicional útil para el desarrollo de las acciones definidas en el código de función. Por ejemplo, cuando un maestro envía una petición de lectura de datos a un esclavo, el campo Datos del telegrama contendrá la dirección del registro desde el que se comenzarán a leer los datos y cuántos registros (datos) es preciso leer. Si no se producen errores, el telegrama de respuesta del esclavo contendrá, en el campo Datos, los datos solicitados por el maestro.
- **CRC**: campo utilizado para el control y la gestión de los errores de comunicación.

NOTA: Para más información, véase el documento: "MODBUS Protocol Specification", disponible en <http://www.modbus.org/specs.php>.

A partir de un telegrama Modbus tradicional (p. ej., Modbus RTU) se llega a un telegrama Modbus/TCP siguiendo los pasos siguientes:

- 1) Eliminar los campos Dirección de esclavo y CRC del telegrama Modbus tradicional.
- 2) Añadir el encabezado MBAP Header ("Modbus Application Header") al principio del mensaje.

Como se explicará a continuación, el campo Dirección de esclavo se encuentra dentro del campo UnitID del telegrama Modbus/TCP cuando el servidor es un gateway para la conversión del protocolo Modbus/TCP al protocolo ModbusRTU.

MBAP Header incluye los siguientes campos:

- **Identificador de transacción ("transaction ID")**: 2 bytes establecidos por el cliente en la petición y replicados por el servidor en la respuesta, utilizados para identi-

ficar de forma unívoca una transacción (una petición específica enviada por el cliente al servidor).

- **Identificador del protocolo ("protocol ID")**: 2 bytes para identificar el protocolo (el protocolo Modbus se identifica con el valor 0).
- **Longitud ("length")**: este campo (de 2 bytes) identifica (cuenta) la longitud (en bytes) de los sucesivos campos presentes en el mensaje.
- **Identificador de la unidad o dirección adicional ("unit ID")**: este campo (de 1 byte) permite ampliar el mapa Modbus, lo que autoriza a un único servidor a responder como si estuviese formado por diversos dispositivos (unidades virtuales).

Cuando el servidor es un gateway que conecta una línea serie Modbus a una red Ethernet TCP- IP, este campo se emplea para identificar a cada uno de los esclavos remotos conectados (véase la Figura 36).

Para más información, véase el documento "MODBUS Messaging Implementation Guide V1.0b", disponible en <http://www.modbus.org/specs.php>.

Figura 35: telegrama Modbus /TCP

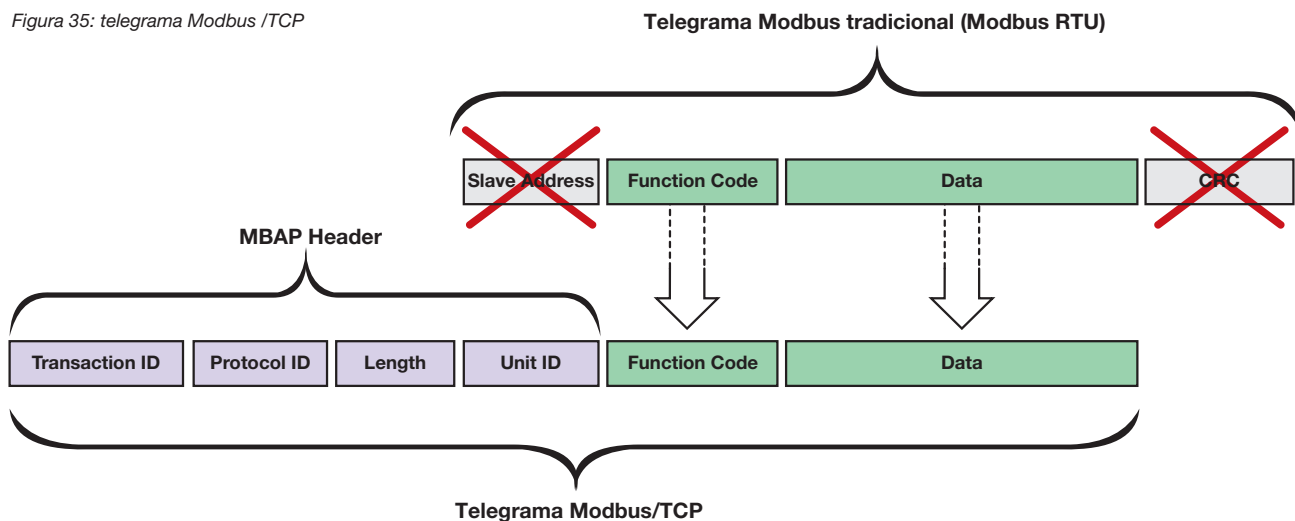
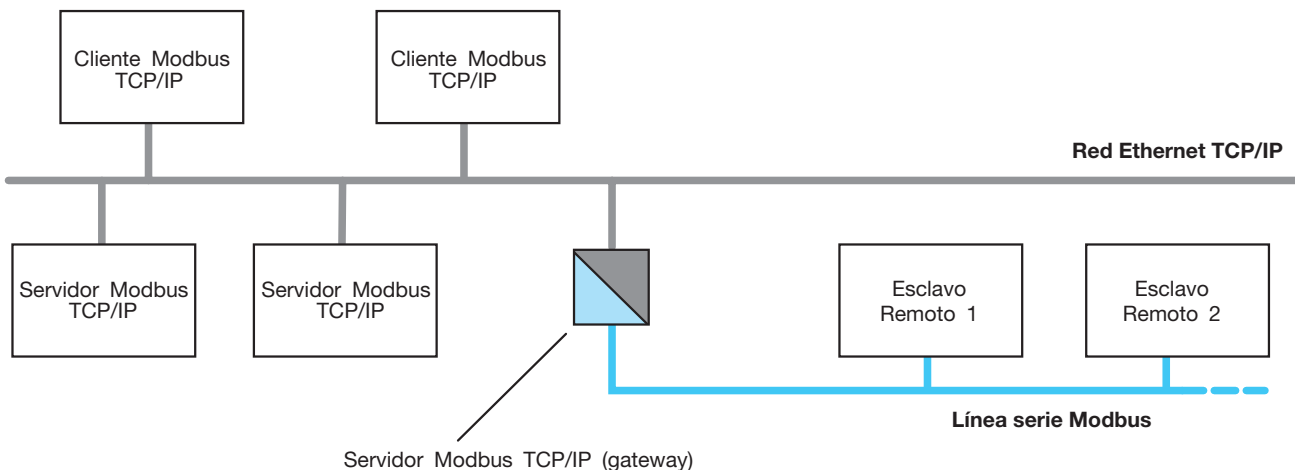


Figura 36: red Ethernet TCP/IP - línea serie Modbus



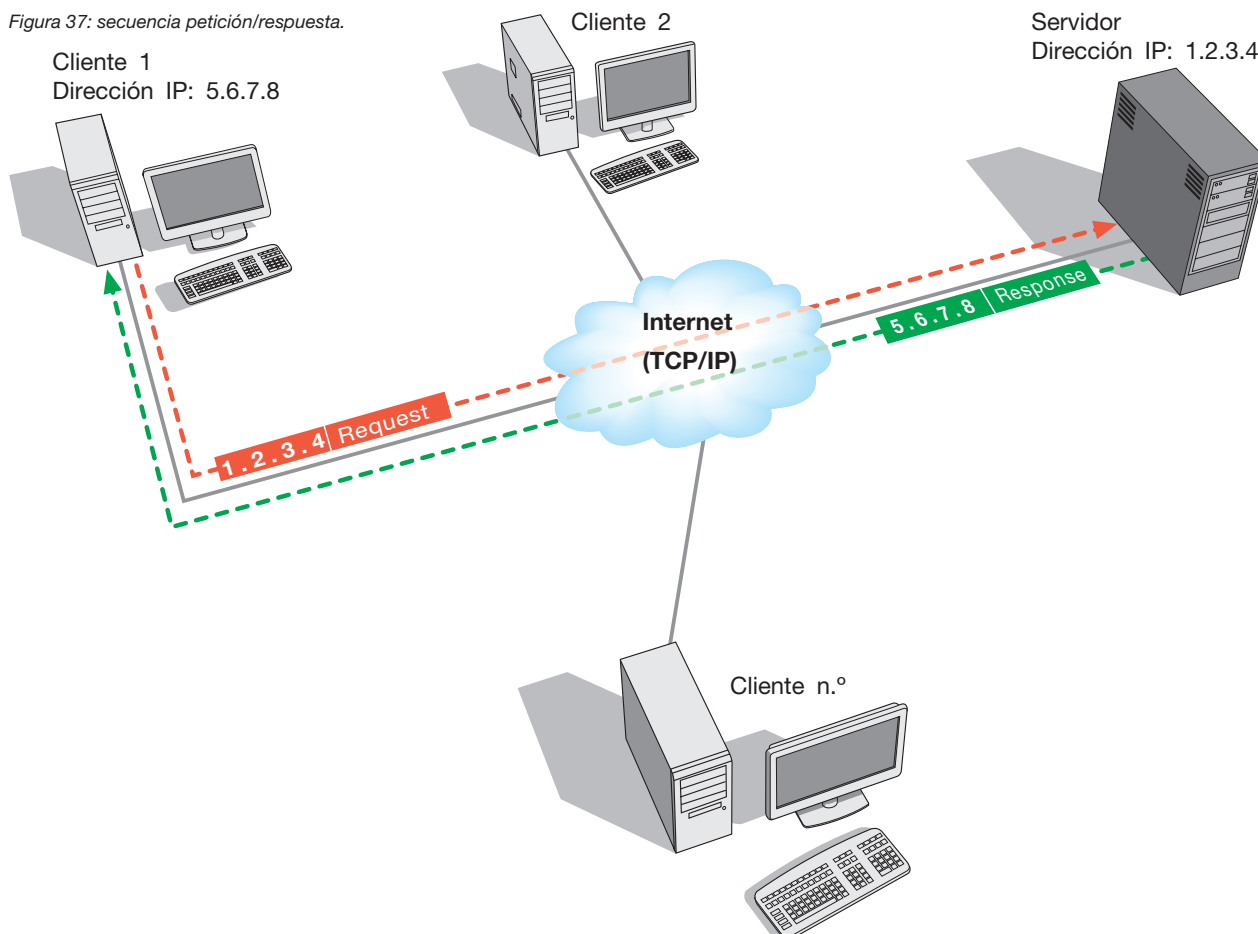
Por tanto, los telegramas Modbus/TCP contienen un campo llamado "Identificador de la unidad", que permite que un único dispositivo (por ejemplo, un gateway) tenga un mapa de registros dividido en secciones (al identificador de la unidad 1, 2, 3... le corresponde la sección 1, 2, 3... del mapa de registros). Esta posibilidad se emplea para la conversión entre Modbus tradicional y Modbus/TCP, como se explica a continuación.

Tanto el cliente como el servidor tienen una dirección IP. El servidor acepta telegramas Modbus/TCP (indicados con el número de puerto 502¹⁰) procedentes de cualquier cliente. Para cada telegrama se procesa un telegrama de respuesta, que se envía a la dirección IP del emisor (o del cliente). El protocolo TCP/IP garantiza que:

- El telegrama de petición llegue del cliente al servidor y viceversa.
- Cualquier telegrama de respuesta se envíe al dispositivo que ha enviado la petición y la ha transportado a su destino.

¹⁰ El puerto TCP 502 está reservado específicamente para aplicaciones Modbus. Los clientes y servidores que comunican con el protocolo Modbus TCP/IP envían y reciben datos a través de este puerto.

Figura 37: secuencia petición/respuesta.



La comunicación Modbus/TCP siempre tiene lugar por telegramas individuales. A cada petición le corresponde siempre un único telegrama de respuesta que completa las tareas de procesamiento del servidor.

Este mecanismo permite que un dispositivo pueda servir simultáneamente a varias aplicaciones, respondiendo a los distintos clientes. Por ejemplo, una aplicación de control puede leer los datos una vez por segundo, mientras que una aplicación de supervisión, instalada en otro ordenador, lee otros datos, siempre del mismo servidor, una vez por minuto.

Las eventuales colisiones que se produzcan en la transmisión de los telegramas se gestionan desde el mecanismo existente en Ethernet de modo transparente para las aplicaciones.

Si el servidor recibe telegramas de petición ("request") a una velocidad que supera su capacidad de respuesta, los pone en cola y responde por orden. Cada respuesta ("response") se enviará correctamente al cliente que ha formulado la petición.

5.4 Conversión Modbus serie - Modbus/TCP

Con frecuencia, al añadir nuevos dispositivos o sustituir los ya existentes, se requiere actualizar o modificar un sistema de control y supervisión industrial. En estos casos es preferible recurrir a protocolos y sistemas que permitan tales operaciones, modificando lo menos posible los dispositivos y el software existentes.

La estructura del telegrama Modbus/TCP es especialmente idónea para este propósito, porque:

- El contenido del telegrama Modbus/TCP, reducido en lo que respecta al transporte por TCP/IP, es, a todos los efectos, un telegrama Modbus tradicional.
- Todos los telegramas se tratan de forma individual, es decir, a cada telegrama de petición le corresponde un solo telegrama de respuesta.

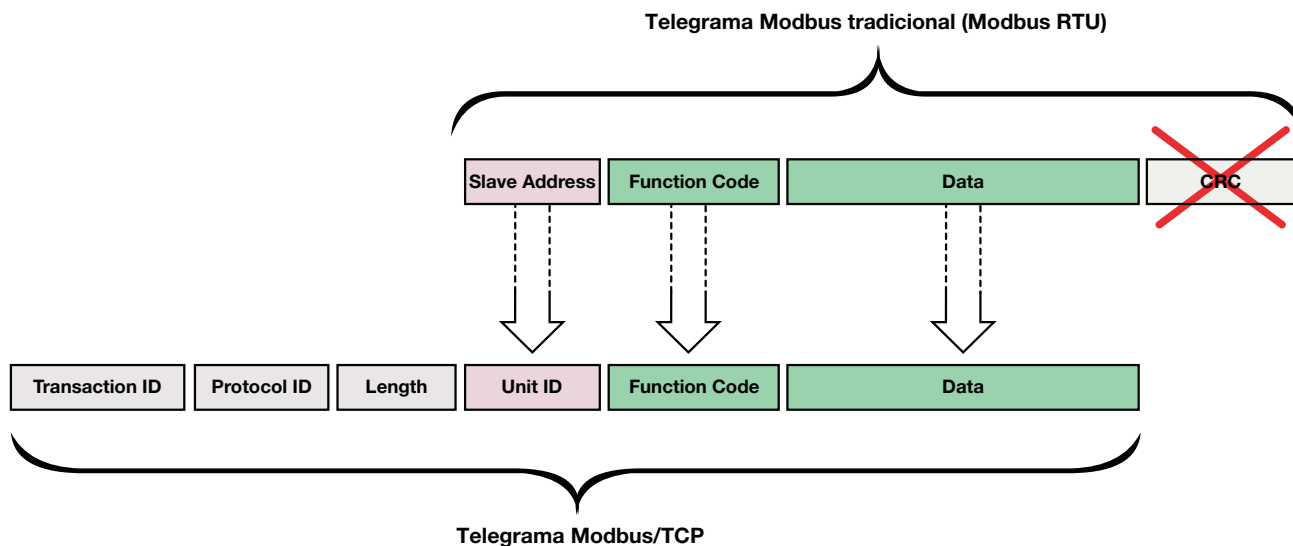
Por lo tanto, se pueden conectar mediante interfaz dispositivos tradiciones existentes con sistemas Modbus/TCP utilizando el dispositivo de conversión SD-GEM. Este convertidor permite conectar una línea

serie Modbus tradicional a un sistema Ethernet, funcionando como servidor en el lado TCP/IP y como maestro en el lado serie.

Desde el punto de vista del Modbus/TCP, el convertidor aparece como un único dispositivo con el mapa de registros dividido en secciones, cada una de ellas con una "dirección adicional" (o UnitID) diferente. Cada sección representa el dispositivo tradicional (el esclavo Modbus RTU) con la dirección de esclavo que corresponde a la dirección adicional.

Con esta representación, la conversión se lleva a cabo mediante un mecanismo bastante simple: cuando recibe un telegrama de petición, el convertidor extrae el contenido eliminando la parte TCP/IP y lo envía como telegrama por el puerto serie. Dicho telegrama es, a todos los efectos, un telegrama Modbus dirigido a uno de los dispositivos esclavos que responderá con otro telegrama Modbus. El convertidor recibe dicha respuesta, la incluye como contenido en un telegrama TCP/IP y la envía al cliente (véase la Figura 38).

Figura 38: dirección de esclavo y UnitID



De este modo, un sistema Modbus/TCP puede acceder a todos los datos presentes en el mapa de registros de cualquier dispositivo Modbus tradicional (p. ej., un interruptor automático conectado a una línea serie Modbus).

Las figuras siguientes muestran, a nivel conceptual, un ejemplo de lectura de las corrientes, en las tres fases y en el neutro, de un Tmax XT4 160 equipado con relé de protección electrónico Ekip LSI, en una red Ethernet TCP/IP. SD-GEM funciona al mismo tiempo como servidor TCP/IP y como maestro Modbus RTU.

Figura 39: lectura de las corrientes en la red Ethernet TCP/IP - petición

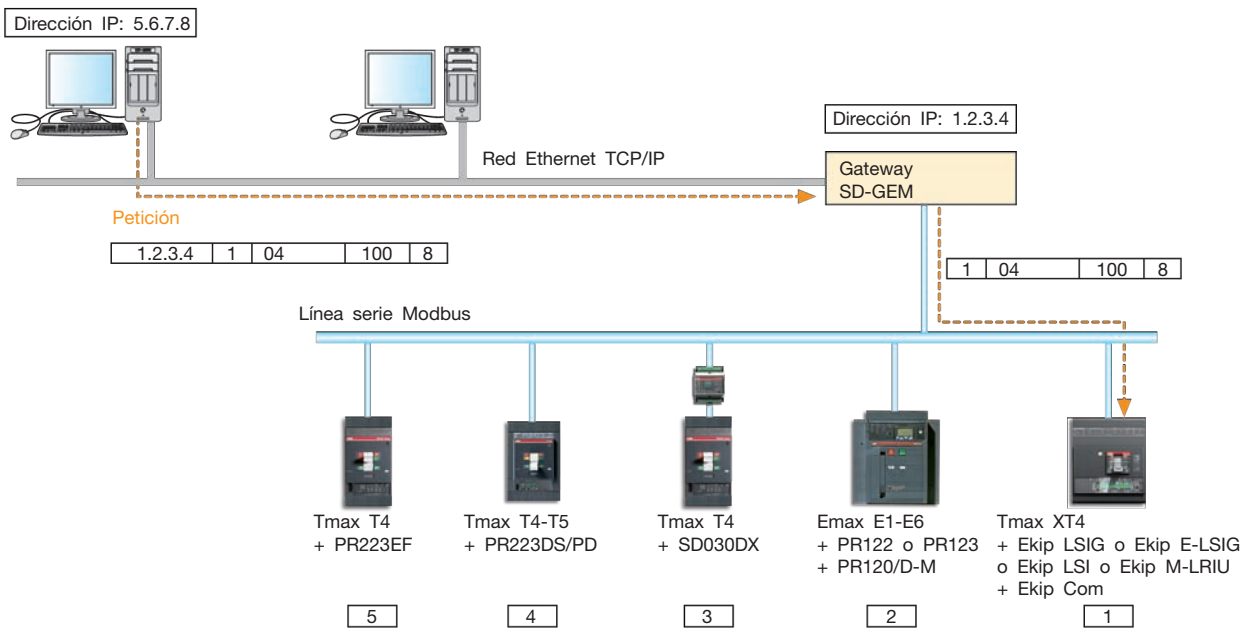
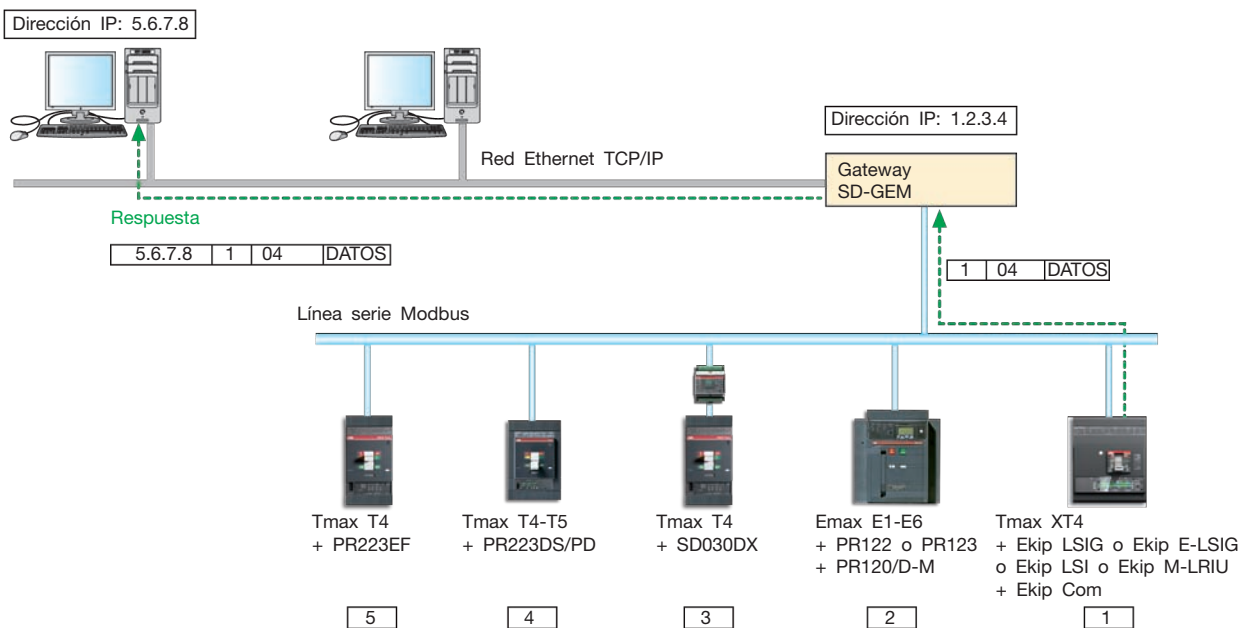


Figura 40: lectura de las corrientes en la red Ethernet TCP/IP - respuesta



- 5.6.7.8: Dirección IP del cliente que ha enviado la petición y que recibe la respuesta.
- 1.2.3.4: Dirección IP del servidor (SD-GEM) que recibe la petición.
- 1 (identificador de la unidad o dirección adicional): dirección del interruptor Tmax XT4 conectado a la línea serie Modbus.
- 04 (código de función): instrucción para la lectura de las corrientes (valores de tiempo de ejecución).
- 100: número de registro desde el que comenzar a leer las corrientes.
- 8: número de registros de lectura (desde el registro 100 al registro 107) para conocer los valores de las corrientes en las tres fases y en el neutro.
- DATOS: este campo contiene los valores de las corrientes en las fases (IL1, IL2, IL3) y en el neutro (INe) leídos por el interruptor.

5.5 Gateway SD-GEM



SD-GEM es un gateway¹¹ que se encarga de la conversión del protocolo Modbus/TCP al protocolo Modbus RTU y permite integrar los interruptores automáticos de baja tensión ABB (con interfaz de comunicación Modbus RTU) en los sistemas de supervisión en redes Ethernet TCP/IP (con protocolo Modbus TCP).

El gateway SD-GEM está equipado con:

1) Un puerto serie estándar RS-485 para la conexión a la línea serie Modbus.

A este puerto se conectan los dispositivos de campo que utilizan el protocolo Modbus RTU (p. ej., interruptores automáticos ABB con interfaz de comunicación) conectados a una red tipo bus. Estos dispositivos deben ser esclavos durante la comunicación, es decir, deben responder a consultas ("query") del maestro y nunca deben transmitir nada por iniciativa propia.

Desde el lado RS-485, SD-GEM opera como maestro Modbus RTU (véase el apartado 4.7.1 "Funcionamiento del sistema Modbus RTU"). Es posible conectar como máximo 31 dispositivos al puerto serie RS-485.

2) Un puerto Ethernet para la conexión a redes Ethernet TCP/IP con protocolo Modbus TCP.

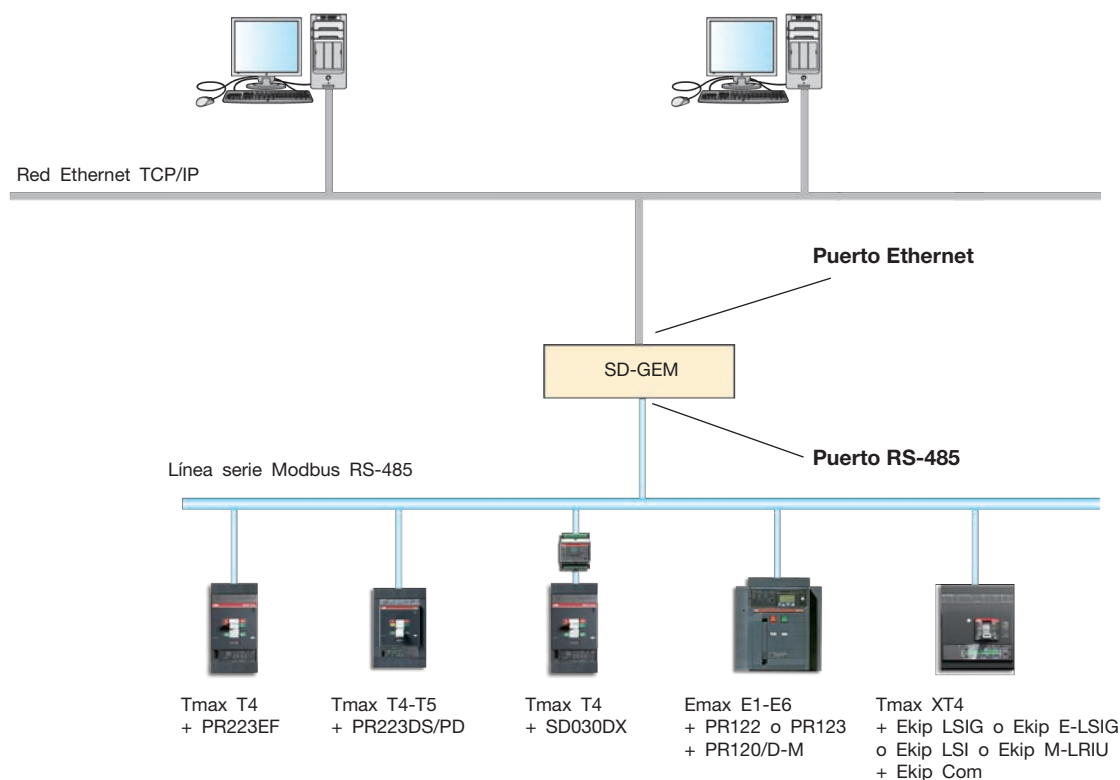
De esta forma, SD-GEM permite que un cliente que se comunica con protocolo Modbus/TCP (p. ej., un PC o un SCADA) conectado a una red Ethernet TCP/IP intercambie datos con los dispositivos conectados a una línea serie Modbus.

Desde un cliente (p. ej., un PC) conectado a una red Ethernet TCP/IP es posible comunicar con un esclavo remoto conectado a una línea serie Modbus, especificando la dirección IP asignada al SD-GEM y la dirección (identificador de la unidad o dirección adicional) del esclavo remoto al que se va a interrogar.

Tal y como se explica en el apartado 5.4, SD-GEM convierte los mensajes Modbus/TCP procedentes de un cliente en mensajes Modbus RTU y los envía a través de su puerto serie RS-485 a los dispositivos conectados a la red Modbus (en concreto, al dispositivo interrogado por el PC). El dispositivo interrogado responde al SD-GEM con un mensaje Modbus RTU. Al recibir la respuesta, SD-GEM la convierte de Modbus RTU a Modbus/TCP y la transmite vía Ethernet al cliente que ha enviado la petición.

¹¹ Los gateways son dispositivos que se usan para conectar varios aparatos en una red. Poseen un microprocesador y una memoria de procesamiento propios para gestionar conversiones de diferentes protocolos de comunicación. El gateway es una interfaz capaz de emparejar sistemas de transmisión de datos de diferente tipo (p. ej., una red Ethernet TCP/IP con una línea serie Modbus en RS485). Un gateway normalmente necesita un hardware para la conexión a ambos sistemas y un software para la conversión de los mensajes.

Figura 41: SD-GEM en una red Ethernet TCP/IP



Al gateway SD-GEM pueden conectarse los dispositivos equipados con interfaz Modbus RTU en RS-485. En concreto, en lo relativo a los interruptores automáticos ABB, se pueden conectar los siguientes dispositivos:

Dispositivo	Relé de protección
Interruptores Tmax XT2-XT4	Ekip E-LSIG + módulo de comunicación Ekip Com Ekip LSIG + módulo de comunicación Ekip Com Ekip LSI + módulo de comunicación Ekip Com Ekip M-LRIU + módulo de comunicación Ekip Com
Interruptores Tmax T4, T5 y T6	PR222DS-PD PR223DS PR223EF
Interruptores Tmax T7 - Emax X1	PR332/P + módulo de comunicación PR330/D-M PR333/P + módulo de comunicación PR330/D-M
Interruptores Emax E1÷E6	PR122/P + módulo de comunicación PR120/D-M PR123/P + módulo de comunicación PR120/D-M
Interruptores Emax DC	PR122/DC + módulo de comunicación PR120/D-M PR123/DC + módulo de comunicación PR120/D-M
Interruptores Emax E2/VF-E3/VF	PR122/VF + módulo de comunicación PR120/D-M
Flex interface SD030DX	Termomagnético o relé de protección electrónico básico (para más información, véase el apartado 4.5)

Puesto que SD-GEM realiza una conversión genérica del protocolo, además de los interruptores automáticos es posible conectar al puerto RS-485 cualquier otro dispositivo que implemente el protocolo Modbus RTU, siempre y cuando funcione con los mismos parámetros que el puerto serie (velocidad de transmisión, n.º de bits, bit de paridad, bit de parada: véase el apartado 4.7.1 y el Apéndice G).

Nótese que, para la comunicación en redes Ethernet TCP/IP, es necesario alimentar los relés de protección con la tensión de alimentación auxiliar Vaux de 24 V CC (para más información sobre las características, véase el Apéndice B).

Los datos, las alarmas y las medidas disponibles para cada relé de protección se resumen en la Tabla A.1 (para interruptores Emax E1÷E6, Emax X1 y Tmax T7), en la Tabla A.2 (para interruptores Tmax T4, T5 y T6) y en la Tabla A.3 (para interruptores Tmax XT2 y XT4) del Apéndice A.

Mientras está en funcionamiento, SD-GEM debe alimentarse con una tensión auxiliar de 24 V CC. Para más información, consúltense los catálogos y manuales técnicos del producto correspondiente.

6 Ejemplos de aplicación

A continuación se describen algunos ejemplos de aplicación de los interruptores ABB, con posibilidad de diálogo, para:

- La supervisión de las protecciones y la maniobra de los interruptores.
- La atribución de los costes energéticos de una instalación.
- La gestión de las cargas prioritarias y no prioritarias de una instalación.

6.1 Supervisión de las protecciones y maniobra de los interruptores

Tomemos como ejemplo una central eléctrica. En este tipo de instalaciones es muy importante mantener controlado, además del proceso de producción de potencia, todos los circuitos que alimentan los servicios auxiliares (edificio de mandos, calefacción, motores

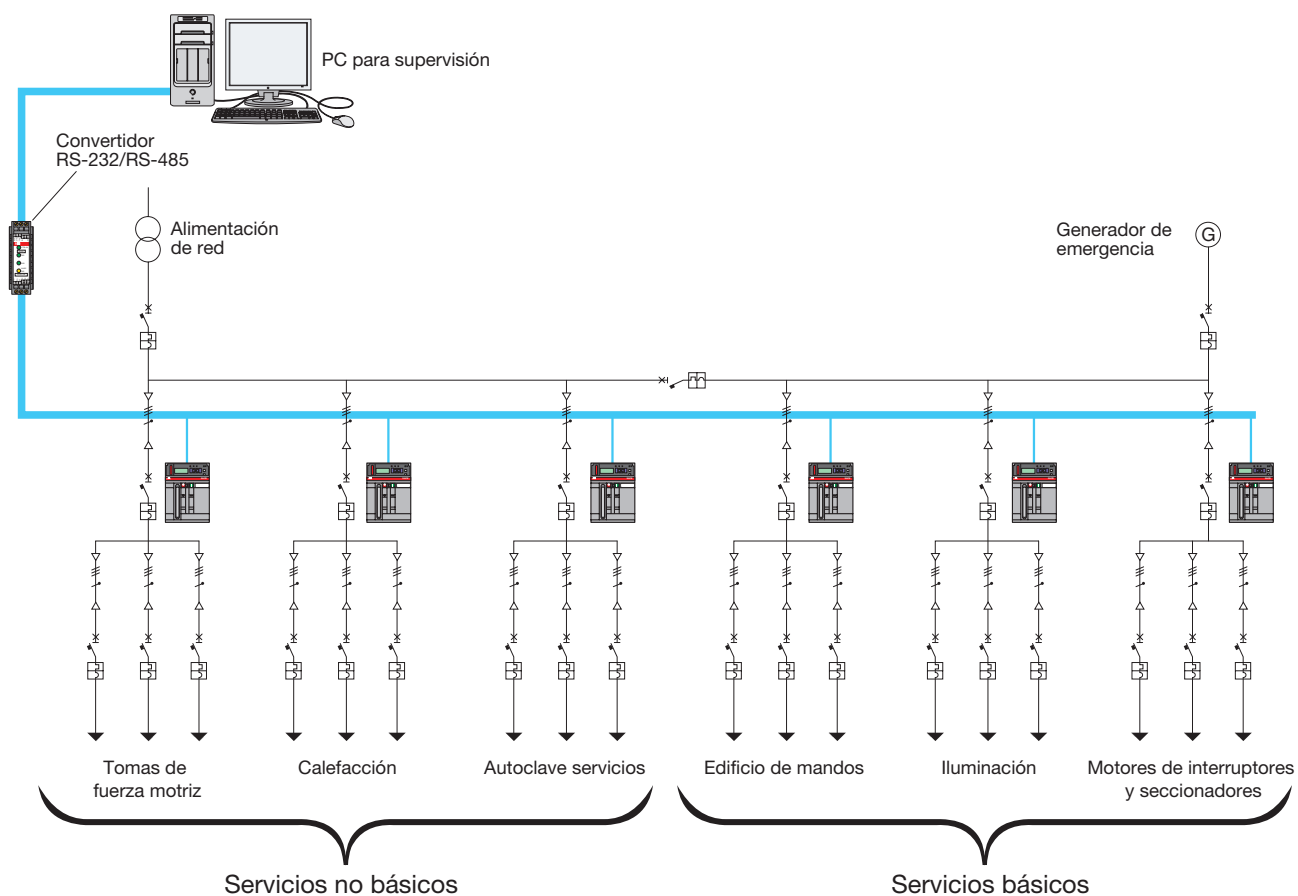
de los interruptores y de los seccionadores, sistema contra incendios, iluminación, tomas de fuerza motriz, etc.). Estos circuitos son de baja tensión.

Por otro lado, existe un sistema con un generador de emergencia que sólo alimenta los servicios básicos.

Cada cuadro tiene como interruptor principal un Emax con relé de protección PR122/P-PR123/P. El PR123/P sólo se usa en los cuadros para servicios básicos que pueden alimentarse con el generador de emergencia gracias a la función "dual setting", que permite almacenar los ajustes de las protecciones, tanto para la condición normal con alimentación de red como para la condición de emergencia con alimentación del grupo electrógeno de reserva, y cambiarlos instantáneamente si es preciso.

Todos los relés de protección PR122/P y PR123/P están dotados de interfaz de comunicación Modbus (módulo accesorio PR120/D-M) y se encuentran conectados al sistema de supervisión.

Figura 42: esquema de los servicios auxiliares de una central eléctrica



El sistema de supervisión, que se comunica con los interruptores por medio de una red de comunicación vía bus con protocolo Modbus, muestra tres tipos de información relativa a los sistemas auxiliares:

- Alarmas por sobrecarga de las protecciones.
- Datos sobre los disparos de las protecciones (en caso de disparo, se visualizan tanto los valores de las corrientes de corte como las formas de onda registradas por el relé en el registrador de datos interno).
- Datos relativos a la durabilidad de cada interruptor (número de maniobras y desgaste de los contactos).

El sistema de supervisión lee cíclicamente la información contenida en cada interruptor por medio del bus de comunicación.

Los datos relativos a las alarmas y a los disparos de las protecciones se muestran a los operarios en la sala de control y son almacenados en la base de datos del registro del sistema de supervisión.

Con estos datos se puede:

- 1) Monitorizar en tiempo real el estado de los circuitos que alimentan los servicios auxiliares.
- 2) Llevar a cabo un análisis diagnóstico y estadístico de las anomalías intervenidas para la realización de un estudio preventivo sobre las causas de defecto, con objeto de reducir los fallos de los sistemas auxiliares, consiguiendo así una gestión logística más eficiente de la central.

Además, los datos relativos a la durabilidad de cada interruptor (p. ej., número de maniobras realizadas y porcentajes de desgaste de los contactos) se transfieren a través de la red local a la base de datos y se utilizan para planificar las intervenciones de mantenimiento preventivo en los interruptores, con el fin de asegurar la continuidad del funcionamiento de los servicios básicos.

6.2 Atribución de los costes energéticos de una instalación

En un proceso productivo, es muy importante conocer el coste de la energía asociada a las diferentes líneas de producción para así poder asignar correctamente los distintos costes de producción de cada tipo de producto.

Consideremos una planta industrial de producción de detergentes en la que existen tres líneas diferentes de producción. Cada una de estas líneas produce un tipo de detergente, diferentes en cuanto a su composición, envasado y embalaje final.

Las tres líneas siguen procesos de producción parecidos, partiendo de la mezcla de distintas materias primas. Cada línea produce una cantidad diferente, por tanto, los tiempos de funcionamiento son planificados de manera independiente: en un mismo momento, una de las líneas puede estar funcionando a pleno régimen mientras que las demás están paradas.

Para la correcta gestión de la planta, se deben conocer los costes de energía relativos a cada tipo de producción.

Concretamente, los costes del suministro energético que hay que tener en cuenta son:

- El coste directo de la energía, proporcional al número de kWh consumidos por cada línea de producción.
- Una sanción relativa a la potencia reactiva, proporcional al número de minutos durante los cuales el $\cos\phi$ de la instalación ha sido inferior al valor fijado por el administrador de la red eléctrica.

6.2.1 Descripción del sistema de distribución y comunicación

La instalación eléctrica se realiza con distribución radial en baja tensión.

Cada línea recibe alimentación de un cuadro de proceso (QBT-PR), que distribuye alimentación sólo a la planta de producción, y de un cuadro para la automatización del sistema de embalaje (QBT-AU), que alimenta las máquinas de embotellado y manipulación de los envases.

Cada cuadro utiliza como interruptor principal un Emax E2 dotado con los siguientes accesorios:

- Relé de protección electrónico PR122/P.
- Módulo de medida de tensiones PR120/V.
- Módulo de comunicación Modbus PR120/D-M.

Los relés de protección reciben 24 Vcc de fuentes de alimentación conmutadas CP-E 24/1,25 situadas en cada uno de los cuadros principales.

Todos los interruptores principales están conectados, por medio de un cable apantallado del bus de comunicación RS-485, a un ordenador donde se encuentra instalado el programa de supervisión. El ordenador, a su vez, está conectado en red local a los sistemas de gestión de la instalación.

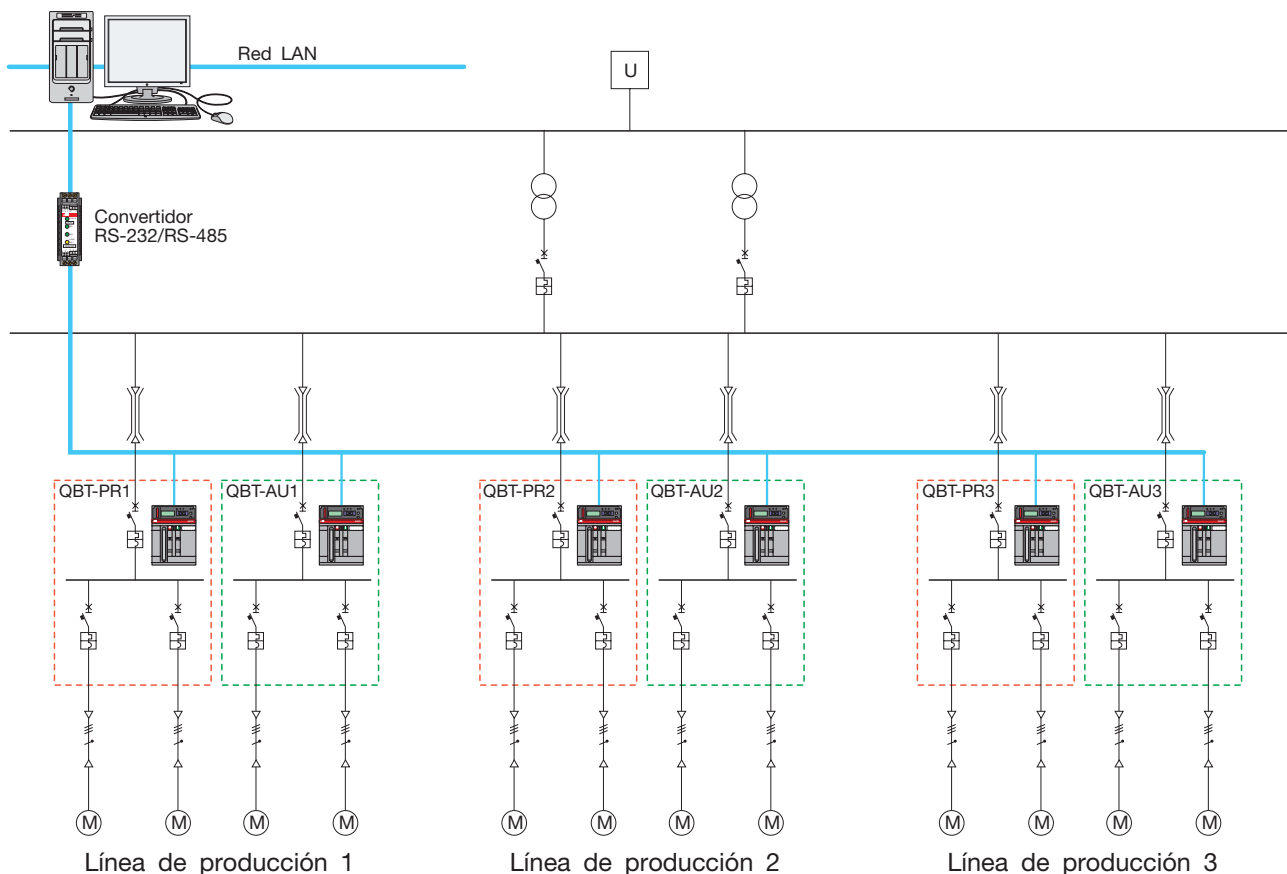
6.2.2 Funcionamiento

Los módulos PR120/V permiten que el relé de protección de cada interruptor principal pueda medir continuamente la potencia activa, la potencia reactiva y el $\cos\phi$ relativos a la propia carga. El relé de protección dispone además de un contador de energía que acumula el valor de la potencia activa.

Todos los valores citados están disponibles en forma de registros numéricos ("Input register") y pueden ser leídos mediante el protocolo Modbus.

La aplicación de supervisión realiza un ciclo muy sencillo que consiste en interrogar a cada uno de los interruptores y en leer los registros de energía total acumulada y de medida de la potencia reactiva. Esta lectura puede realizarse, por ejemplo, una vez cada cinco segundos.

Cada 15 minutos, la aplicación escribe en un archivo los valores de energía total y de potencia reactiva media de cada interruptor. Después, dichos valores serán leídos por la persona a cargo de la atribución de los costes, permitiendo así conocer el empleo de la potencia activa y de la potencia reactiva utilizadas por la instalación, y subdividir los costes entre las distintas líneas de producción.



6.3 Gestión de las cargas prioritarias y no prioritarias

En un centro comercial hay distintas cámaras frigoríficas, cada una de las cuales cuenta con un sistema de refrigeración independiente. El sistema de refrigeración de cada cámara frigorífica posee un termostato que se acciona de forma automática e independiente.

Además, cada sistema de refrigeración puede funcionar en modo normal (a régimen) o en modo rápido cuando la cámara se repone con nuevos productos que necesitan que ésta alcance una baja temperatura lo más rápidamente posible. Cuando esto ocurre, tiene lugar un pico de absorción de potencia.

El sistema de distribución alimenta, además de las cámaras frigoríficas, la iluminación del local, el aire acondicionado y la iluminación externa de emergencia. Esta última se considera una carga no prioritaria y, cuando sea necesario, puede ser desactivada para reducir el consumo energético.

Los interruptores principales de los cuadros de distribución secundaria QBT1 y QBT2 son Tmax T5 con relé de protección electrónico PR222DS/PD (equipado con interfaz de comunicación Modbus) y contactos

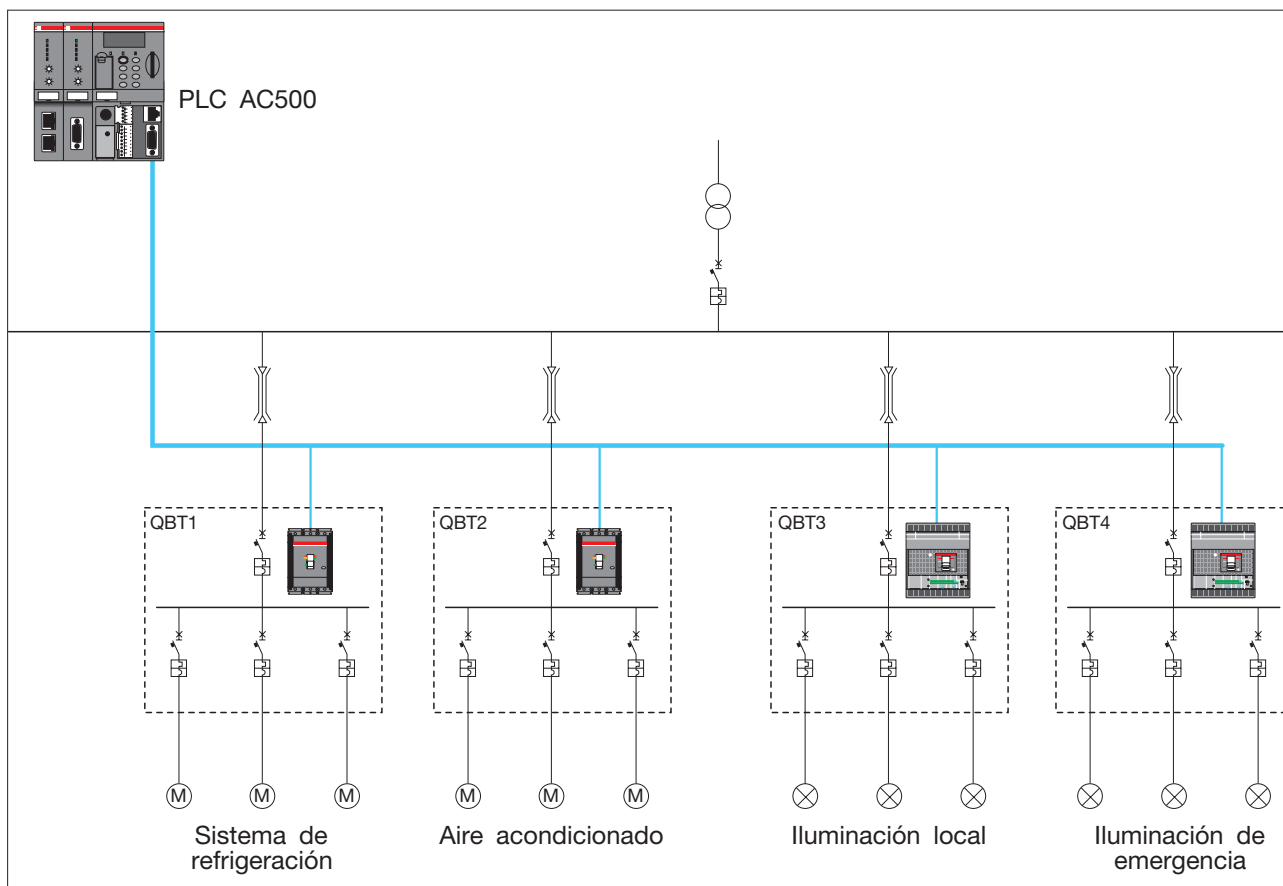
auxiliares con interfaz electrónica AUX-E y mando motor MOE-E. Los interruptores principales de los cuadros de distribución secundaria QBT3 y QBT4 son Tmax XT4 con relé de protección electrónico Ekip LSI, módulo de comunicación Ekip Com (interfaz de comunicación Modbus) y mando motor con interfaz electrónica MOE-E.

El PLC implementa un software de aplicación de control de cargas que lee de forma cíclica las corrientes de todos los interruptores principales, abriendo los relativos a las cargas no prioritarias cuando la suma de las corrientes supere el umbral prefijado o bien en otras condiciones de funcionamiento programadas.

Estas condiciones varían en función del horario, ya que el coste del kWh puede ser diferente según las franjas horarias (más caro de día y en las horas de pico de consumo, más barato de noche).

El control de las cargas persigue principalmente dos objetivos:

- Evitar los disparos por sobrecarga de la protección principal de cada cuadro de distribución secundaria.
- Siempre que sea posible, mantener la curva de carga lo más baja posible en las horas en las que el coste del kWh es más elevado.



Apéndice A: Medidas, datos y comandos para la supervisión y el telecontrol

Supervisión con bus de campo Modbus RTU

Tabla A.1: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores abiertos Emax, abiertos X1 y en caja moldeada Tmax T7

		E1÷E6			T7-X1		X1
		PR122/P+ PR120/D-M	PR122/P+ PR120/D-M+ PR120/V	PR123/P+ PR120/D-M	PR332/P+ PR330/D-M	PR332/P+ PR330/D-M+ PR330/V	PR333/P+ PR330/D-M
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra	■	■	■	■	■	■
	Tensiones (fase-fase, fase-neutro, residual)		■	■		■	■
	Potencia (activa P, reactiva Q, aparente A) total y de fase		■	■		■	■
	Factor de potencia		■	■		■	■
	Factor de pico (Ip/Irms)	■	■	■	■	■	■
	Frecuencia		■	■		■	■
	Energía (activa, reactiva, aparente) total y de fase		■	■		■	■
	Cálculo de armónicos (THDi, THDv y espectro) hasta el armónico n.º 40 (hasta el n.º 35 con frecuencia f = 60 Hz)			■			■
	Forma de onda de las corrientes de fase y del neutro			■			■
	Forma de onda de las tensiones de línea (fase-fase)			■			■
	Registrador de datos	■	■	■	■	■	■
	Registro de medidas (Imax)	■	■	■	■	■	■
	Registro de medidas (Vmax, Vmin, Pmax, Pmean, Qmax, Qmean, Amax, Amean)		■	■		■	■
Información de estado	Estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado)	■	■	■	■	■	■
	Posición del interruptor (insertado, extraído test)	■	■	■	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■	■	■	■
	Parámetros de protección programados, parámetros para control de cargas	■	■	■	■	■	■
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras y de disparos	■	■	■	■	■	■
	Número de test de disparo y de maniobras manuales	■	■	■	■	■	■
	Número de disparos distintos para cada función de protección	■	■	■	■	■	■
	Desgaste de los contactos (%)	■	■	■	■	■	■
	Registro de datos de los últimos 20 disparos	■	■	■	■	■	■
Alarmas de las protecciones	Protección L, S, I, G	■	■	■	■	■	■
	Protección direccional D (temporización y disparo)			■			■
	Protección contra desequilibrio de las corrientes de fase U (temporización y disparo)	■	■	■	■	■	■
	Protección contra sobretensión OT	■	■	■	■	■	■
	Protección contra desequilibrio de las tensiones de fase U (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra mínima tensión UV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra máxima tensión OV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra tensión residual RV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra inversión de potencia activa RP (temporización y disparo)		■	■		■	■
Protección contra subfrecuencia UF (temporización y disparo)		■	■		■	■	
Alarmas de diagnóstico	Protección contra sobrefrecuencia OF (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Defecto en el mecanismo de apertura (comando de disparo fallido)	■	■	■	■	■	■
	Desgaste de los contactos = 100%	■	■	■	■	■	■
	Módulo calibre relé desconectado	■	■	■	■	■	■
	Bobina de disparo (TC) desconectada o dañada	■	■	■	■	■	■
	Sensores de corriente desconectados	■	■	■	■	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor	■	■	■	■	■	■
	Rearme tras disparo ("trip reset")	■	■	■	■	■	■
	Programación de las curvas y umbrales de las protecciones	■	■	■	■	■	■
	Sincronización temporal desde el sistema de cada interruptor	■	■	■	■	■	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas (de las últimas 80)	■	■	■	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltese el siguiente documento: Modbus system Interface for Protection relays PR122/P and PR123/P + communication module PR120/D-M, mounted on CB New Emax Protection relays PR332/P and PR333/P + communication module PR330/D-M, mounted on CB Emax X1, Tmax T7 and Tmax T8 (código de documento: 1SDH000556R0001)

Extraído test: posición en la que los contactos de potencia están desconectados y los contactos auxiliares están conectados

Supervisión con bus de campo Modbus RTU

Tabla A.1A: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores abiertos Emax DC

		Emax DC	
		PR122/DC + PR120/D-M	PR123/DC + PR120/D-M
Magnitudes eléctricas	Corriente de la instalación	■	■
	Corriente de defecto a tierra		■
	Tensión		■
	Potencia activa total		■
	Energía activa (positiva/negativa)		■
	Energía activa total		■
	Registro de medidas (Imax)	■	■
	Registro de medidas (Vmax, Pmax, Pmean)	■	■
	Registrador de datos	■	■
Información de estado	Estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado)	■	■
	Posición del interruptor (insertado, extraído test)	■	■
	Estado de los resortes (cargados, descargados)	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■
	Parámetros de protección programados, parámetros para control de cargas	■	■
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras (de cerrado a abierto)	■	■
	Número total de disparos	■	■
	Número de test de disparo	■	■
	Número de maniobras manuales (con comando de apertura)	■	■
	Número de disparos distintos para cada función de protección	■	■
	Desgaste de los contactos (%)	■	■
	Registro de datos de los últimos 20 disparos	■	■
Alarmas de las protecciones	Protección L (temporización y disparo)	■	■
	Prealarma protección L	■	■
	Protección S (temporización y disparo)	■	■
	Protección I (disparo)	■	■
	Protección contra sobretensión OT (prealarma y disparo)	■	■
	Protección G (temporización y disparo)		■
	Protección contra desequilibrio de la corriente U (temporización y disparo)		■
	Protección contra mínima tensión UV (temporización y disparo)		■
	Protección contra máxima tensión OV (temporización y disparo)		■
Protección contra inversión de potencia activa RP (temporización y disparo)		■	
Alarmas de diagnóstico	Defecto en el mecanismo de apertura (comando de DISPARO fallido)	■	■
	Desgaste de los contactos = 100%	■	■
	Módulo calibre relé desconectado	■	■
	Bobina de disparo (TC) desconectada o dañada	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor	■	■
	Rearme tras disparo ("trip reset")	■	■
	Programación de las curvas y umbrales de las protecciones	■	■
	Sincronización temporal desde el sistema de cada interruptor	■	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas (de las últimas 80)	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltese el siguiente documento:
Emax DC PR122DC-PR123DC + PR120/D-M Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000841R0001)

Extraído test: posición en la que los contactos de potencia están desconectados y los contactos auxiliares están conectados

Supervisión con bus de campo Modbus RTU

Tabla A.1B: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores abiertos Emax VF

		Emax VF
		PR122/VF + PR120/D-M
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (I_{L1} - I_{L2} - I_{L3})	■
	Registro de medidas (corriente máxima de fase, I _{max})	■
	Registrador de datos	■
Información sobre el estado	Estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado)	■
	Posición del interruptor (insertado, extraído test)	■
	Estado de los resortes (cargados, descargados)	■
	Modalidad (local, remoto)	■
	Parámetros de protección programados, parámetros para control de cargas	■
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras (de cerrado a abierto)	■
	Número total de disparos	■
	Número de test de disparo	■
	Número de maniobras manuales (con comando de apertura)	■
	Número de disparos distintos para cada función de protección	■
	Desgaste de los contactos (%)	■
	Registro de datos de los últimos 20 disparos	■
Alarmas de las protecciones	Protección L (temporización y disparo)	■
	Prealarma protección L	■
	Protección I (disparo)	■
	Protección contra sobretensión OT (prealarma y disparo)	■
Alarmas de diagnóstico	Defecto en el mecanismo de apertura (comando de DISPARO fallido)	■
	Desgaste de los contactos = 100%	■
	Módulo calibre relé desconectado	■
	Bobina de disparo (TC) desconectada o dañada	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor	■
	Rearme tras disparo ("trip reset")	■
	Programación de las curvas y umbrales de las protecciones	■
	Sincronización temporal desde el sistema de cada interruptor	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas (de las últimas 80)	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltense el siguiente documento:
Emax VF PR122/VF + PR120/D-M Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000922R0001)

Extraído test: posición en la que los contactos de potencia están desconectados y los contactos auxiliares están conectados

Supervisión con bus de campo Modbus RTU

Tabla A.2: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6

		PR222DS/PD	PR223EF	PR223EF + VM210	PR223DS	PR223DS + VM210
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra (I _g)	■	■	■	■	■
	Tensiones fase-fase (V12-V23-V31)			■		■
	Tensiones fase-neutro (V1-V2-V3)			■		■
	Factor de pico (L1-L2-L3-N)		■	■	■	■
	Frecuencia			■		■
	Potencia (activa P, reactiva Q, aparente S) total y de fase					■
	Factor de potencia total					■
	Energía (activa, reactiva, aparente) total					■
Información de estado	Estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado)	■	■	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■	■	■
	Parámetros de protección programados	■	■	■	■	■
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras	■	■	■	■	■
	Número total de disparos	■	■	■	■	■
	Número de test de disparo	■	■	■	■	■
	Número de maniobras manuales	■	■	■	■	■
	Número de disparos distintos para las funciones de protección L-S-I-G	■	■	■	■	■
	Número de disparos distintos para las funciones de protección EF-SOS		■	■		
	Registro de datos de los últimos [n.º] disparos	1	20	20	20	20
Alarmas de las protecciones	Protección I (disparo)	■	■	■	■	■
	Protecciones L, S, G (temporización y disparo)	■	■	■	■	■
	Protecciones EF, SOS (disparo)		■	■		
Alarmas de diagnóstico	Comando de disparo fallido	■	■	■	■	■
	Sobrecalentamiento del mando motor MOE-E	■	■	■	■	■
	Bobina de disparo desconectada o dañada		■	■	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor (con mando motor)	■	■	■	■	■
	Puesta a cero de las alarmas	■	■	■	■	■
	Rearme del interruptor (con mando motor)	■	■	■	■	■
	Programación de las curvas y umbrales de las protecciones	■	■	■	■	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas	■	■	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltense los siguientes documentos:

- Instruction manual PR223EF Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000566R0001)
- Instruction manual PR223DS Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000658R0001)
- Instruction manual PR222DS/PD Modbus System Interface (código de documento: 1SDH000600R0001)

Supervisión con bus de campo Modbus RTU

Tabla A.3: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores en caja moldeada Tmax XT2 - XT4

Magnitudes eléctricas (valores de tiempo de ejecución)	Corrientes de fase (I_{L1}, I_{L2}, I_{L3})	
	Corriente en el neutro (I_{Ne}) ⁽¹⁾	
	Corriente a tierra (I_g)	
	Tensiones fase-fase (V_{12}, V_{23}, V_{31})	
	Tensiones fase-neutro (V_{1N}, V_{2N}, V_{3N}) ⁽²⁾	
	Frecuencia	
	Potencia activa total (P_{tot}) y en las tres fases (P_1, P_2, P_3) ⁽³⁾	
	Potencia reactiva total (Q_{tot}) y en las tres fases (Q_1, Q_2, Q_3) ⁽³⁾	
	Potencia aparente total (S_{tot}) y en las tres fases (S_1, S_2, S_3) ⁽³⁾	
	Energía activa (positiva/negativa)	
	Energía activa total	
	Energía reactiva (positiva/negativa)	
	Energía reactiva total	
	Energía aparente total	
Factor de potencia total ($\cos_{\phi_{tot}}$) y de fase ($\cos_{\phi_1}, \cos_{\phi_2}, \cos_{\phi_3}$) ⁽³⁾		
Magnitudes eléctricas (valores previa petición) ⁽⁴⁾	Análisis armónico en las fases y en el neutro (espectro de corriente hasta el armónico n.º 11 a 50 Hz y 60 Hz)	
	THDi en las fases (L1, L2, L3) y en el neutro (Ne) a 50 Hz y 60 Hz	
Registro de medidas	Corrientes de fase ($I_{L1max}, I_{L2max}, I_{L3max}, I_{L1min}, I_{L2min}, I_{L3min}$)	
	Corriente en el neutro (I_{Nmax}, I_{Nmin}) ⁽¹⁾	
	Tensiones fase-fase ($V_{12max}, V_{23max}, V_{31max}, V_{12min}, V_{23min}, V_{31min}$)	
	Tensiones fase-neutro ($V_{1Nmax}, V_{2Nmax}, V_{3Nmax}, V_{1Nmin}, V_{2Nmin}, V_{3Nmin}$) ⁽²⁾	
	Frecuencia (valor máximo, valor mínimo)	
	Potencia activa total (P_{totmax}, P_{totmin}) y en las tres fases ($P_{1max}, P_{2max}, P_{3max}, P_{1min}, P_{2min}, P_{3min}$) ⁽³⁾	
	Potencia reactiva total (Q_{totmax}, Q_{totmin}) y en las tres fases ($Q_{1max}, Q_{2max}, Q_{3max}, Q_{1min}, Q_{2min}, Q_{3min}$) ⁽³⁾	
	Potencia aparente total (S_{totmax}, S_{totmin}) y en las tres fases ($S_{1max}, S_{2max}, S_{3max}, S_{1min}, S_{2min}, S_{3min}$) ⁽³⁾	
	Información sobre el estado	Estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado)
		Interruptor rearmado
Modalidad (local, remoto)		
Parámetros de protección programados (curvas, tiempos y umbrales de las protecciones)		
Memoria térmica activada		
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras (de cerrado a abierto)	
	Número total de disparos por intervención de las protecciones	
	Número de test de disparo	
	Número de maniobras (de cerrado a abierto) con comando de apertura	
	Número de disparos fallidos	
Registro de datos de los últimos 20 disparos		
Alarmas de las protecciones	Protección I (disparo)	
	Protección S (temporización y disparo)	
	Protección L (temporización y disparo)	
	Protección G (temporización y disparo)	
	Protecciones R (bloqueo del motor) y U (desequilibrio y pérdida de la corriente de fase) (temporización y disparo)	
	Prealarma protección L ⁽⁵⁾	
	Protección contra mínima tensión UV (temporización y disparo)	
Protección contra máxima tensión OV (temporización y disparo)		
Alarmas de diagnóstico	Comando de disparo fallido	
	Bobina de disparo desconectada o dañada	
Comandos/configuraciones	Apertura/cierre del interruptor (con mando motor MOE-E)	
	Rearme del interruptor (con mando motor MOE-E)	
	Rearme tras disparo ("trip reset")	
	Test de disparo	
	Configuración de los parámetros (curvas, tiempos y umbrales) de las funciones de protección	
	Configuración del neutro (ON/OFF - 50%/100% de las fases)	
	Habilitación/deshabilitación de la memoria térmica	
Configuración de la tensión nominal		
Eventos en el tiempo de ejecución	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas	

1) Medida disponible en presencia del neutro (con interruptor tetrapolar o interruptor tripolar + TA para neutro externo)

2) Sólo con relé de protección Ekip LSiG

3) Medidas disponibles en presencia del neutro (con interruptor tetrapolar o interruptor tripolar + neutro externo)

4) Información disponible previa petición, enviando un comando

5) Indica que: $90\%I_1 < I < 120\%I_1$

Supervisión con bus de campo Profibus DP y DeviceNet

Tabla A.4: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores abiertos Emax, abiertos X1 y en caja moldeada Tmax T7

		E1÷E6			T7-X1		X1
		PR122/P+ PR120/D-M+ EP010	PR122/P+ PR120/D-M+ PR120/V+ EP010	PR123/P+ PR120/D-M+ EP010	PR332/P+ PR330/D-M+ EP010	PR332/P+ PR330/D-M+ PR330/V+ EP010	PR333/P+ PR330/D-M+ EP010
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra	■	■	■	■	■	■
	Tensiones (fase-fase, fase-neutro, residual)		■	■		■	■
	Potencia total (activa P, reactiva Q, aparente A)		■	■		■	■
	Factor de potencia total		■	■		■	■
	Frecuencia		■	■		■	■
	Energía total (activa, reactiva, aparente)		■	■		■	■
	Cálculo de los armónicos (THDi, THDv) hasta el armónico n.º 25 (armónicos impares)			■			■
Información de estado	Estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado)	■	■	■	■	■	■
	Posición del interruptor (insertado, extraído test)	■	■	■	■	■	■
	Estado de los resortes (cargados, descargados)	■	■	■	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■	■	■	■
	Parámetros de protección programados	■	■	■	■	■	■
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras	■	■	■	■	■	■
	Número total de disparos	■	■	■	■	■	■
Alarmas de las protecciones	Protección L	■	■	■	■	■	■
	Protección S	■	■	■	■	■	■
	Protección I	■	■	■	■	■	■
	Protección G	■	■	■	■	■	■
	Protección contra desequilibrio de las corrientes de fase U (temporización y disparo)	■	■	■	■	■	■
	Protección contra sobretensión interna del relé OT	■	■	■	■	■	■
	Protección contra desequilibrio de las tensiones de fase U (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra mínima tensión UV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra máxima tensión OV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra tensión residual RV (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra inversión de potencia activa RP (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra subfrecuencia UF (temporización y disparo)		■	■		■	■
	Protección contra sobrefrecuencia OF (temporización y disparo)		■	■		■	■
Protección direccional D (temporización y disparo)			■			■	
Alarmas de diagnóstico	Comando de disparo fallido	■	■	■	■	■	■
	Desgaste de los contactos = 100%	■	■	■	■	■	■
	Módulo calibre relé desconectado	■	■	■	■	■	■
	Bobina de disparo (TC) desconectada o dañada	■	■	■	■	■	■
	Sensores de corriente desconectados	■	■	■	■	■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor	■	■	■	■	■	■
	Rearme tras disparo ("trip reset")	■	■	■	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltese el siguiente documento: Modbus/FPB Interface - User and Operator Manual (código de documento 1SDH000510R0001)

Extraído test: posición en la que los contactos de potencia están desconectados y los contactos auxiliares están conectados

Supervisión con bus de campo Profibus DP y DeviceNet

Tabla A.5: Medidas-datos-alarmas y comandos disponibles con los interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6

		PR222DS/PD + EP010	PR223EF + EP010	PR223EF + VM210 + EP010
Magnitudes eléctricas	Corrientes de fase (IL1, IL2, IL3), corriente en el neutro (IN), corriente de fallo a tierra (I _g)	■	■	■
	Tensiones fase-fase (V12, V23, V31)			■
	Tensiones fase-neutro (V1, V2, V3)			■
	Factor de pico (L1, L2, L3, N)		■	■
	Frecuencia			■
	Potencia (Activa P, Reactiva Q, Aparente A) total y de fase			
	Factor de potencia total			
	Energía (activa, reactiva, aparente) total			
Información de estado	Estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado)	■	■	■
	Modalidad (local, remoto)	■	■	■
	Parámetros de protección programados	■	■	■
Datos de mantenimiento	Número total de maniobras	■	■	■
	Número total de disparos	■	■	■
	Número de disparos distintos para las funciones de protección L-S-I-G	■	■	■
	Número de disparos distintos para las funciones de protección EF-SOS		■	■
	Número de test de disparo		■	■
	Número de maniobras manuales		■	■
Alarmas de las protecciones	Protección L (temporización y disparo)	■	■	■
	Protección S (temporización y disparo)	■	■	■
	Protección G (temporización y disparo)	■	■	■
	Protección I	■	■	■
	Protecciones EF, SOS		■	■
Alarmas de diagnóstico	Comando de disparo fallido	■	■	■
	Sobrecalentamiento MOE-E	■	■	■
	Bobina de disparo desconectada o dañada		■	■
Comandos	Apertura/cierre del interruptor (con mando motor)	■	■	■
	Rearme del interruptor (con mando motor)	■	■	■
	Puesta a cero de las alarmas	■	■	■
Eventos	Cambios de estado del interruptor, de las protecciones y de todas las alarmas	■	■	■

Para más información sobre las magnitudes, los datos y las alarmas disponibles, consúltense el siguiente documento: Modbus/FBP Interface - User and Operator Manual (código de documento 1SDH000510R0001)

Apéndice B: Características eléctricas de la tensión de alimentación auxiliar

La alimentación auxiliar se debe suministrar por medio de una fuente externa aislada galvánicamente. Dado que es necesaria una tensión auxiliar aislada de tierra, se deben usar “convertidores separados galvánicamente” de conformidad con la norma IEC 60950 (UL 1950) o equivalentes (IEC 60364-41 y CEI 64-8), que garantizan una corriente de modo común o corriente de fuga (véase IEC 478/1 y CEI 22/3) no superior a 3,5 mA.

Interruptores abiertos Emax E1÷E6, abiertos Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7-T7M

Para los interruptores abiertos Emax, Emax X1 y en caja moldeada Tmax T7, la alimentación auxiliar llega desde la bornera a los bornes marcados como K1 (por el polo + de la fuente) y K2 (por el polo - de la fuente).

En la siguiente tabla se indican las características de la alimentación auxiliar para los interruptores respectivos:

Emax E1÷E6

Características eléctricas	PR122/P- PR123/P	PR122/DC- PR123/DC	PR122/VF ⁽²⁾
Tensión nominal	24 V CC ± 20%	24 V CC ± 20%	24 V CC ± 20%
Ondulación máxima	± 5%	± 5%	± 5%
Corriente inicial de arranque a 24 V	~ 10 A por 5 ms	~ 10 A por 5 ms	~ 10 A por 5 ms
Corriente asignada a 24 V	~ 170 mA ⁽¹⁾	-	-
Potencia asignada a 24 V	4 W ⁽¹⁾	~ 4 W ⁽¹⁾	~ 4 W ⁽¹⁾

(1) Valor que hace referencia a la alimentación del relé de protección PR12X/P, PR12x/DC o PR122/VF + módulo de comunicación PR120/D-M.

(2) Para conectar la alimentación auxiliar al relé de protección, se debe utilizar un cable apantallado de par trenzado (p. ej., cable tipo BELDEN 3105A/3105B). La pantalla debe estar conectada a tierra por el extremo de conexión del relé de protección.

Emax X1 y Tmax T7-T7M

Características eléctricas	PR332/P-PR333/P
Tensión nominal	24 V CC ± 20%
Ondulación máxima	5%
Corriente inicial de arranque a 24 V	10 A por 5 ms
Corriente asignada a 24 V	~ 170 mA*
Potencia asignada a 24 V	4 W*

* Valor referido a la alimentación de: PR33X/P+ módulo de comunicación PR330/D-M

Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

En la siguiente tabla se indican las características eléctricas para la tensión de alimentación auxiliar Vaux:

Características eléctricas	PR222DS/PD	PR223DS PR223EF
Tensión nominal	24 V CC ± 20%	24 V CC ± 20%
Ondulación máxima	± 5%	± 5%
Corriente inicial de arranque a 24 V	1 A por 30 ms	~ 4 A por 0,5 ms
Corriente asignada a 24 V	100 mA	~ 80 mA
Potencia asignada a 24 V	2,5 W	~ 2 W

Para los interruptores en caja moldeada T4, T5 y T6, la alimentación llega a los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS a través de los bornes 3 y 4 del conector posterior X3, tal y como se muestra en la siguiente figura:

Figura B.1: Esquema eléctrico de conexión de la tensión auxiliar para el relé de protección PR223DS

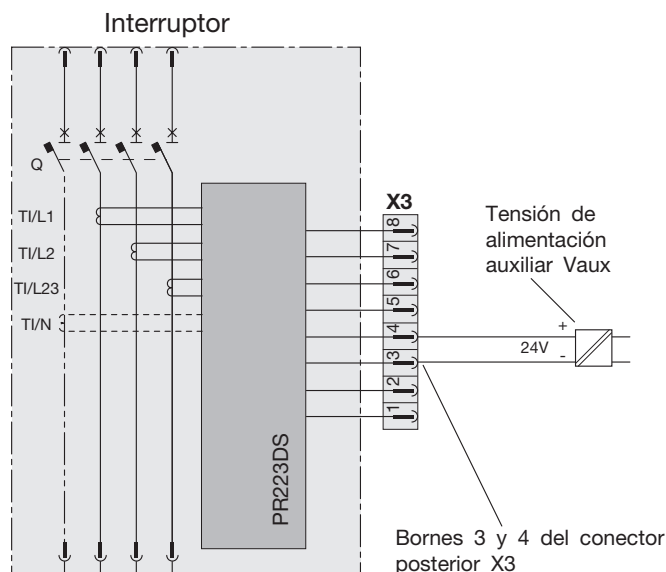
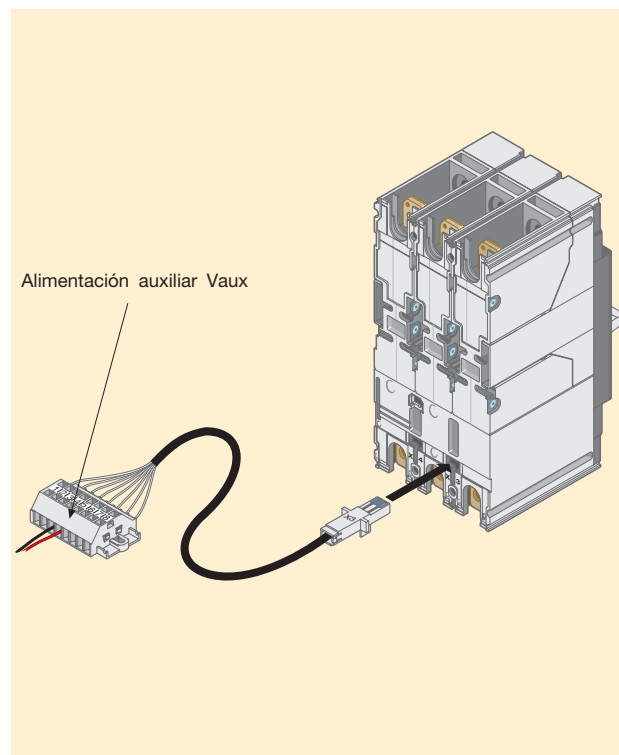


Figura B.2: Alimentación auxiliar para interruptores en caja moldeada Tmax T4, T5 y T6



Interruptores en caja moldeada Tmax XT2 - XT4

La alimentación auxiliar para los interruptores en caja moldeada Tmax XT2 y XT4 llega al módulo Ekip Com y al relé de protección electrónico a través de los cables marcados como K1 (desde el polo + de la fuente) y K2 (desde el polo - de la fuente).

En la siguiente tabla se indican las características para la tensión de alimentación auxiliar Vaux:


Características eléctricas	Ekip LSI/LSIG Ekip E-LSIG Ekip M-LRIU	
	Ekip Com	Ekip Com
Tensión nominal	24 V CC ± 20%	24 V CC ± 20%
Ondulación máxima	± 5%	± 10%
Corriente inicial de arranque a 24 V	500 mA por 20 ms	1 A por 0,05 ms
Corriente asignada a 24 V	20 mA	22 mA ± 20%
Potencia asignada a 24 V	480 mW	530 mW

Cuando el relé de protección electrónico se usa con el módulo Ekip Com, los datos de potencia y corriente se suman entre sí.

Apéndice C: Módulos de comunicación

Interruptores abiertos Emax: E1÷E6

- Módulo de comunicación PR120/D-M

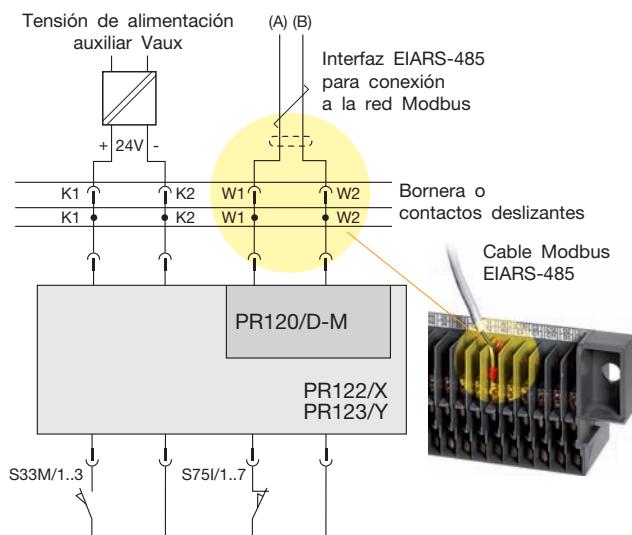
	Protocolo	Modbus RTU
	Interfaz física	RS-485
	Velocidad de transmisión	9600-19200 bps

El módulo de comunicación recibe alimentación directa del relé de protección PR122/P/DC/VF-PR123/P/DC que, a su vez, está alimentado por la tensión auxiliar Vaux. En la siguiente tabla se describen los datos técnicos.

	PR122*/PR123	PR120/D-M
Alimentación (aislada galvánicamente)	auxiliar 24 V CC ± 20%	desde PR122/PR123
Ondulación máxima	5%	-
Corriente inicial de arranque a 24 V	~ 10 A por 5 ms	-
Corriente asignada a 24 V	~ 130 mA	+ 40 mA
Potencia asignada a 24 V	~ 3 W	+ 1 W

(*) Con el relé de protección PR122/VF, para conectar la alimentación auxiliar al relé de protección se debe utilizar un cable apantallado de par trenzado (p. ej., cable tipo BELDEN 3105A/3105B). La pantalla debe estar conectada a tierra por el extremo de conexión del relé de protección.

Figura C.1: Esquema de conexión del PR12X/P a la red Modbus mediante el módulo PR120/D-M.



Nota:

W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus
 K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux
 S33M/1..3: contactos de señalización resortes cargados
 S75I/1..7: contactos de señalización interruptor insertado (para interruptor extraíble)

X: P/DC/VF

Y: P/DC

Con el relé de protección PR122/VF, para conectar la alimentación auxiliar al relé de protección se debe utilizar un cable apantallado de par trenzado (p. ej., cable tipo BELDEN 3105A/3105B). La pantalla debe estar conectada a tierra por el extremo de conexión del relé de protección.

- Conexión a la red Modbus

Los relés de protección PR122/P/DC/VF-PR123/P/DC se conectan a la red Modbus mediante el módulo de comunicación PR120/D-M siguiendo el esquema que aparece en la figura.

El módulo PR120/D-M contiene los contactos K51/YO (para controlar directamente la bobina de apertura YO) y K51/YC (para controlar directamente la bobina de cierre YC) para la ejecución remota de los comandos de apertura y cierre del interruptor.

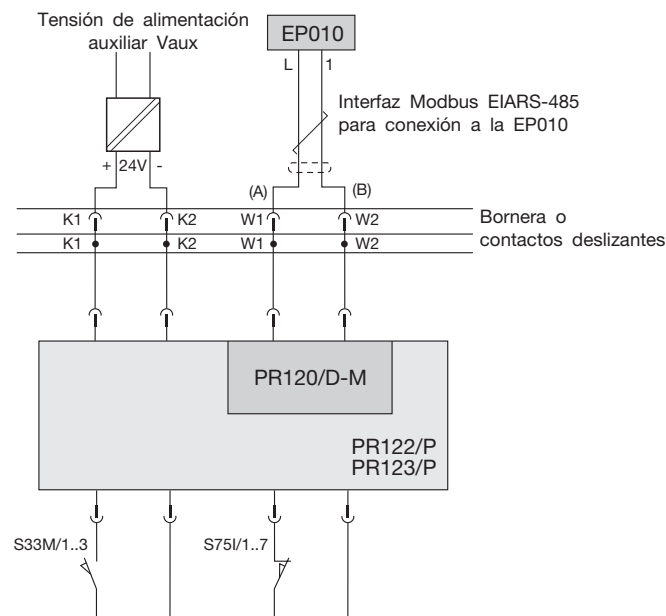
Con el módulo de comunicación PR120/D-M, la alimentación de las bobinas YO y YC no debe derivar de la alimentación principal y puede alcanzar valores máximos de tensión de hasta:

- 110-120 V CC
- o bien
- 240-250 V CA

- Conexión a la unidad EP010

Los relés de protección PR122/P y PR123/P se conectan a la unidad EP010 por medio del módulo de comunicación PR120/D-M.

Figura C.2: Esquema de conexión del PR122/P-PR123/P a la unidad EP010.




Nota:

W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus
 K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux
 L-1: bornes para el canal Modbus
 S33M/1..3: contactos de señalización resortes cargados
 S75I/1..7: contactos de señalización interruptor insertado (para interruptor extraíble).

El cable Modbus que conecta la unidad EP010 al relé de protección debe tener como máximo 1 m de longitud.

Interruptores abiertos Emax X1 e interruptores en caja moldeada Tmax T7

- Módulo de comunicación PR330/D-M

	Protocolo	Modbus RTU
	Interfaz física	RS-485
	Velocidad de transmisión	9600-19200 bps

El módulo de comunicación recibe alimentación directa de los relés de protección PR332/P y PR333/P que, a su vez, están alimentados por la tensión auxiliar Vaux. En la siguiente tabla se describen los datos técnicos.

	PR332/PR333	PR330/D-M
Alimentación (aislada galvánicamente)	auxiliar 24 V CC \pm 20%	desde PR332/PR333
Ondulación máxima	5%	-
Corriente inicial de arranque a 24 V	2 A por 5 ms	-
Corriente asignada a 24 V	\sim 130 mA	+ 40 mA
Potencia asignada a 24 V	\sim 3 W	+ 1 W

- Relé PR330/R

Los interruptores Emax X1 y Tmax T7 pueden ejecutar comandos remotos de apertura y cierre siempre que, además del módulo de comunicación PR330/D-M, se encuentre instalado el relé PR330/R.

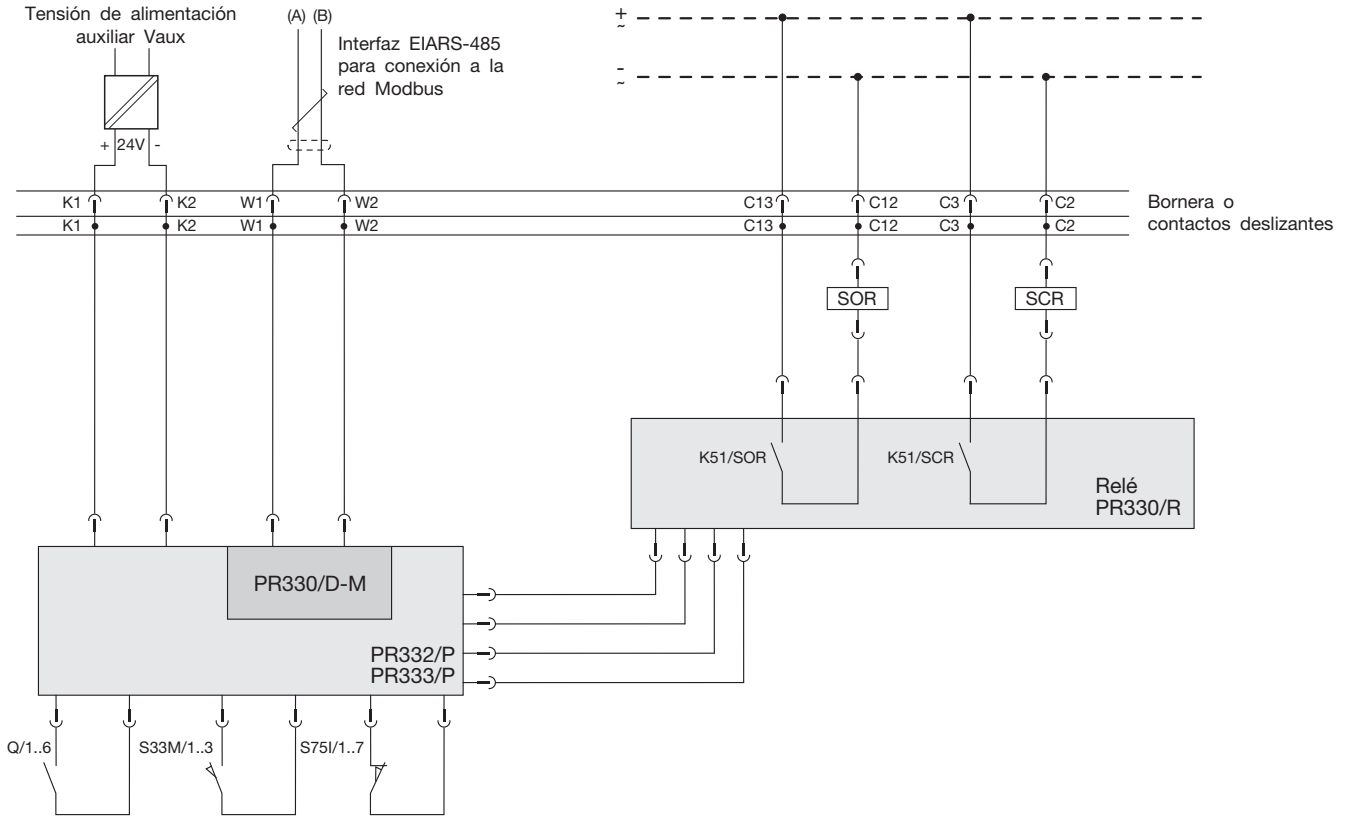
Este dispositivo permite que se puedan llevar a cabo dichos comandos a través de los contactos internos K51/SCR (para controlar la bobina de cierre SCR) y K51/SOR (para controlar la bobina de apertura SOR). Véase la Figura C.3.



- Conexión a la red Modbus

Los relés de protección PR332/P y PR333/P se conectan a la red Modbus mediante el módulo de comunicación PR330/D-M siguiendo el esquema que aparece en la Figura C.3.

Figura C.3: Esquema de conexión del PR33X/P a la red Modbus mediante el módulo PR330/D-M



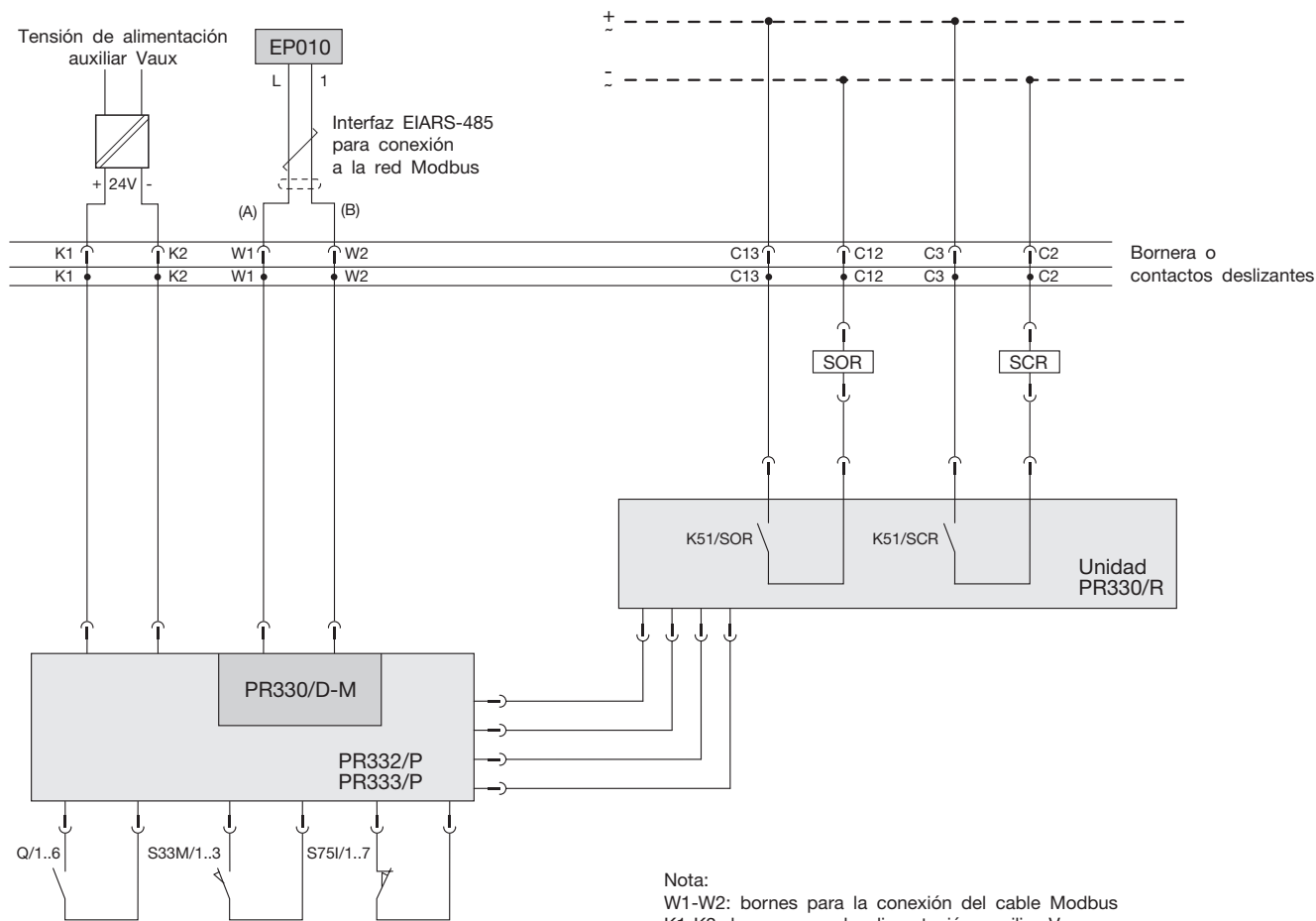
Nota:

- W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus
 - K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux
 - SOR: bobina de apertura
 - SCR: bobina de cierre
 - K51/SOR: contacto para el control de la bobina de apertura
 - K51/SCR: contacto para el control de la bobina de cierre
 - Q/1..6: contactos auxiliares AUX (para Tmax T7)
 - S33M/1..3: contactos de señalización resortes cargados
 - S75I/1..7: contactos de señalización interruptor insertado (para interruptor extraíble)
- La alimentación de las bobinas SOR y SCR no debe derivar de la alimentación principal y puede alcanzar valores máximos de tensión de hasta:
- 110-120 V CC
 - o bien
 - 240-250 V CA

- Conexión a la unidad EP010

Los relés de protección PR332/P y PR333/P se conectan a la unidad EP010 a través del módulo de comunicación PR330/D-M.

Figura C.4: Esquema de conexión del PR33X/P a la unidad EP010



Nota:

W1-W2: bornes para la conexión del cable Modbus

K1-K2: bornes para la alimentación auxiliar Vaux

L-1: bornes para el canal Modbus

SOR: bobina de apertura

SCR: bobina de cierre

K51/SOR: contacto para el control de la bobina de apertura

K51/SCR: contacto para el control de la bobina de cierre

Q/1..6: contactos auxiliares AUX (para Tmax T7)

S33M/1..3: contactos de señalización resortes cargados

S75I/1..7: contactos de señalización interruptor insertado (para interruptor extraíble)

El cable Modbus que conecta la unidad EP010 al relé de protección debe tener como máximo 1 m de longitud.

La alimentación de las bobinas SOR y SCR no debe derivar de la alimentación principal y puede alcanzar valores máximos de tensión de hasta:

- 110-120 V CC

o bien

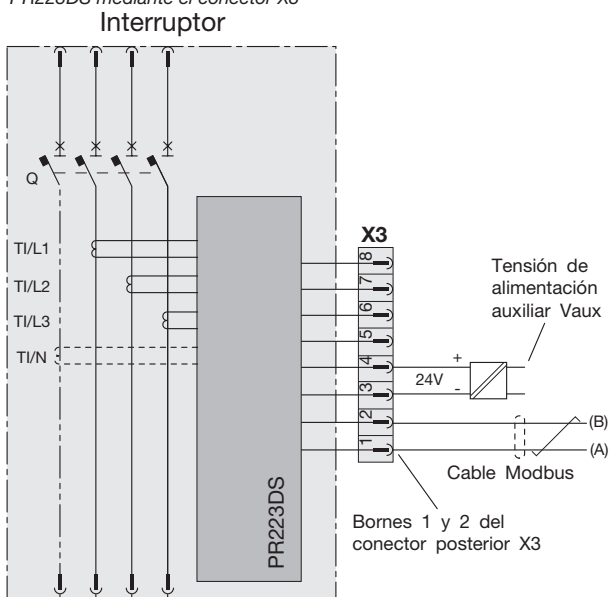
- 240-250 V CA

Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

- Conexión a la red Modbus

La conexión a la red Modbus de los interruptores en caja moldeada T4, T5 y T6 equipados con los relés de protección PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS se realiza mediante los bornes 1 y 2 del conector posterior X3, tal y como se indica en la Figura C.5.

Figura C.5: Esquema de conexión a la red Modbus del relé de protección PR223DS mediante el conector X3



- Conexión a la unidad EP010

Los interruptores en caja moldeada T4, T5 y T6 se conectan a la unidad EP010 mediante los bornes 1 y 2 del conector posterior X3.

Figura C.7: Esquema de conexión de un Tmax a la unidad EP010

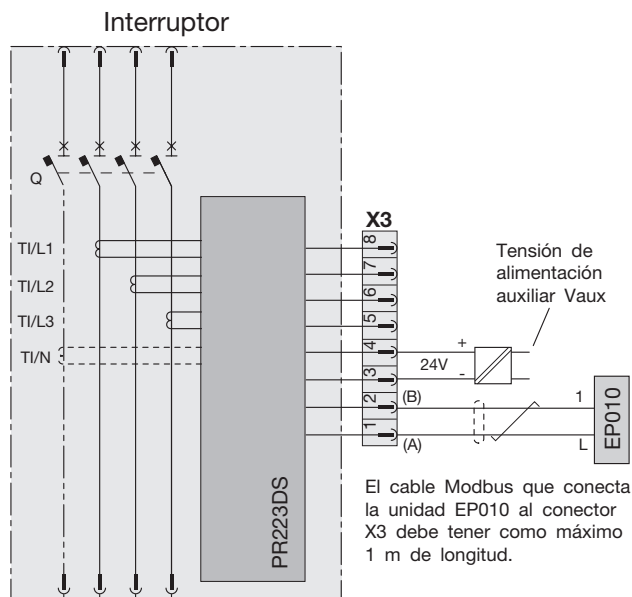
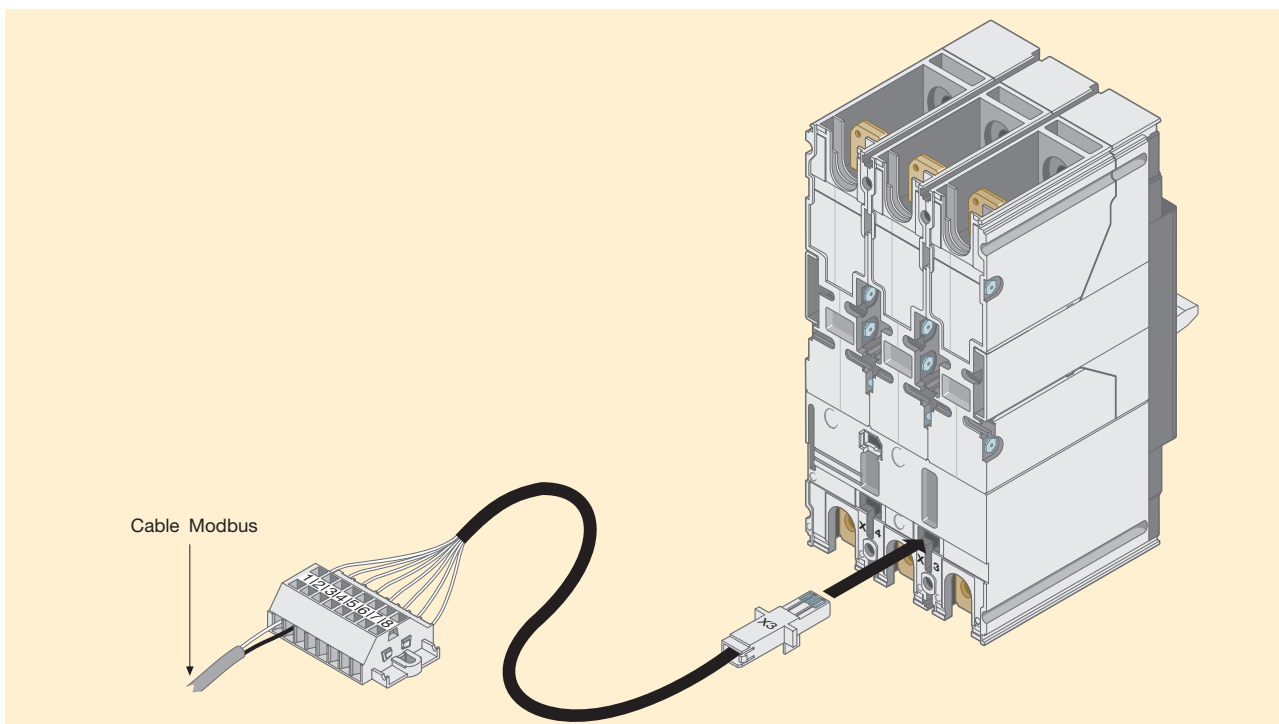


Figura C.6: Conexión a la red Modbus de los Tmax T4, T5 y T6 mediante el conector X3



Interruptores en caja moldeada Tmax XT2 - XT4

- El módulo de comunicación Ekip Com



Protocolo	Modbus RTU
Interfaz física	RS-485
Velocidad de transmisión	9600-19200 bps

Ekip Com es la interfaz de comunicación que permite:

- Conectar los relés de protección electrónicos Ekip, con funcionalidad de diálogo, en los buses de campo Modbus RTU.
- Controlar el motor MOE-E desde un sistema remoto.
- Detectar el estado (abierto/cerrado, disparado) del interruptor.

Ekip Com está disponible en dos versiones: una para los interruptores fijos/enchufables y una para los interruptores extraíbles.

Para la comunicación en redes Modbus es necesaria una tensión auxiliar Vaux a 24 V CC que alimente al módulo de comunicación y al relé de protección electrónico. Para conocer las características eléctricas de la tensión de alimentación auxiliar, véase el Apéndice B.

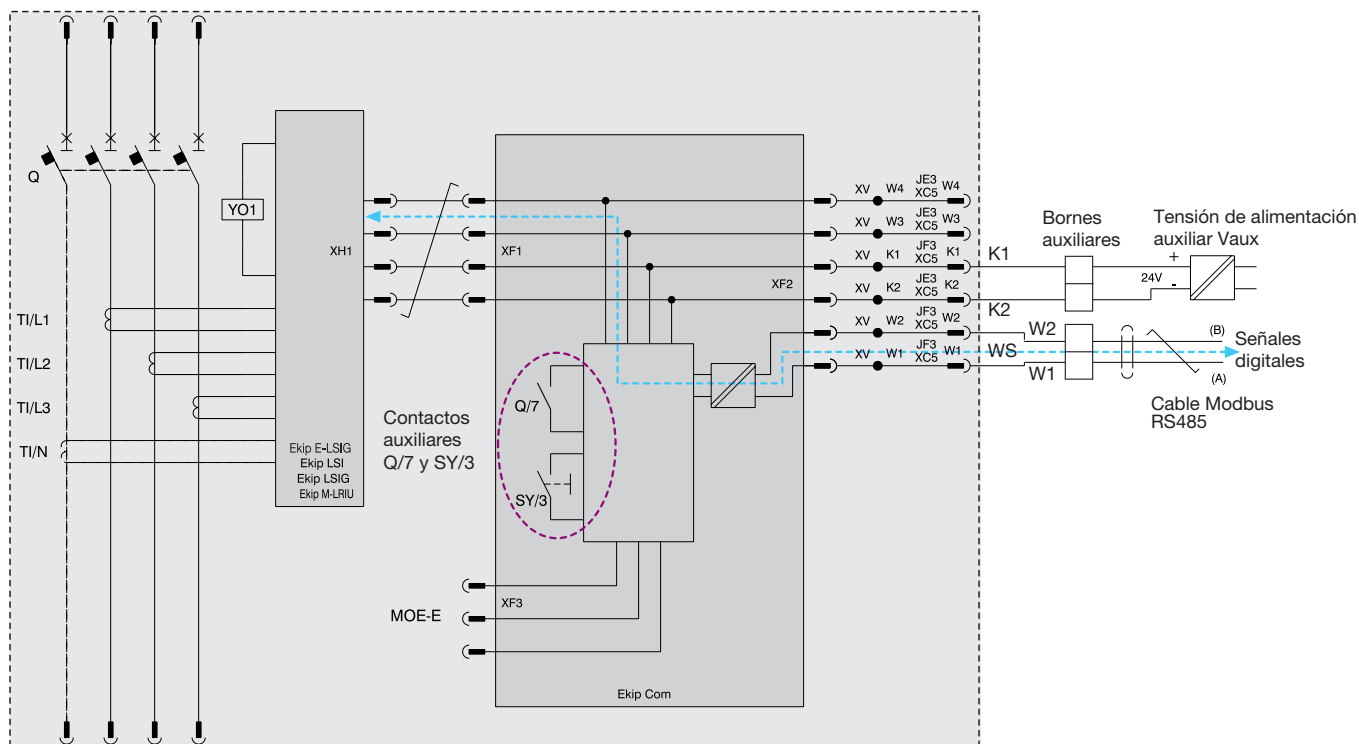
- Conexión a la red Modbus

Los relés de protección electrónicos Ekip E-LSIG, Ekip LSI, Ekip LSIG y Ekip M-LRIU se conectan a la red Modbus mediante el módulo de comunicación Ekip Com. En Ekip Com están integrados los contactos auxiliares Q/7, para señalar si el interruptor está abierto/cerrado, y SY/3, para la señalización del interruptor en posición de disparado¹² (véase la Figura C.8). Gracias a estos contactos, en el sistema remoto de supervisión está disponible la información relativa al estado del interruptor.

Con el interruptor extraíble, se conecta el relé de protección a la red Modbus a través de los cables W1 y W2 de salida de la parte fija (hembra) del conector JF3, alojada en la parte fija del interruptor (véanse las Figuras C.8, C.9 y C.10).

¹² SY/3: contacto para la señalización eléctrica del interruptor abierto por disparo de: relé magnético/termomagnético, relé con microprocesador (electrónico), relé de apertura, relé de mínima tensión, relé diferencial

Figura C.8: Esquema eléctrico de conexión a la red Modbus de los relés Ekip E-LSIG, Ekip LSI, Ekip LSIG y Ekip M-LRIU con módulo Ekip Com. Interruptor extraíble.



Corre a cargo del cliente:

- La conexión de los cables (W1, W2, K1 y K2) a los bornes auxiliares.
- La elección y el cableado de los bornes auxiliares, de la alimentación auxiliar y del cable de comunicación Modbus RS485.

Figura C.9: Módulo Ekip Com para interruptores extraíbles en caja moldeada Tmax XT2 y XT4.

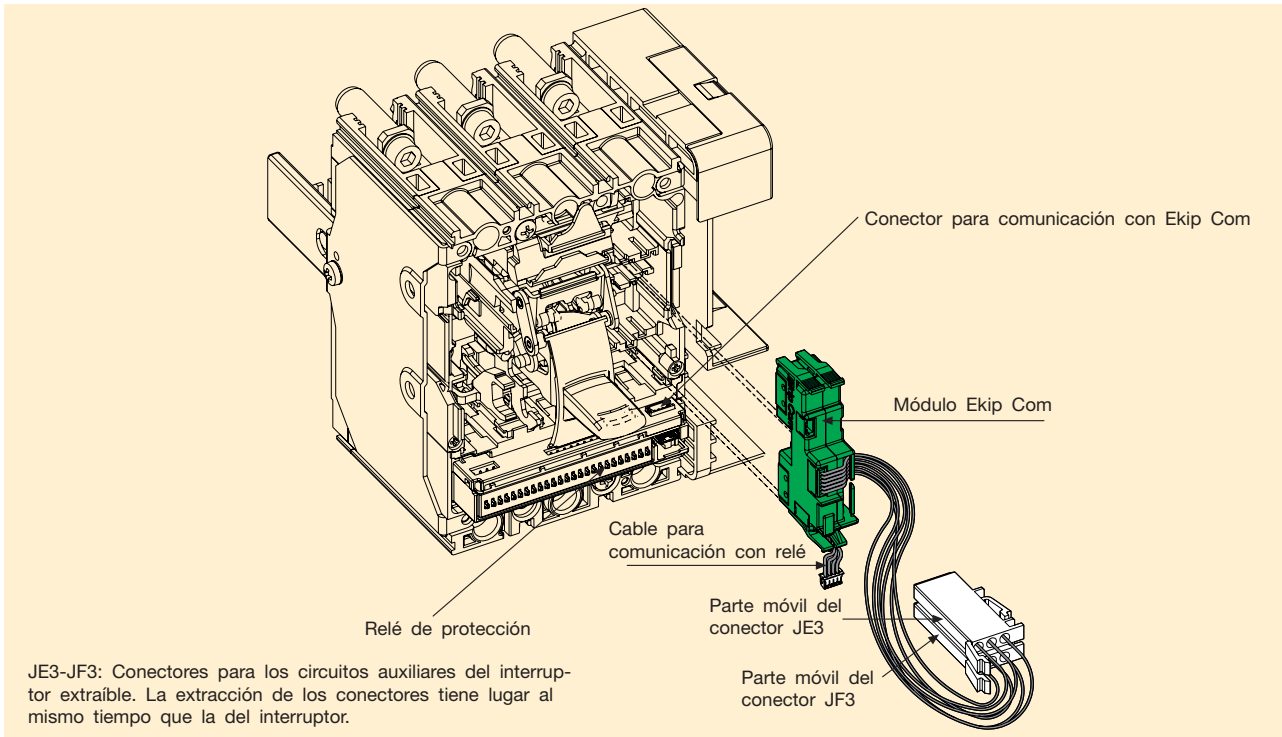
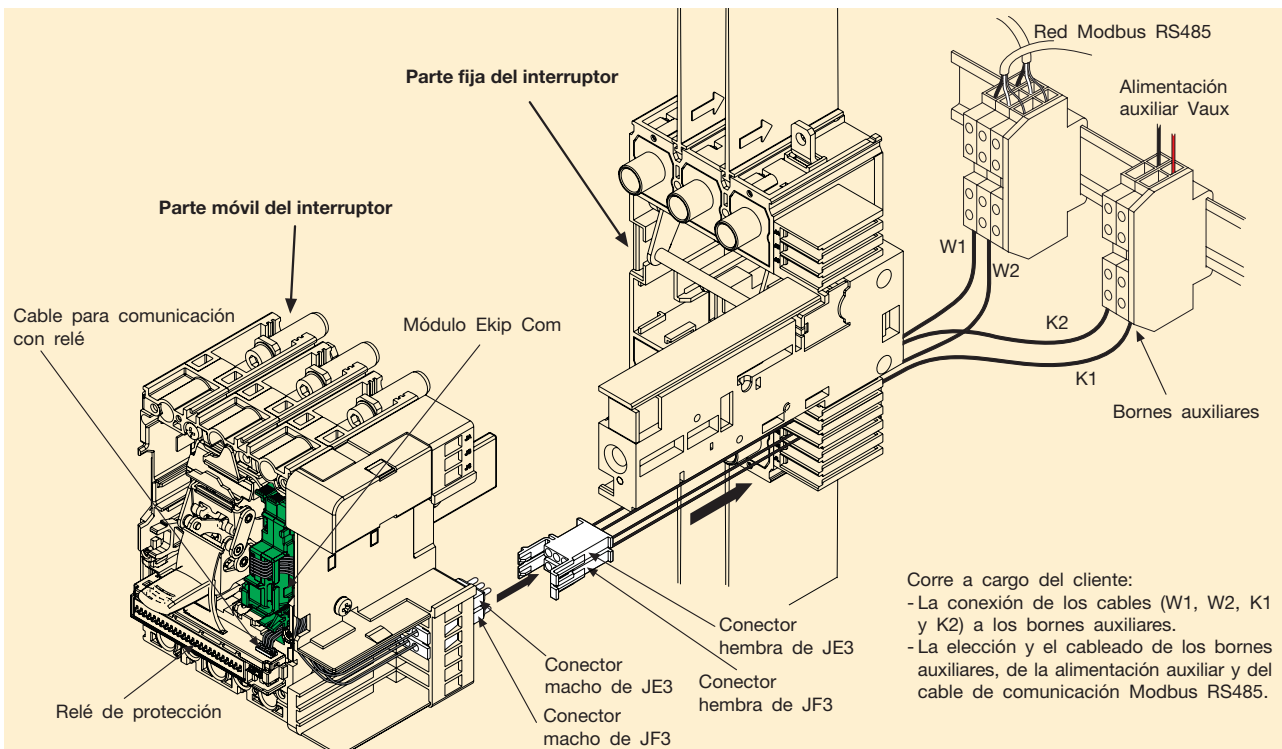


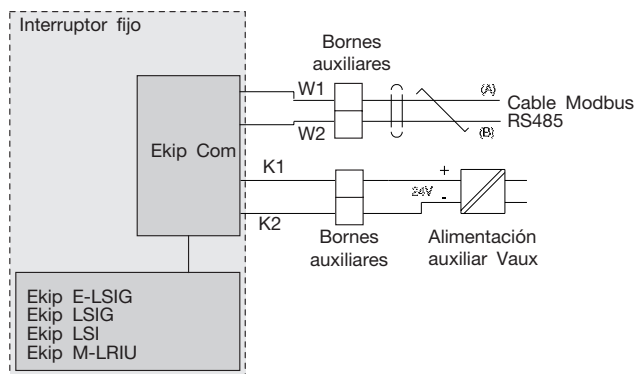
Figura C.10: Conexión a la red Modbus de los interruptores extraíbles en caja moldeada Tmax XT2 y XT4.



Al introducir la parte móvil del interruptor en la parte fija, el acoplamiento entre el conector hembra (parte fija) de JF3 (introducido en la parte fija del interruptor) y el conector macho (parte móvil) de JF3 (introducido en la parte móvil del interruptor) proporciona

continuidad al cableado para la conexión del relé de protección a la red Modbus. El acoplamiento de la parte fija con la parte móvil correspondiente de los conectores JE3 y JF3 también permite la continuidad del cableado para suministrar alimentación auxiliar al Ekip Com y al relé de protección.

El relé de protección se conecta a la red Modbus con los interruptores fijos Tmax XT2-XT4 a través de los cables W1 y W2, de acuerdo con el esquema siguiente:



Corre a cargo del cliente:

- La conexión de los cables (W1, W2, K1 y K2) a los bornes auxiliares.
- La elección y el cableado de los bornes auxiliares, de la alimentación auxiliar y del cable Modbus RS485.

Figura C.11: Módulo Ekip Com para interruptores fijos en caja moldeada Tmax XT2 y XT4.

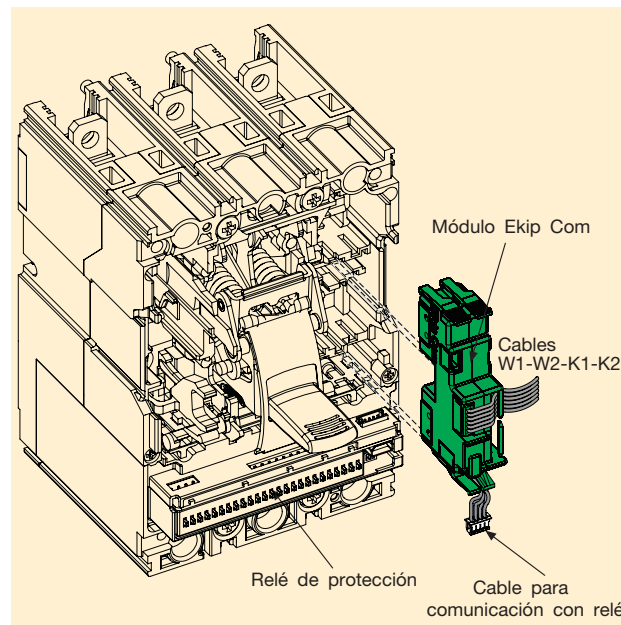
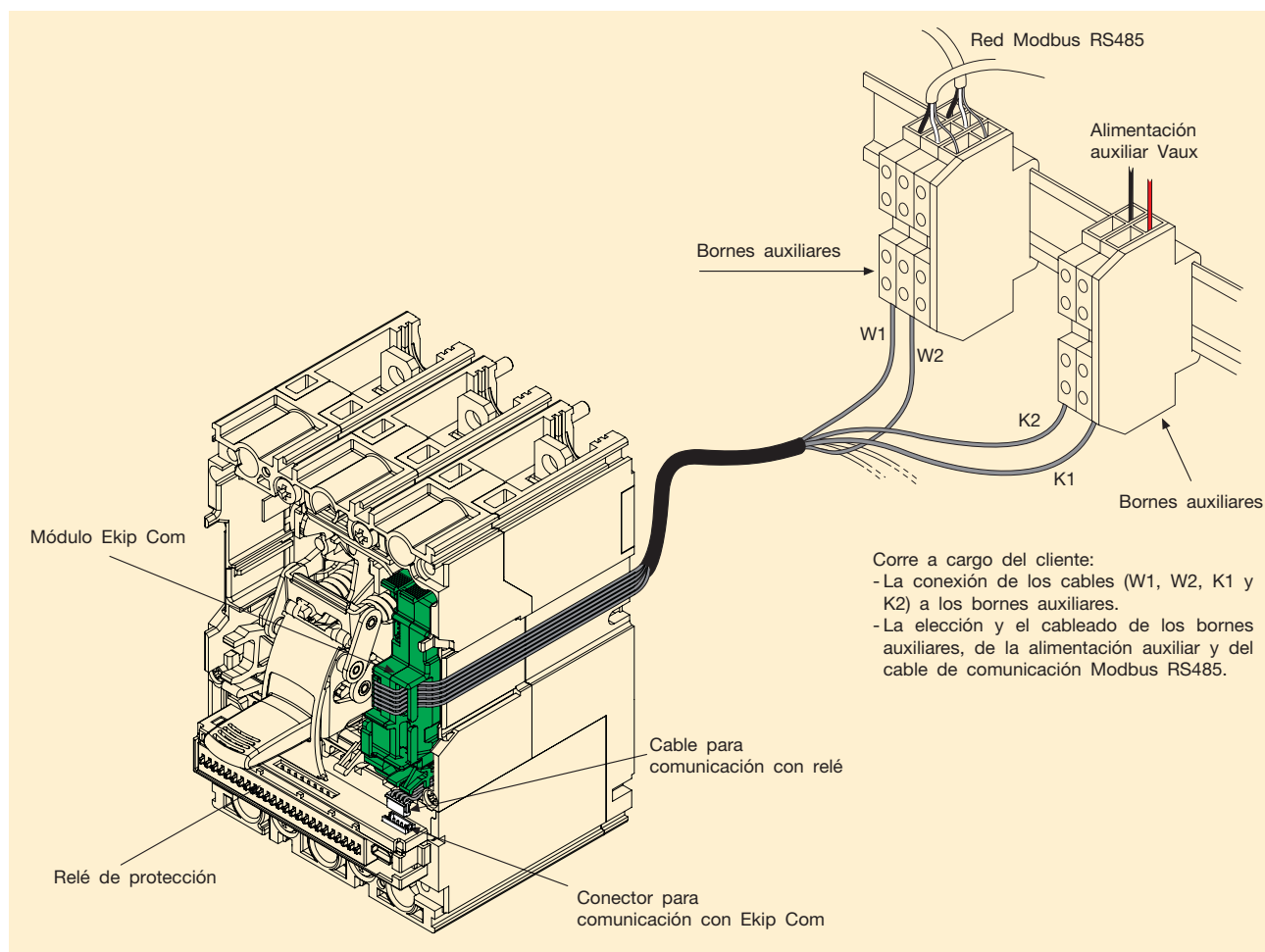
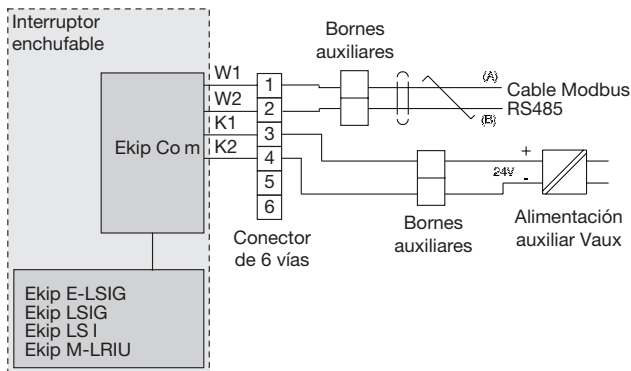


Figura C.12: Conexión a la red Modbus de los interruptores fijos Tmax XT2 y XT4.



Con los interruptores enchufables Tmax XT2-XT4, los relés de protección electrónicos Ekip, con funcionalidad de diálogo, se conectan a la red Modbus mediante el conector de 6 vías (XC5), de acuerdo con el esquema siguiente:

El acoplamiento entre el conector hembra (parte fija) del conector de 6 vías y su correspondiente conector macho (parte móvil) proporciona continuidad del cableado de conexión del relé de protección a la red Modbus.

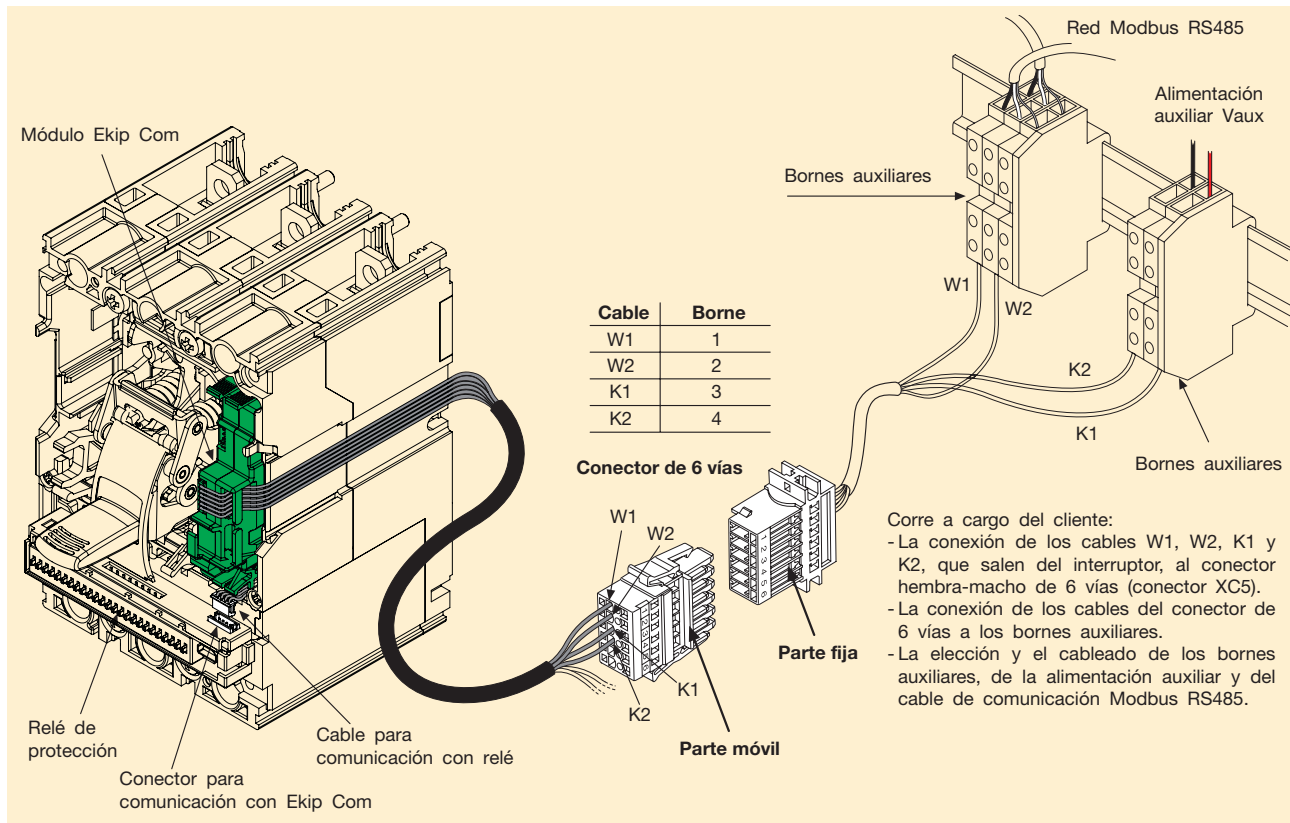


XC5: conector hembra-macho interno de 6 vías para circuitos auxiliares del interruptor enchufable.

Corre a cargo del cliente:

- La conexión de los cables (W1, W2, K1 y K2) al conector XC5.
- La elección y el cableado de los bornes auxiliares, del cable de comunicación Modbus RS485 y de la alimentación auxiliar.

Figura C.13: Conexión a la red Modbus de los interruptores desacoplables Tmax XT2 y XT4.



Apéndice D: Módulos de medida

Interruptores abiertos Emax E1-E6 con módulo de medida PR120/V e interruptor abierto X1 y en caja moldeada Tmax T7 con módulo de medida PR330/V

La función principal del módulo de medida es detectar y procesar las tensiones de fase.

Los datos medidos se envían al relé de protección, proporcionándole una serie de parámetros eléctricos (véase el Apéndice A) útiles para la monitorización realizada por el sistema de supervisión o, si fuese necesario, para permitir la implementación de una lógica de protección en la instalación.

Además, los módulos de medida PR120/V y PR330/V son capaces de suministrar al relé de protección una alimentación adicional (sin sustituir la alimentación auxiliar, que es necesaria en todo momento para la comunicación vía bus) a los relés de protección PR122/P y PR123/P para Emax E1-E6, a los relés de protección PR332/P y PR333/P para Emax X1, y a PR332/P para Tmax T7.

Figura D.1: Módulo de medida PR120/V



Figura D.2: Módulo de medida PR330/V



Interruptores en caja moldeada Tmax T4-T5-T6

- Características del módulo de medida VM210

El módulo VM210 es un transductor de tensión que se puede conectar directamente a la red eléctrica. Proporciona una señal de salida debidamente graduada y aislada para los relés de protección PR223EF y PR223DS de ABB.

Figura D.3: Módulo de medida VM210



Las señales de salida, asociadas a las tensiones de red, de los bornes 3, 4, 5 y 6 del VM210 llegan al relé de protección a través de los bornes 5, 6, 7 y 8 del conector X4, tal y como se representa en la Figura D.4.

Para poder funcionar, el VM210 debe estar alimentado mediante los bornes 1 y 2, con una tensión auxiliar de 24 V CC con las siguientes características:

Tensión de alimentación	24 V CC ± 20%
Ondulación máxima	5%
Potencia asignada a 24 V	3,5 W

Figura D.5: Conexión de la unidad VM210 al conector X4

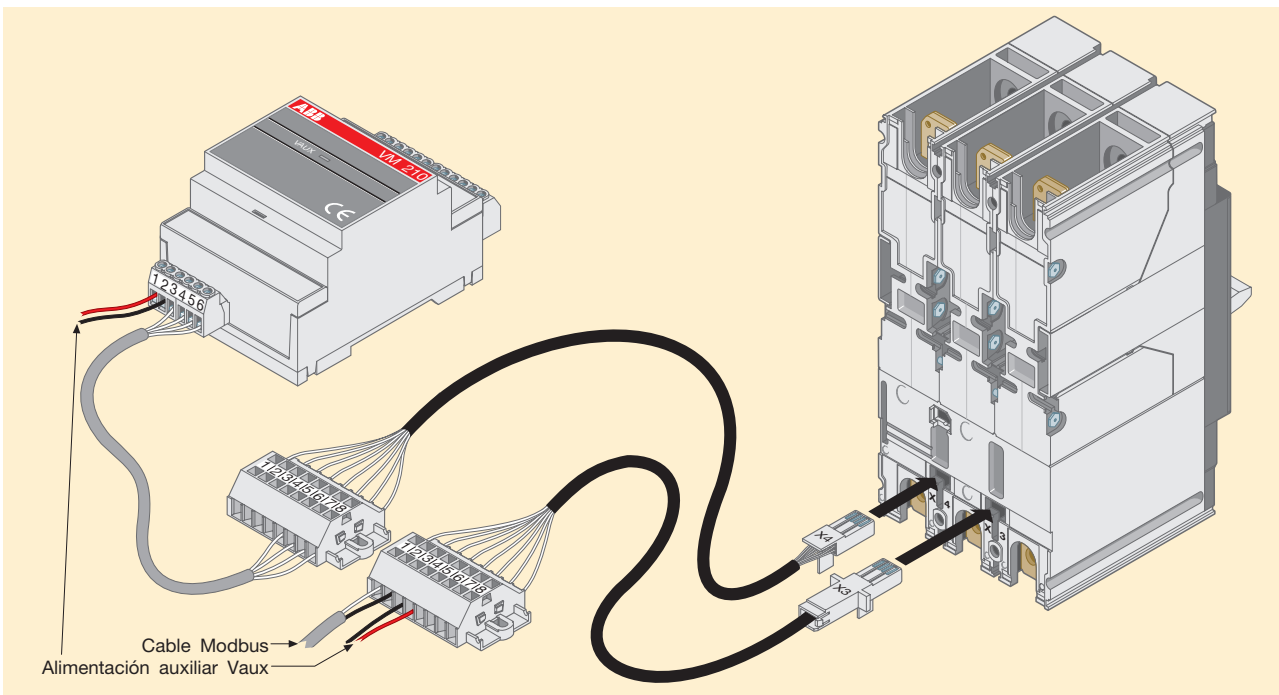


Figura D.4: Conexión del VM210 al relé PR223DS

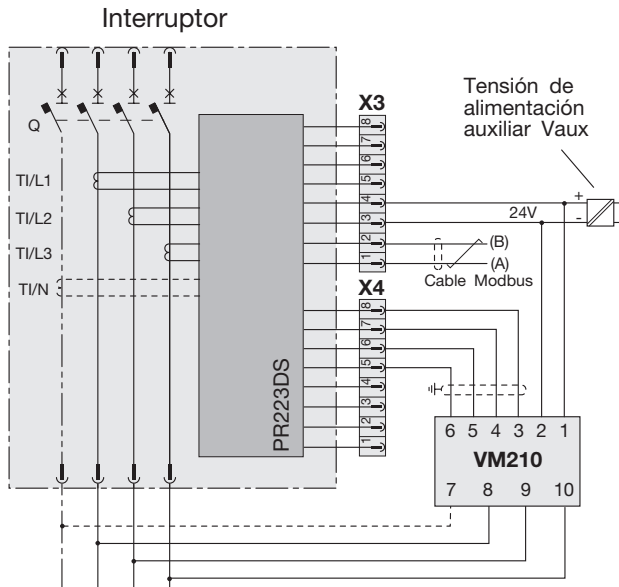


Tabla de conexiones del VM210

Entradas	Borne	Señal	Salidas	Borne	Señal
	1	Vaux +		3	COMM
	2	Vaux -		4	Vout1
	7	N		5	Vout2
	8	L1		6	Vout3
	9	L2			
	10	L3			

Conexiones entre VM210 e interruptor/relé:

- bornes 3÷6: longitud máxima del cable: 15 m (cable multipolar trenzado y apantallamiento a tierra en un lateral de la conexión), sección: 0,2÷2,5 mm² (22÷14 AWG)

- bornes 1-2 y 7÷10: longitud máxima del cable: 15 m, sección 0,2÷2,5 mm² (22÷14 AWG)

Número máximo de PR223DS/PR223EF que se pueden conectar a un único VM210: 5

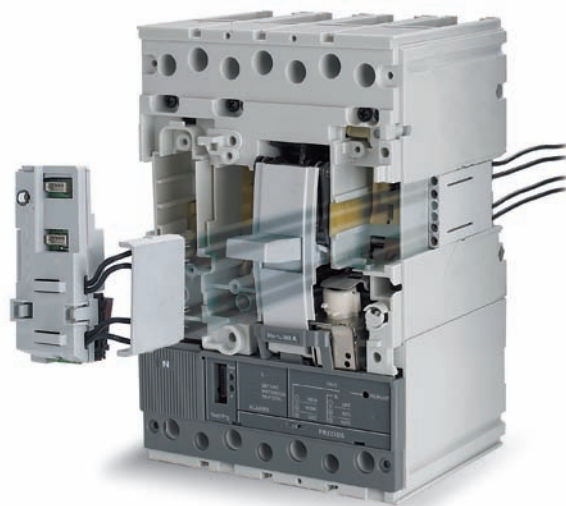
Apéndice E: Contactos auxiliares AUX-E y mando motor MOE-E para Tmax T4-T5-T6

Para los interruptores Tmax T4, T5 y T6 son necesarios algunos accesorios específicos:

- Contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E para la supervisión.
- Mando motor con interfaz electrónica MOE-E para la función de telecontrol.

SQ y SY (véase la Figura E.2). De esta forma se obtiene una redundancia de las señales de estado del interruptor.

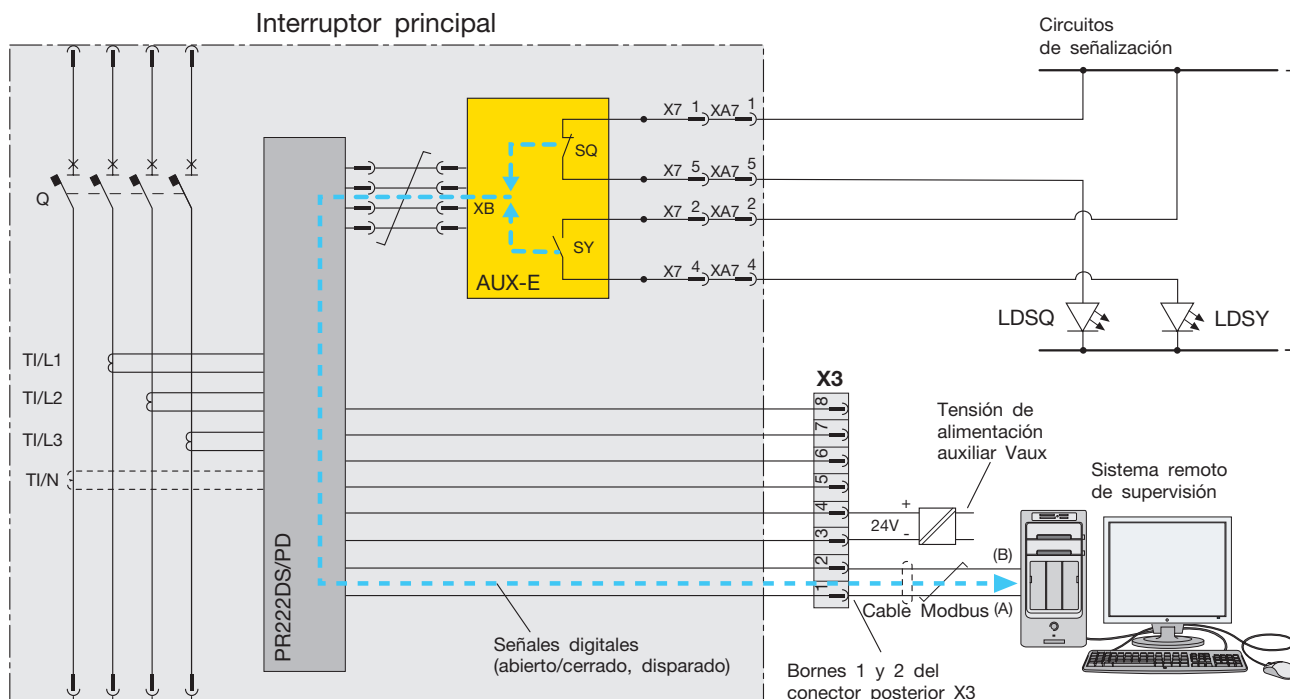
Figura E.1: Módulo de contactos auxiliares AUX-E instalados en un T5.



E.1 Contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E

A través de los contactos auxiliares AUX-E, los relés de protección electrónicos PR222DS/PD, PR223EF y PR223DS registran la información acerca del estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado) y la transmiten al sistema remoto de supervisión por medio de la red Modbus (véase la Figura E.2). Los AUX-E también proporcionan dicha información sobre el estado del interruptor a los circuitos de señalización de la instalación a través de los contactos

Figura E.2: Esquema eléctrico de los AUX-E conectados a un PR222DS/PD.



Nota:

SQ: contacto para la señalización eléctrica de interruptor abierto/cerrado.

SY: contacto para la señalización eléctrica de interruptor abierto en posición de disparo.

Características eléctricas de los contactos SQ y SY:

Tensión asignada: 24...350 V

Corriente asignada: 0...100 mA

Tensión máxima admisible: 400 V

Corriente máxima: 120 mA

Corriente máxima (durante 100 ms): 300 mA

E.2 Mando motor a acumulación de energía MOE-E

Los interruptores en caja moldeada de la familia Tmax T4, T5 y T6 pueden recibir comandos remotos de apertura y cierre siempre que se encuentre instalado el mando motor MOE-E equipado con los contactos auxiliares en versión electrónica AUX-E (suministrados de serie junto con el MOE-E).

El mando motor MOE-E está constituido, además de por el propio motor, por una unidad electrónica de actuación que convierte las señales digitales procedentes del sistema remoto de supervisión en las señales de

potencia equivalentes necesarias para las maniobras mecánicas de apertura y cierre del interruptor.

Estas señales digitales procedentes del sistema de supervisión son recibidas por el relé de protección y enviadas al mando motor, tal y como se indica en el esquema de la Figura E.3.

Los contactos auxiliares AUX-E informan al relé de protección del estado (abierto/cerrado, disparado) del interruptor y, en función de esta información, el relé de protección ejecuta o no los comandos de apertura, cierre o rearme que recibe del sistema de supervisión.

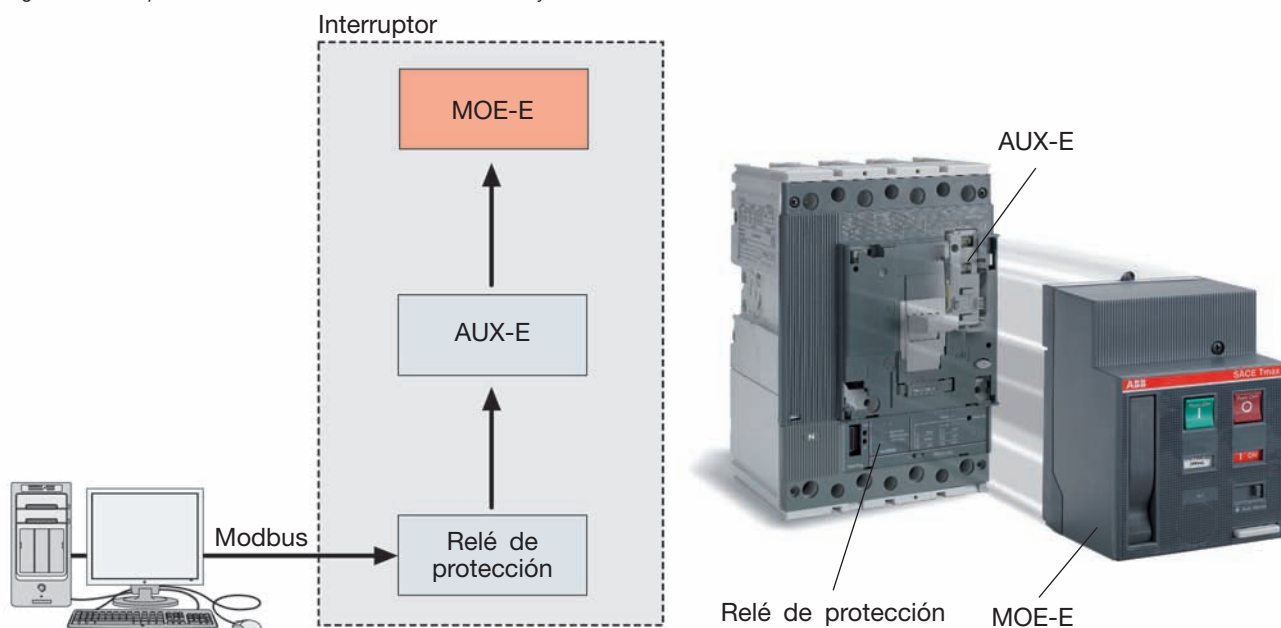
De este modo, el relé de protección permitirá sólo la ejecución de aquellos comandos que sean compatibles con el estado en el que se encuentre el interruptor (por ejemplo, no permitirá un comando de cierre si el interruptor se encuentra en estado “disparado”).

Características eléctricas del MOE-E:

Tensión asignada, Un	Tmax T4-T5		Tmax T6	
	CA	CC	CA	CC
-	-	24 [V]	-	24 [V]
-	-	48÷60 [V]	-	48÷60 [V]
110÷125 [V]	110÷125 [V]	110÷125 [V]	110÷125 [V]	110÷125 [V]
220÷250 [V]	220÷250 [V]	220÷250 [V]	220÷250 [V]	220÷250 [V]
380 [V]	-	-	380 [V]	-
Tensión de funcionamiento	Umin = 85%Un Umax = 110%Un		Umin = 85%Un Umax = 110%Un	
Potencia absorbida en el arranque Ps	CA ≤ 300 [VA]	CC ≤ 300 [W]	CA ≤ 400 [VA]	CC ≤ 400 [W]
Potencia absorbida durante servicio Pc	CA ≤ 150 [VA]	CC ≤ 150 [W]	CA ≤ 150 [VA]	CC ≤ 150 [W]
Frecuencia de funcionamiento	50÷60 [Hz]		50÷60 [Hz]	
Tiempos de maniobra	apertura ⁽¹⁾ : 1,5 [s] cierre: < 0,1 [s] rearme: 3 [s]		apertura ⁽¹⁾ : 3 [s] cierre: < 0,1 [s] rearme: 5 [s]	
Durabilidad mecánica	20000 maniobras		10000 maniobras	
Duración mínima del impulso de comando	≥ 150 [ms]		≥ 150 [ms]	

⁽¹⁾ Tiempo total que transcurre desde el envío del impulso a la apertura del interruptor

Figura E.3: Principio de funcionamiento de los módulos MOE-E y AUX-E



Apéndice F: Mando motor MOE-E para Tmax XT2-XT4

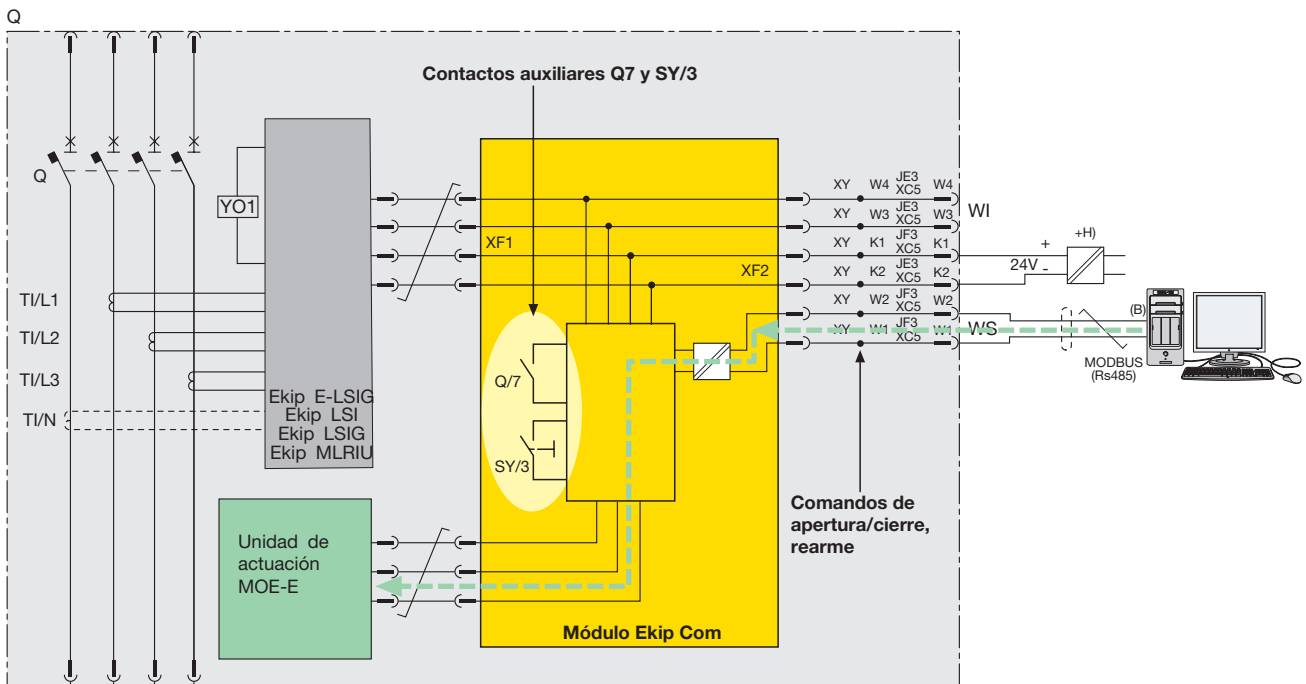


Los interruptores en caja moldeada Tmax XT2 y XT4 pueden controlarse mediante un sistema de supervisión remoto cuando está instalado un motor a acumulación de energía MOE-E.

El sistema remoto envía las señales digitales (los comandos de apertura y cierre) al módulo Ekip Com que, a su vez, las envía a la unidad electrónica de actuación del MOE-E. Esta unidad convierte las señales digitales en señales de potencia que sirven para accionar el mando motor (para abrir y cerrar el interruptor).

Los contactos auxiliares Q/7 y SY/3 informan al módulo Ekip Com del estado del interruptor (abierto/cerrado, disparado). De esta forma, el módulo Ekip Com sólo permitirá ejecutar los comandos procedentes del sistema remoto compatibles con el estado en el que se encuentra el interruptor (por ejemplo, no permitirá un comando de cierre si el interruptor se encuentra en estado “disparado”).

Figura F.1: Esquema MOE-E



YO1: bobina de apertura del relé de protección con microprocesador de máxima corriente.

Características eléctricas del MOE-E (para Tmax XT2 y XT4)

Tensión asignada U_n	CA	CC
	-	24 [V]
	-	48÷60 [V]
	110÷125 [V]	110÷125 [V]
	220÷250 [V]	220÷250 [V]
	380÷440 [V]	-
	480÷525 [V]	-
Tensión de funcionamiento	Umin = 85%Un	
	Umax = 110%Un	
Potencia absorbida en el arranque P_s	CA	CC
	≤ 300 [VA]	≤ 300 [W]
Potencia absorbida durante servicio P_c	CA	CC
	≤ 150 [VA]	≤ 150 [W]
Frecuencia de funcionamiento	50÷60 [Hz]	
Tiempos de maniobra	apertura ⁽¹⁾ < 1,5 [s]	
	cierre < 0,1 [s]	
	rearme < 3 [s]	
Durabilidad mecánica	25000 maniobras	
Duración mínima del comando eléctrico de apertura y cierre	≥ 150 [ms]	

⁽¹⁾ Tiempo total que transcurre desde el envío del impulso a la apertura del interruptor

Apéndice G: Bit de paridad

El bit de paridad es un bit adicional de control que va acoplado a cada dato transmitido para prevenir errores de comunicación.

Con el control de paridad en modalidad par, este bit tiene el valor:

- 1, si en el dato que se va a enviar hay un número impar de 1.
- 0, si en el dato que se va a enviar hay un número par de 1.

El objetivo es tener siempre una cantidad par de unos en el dato transmitido.

Siguiendo esta misma regla, el dispositivo receptor contará el número de bits instalados en 1 y, en el caso de encontrar un número impar, entenderá que ha habido algún problema y solicitará al dispositivo transmisor que vuelva a enviarle el dato.

Lo contrario ocurre con el control de paridad en modalidad impar. En este caso, el bit de paridad se instala en 0 o 1, con el fin de tener siempre una cantidad impar de unos en el dato transmitido.

Control de paridad en modalidad par		
Dato de transmisión	Bit de paridad	Dato transmitido
00111000	1	001110001

Control de paridad en modalidad impar		
Dato de transmisión	Bit de paridad	Dato transmitido
00111000	0	001110000

Para que dos dispositivos que se comunican puedan entenderse, deben estar configurados con la misma modalidad de control del bit de paridad.

Contacte con nosotros

Asea Brown Boveri, S.A.

Low Voltage Products

Torrent de l'Olla 220

08012 Barcelona - España

Tel. 93 484 21 21

Fax 93 484 21 90

www.abb.es/bajatension

Los datos y figuras no son vinculantes. ABB se reserva el derecho a modificar el contenido de este documento sin previo aviso en función de la evolución técnica de los productos.

Copyright 2012 ABB. Todos los derechos reservados.

1TXA007108G0701 001112