



# Pruebas funcionales de los sistemas de automatización de subestaciones basados en IEC 61850

## 1 Introducción

Las pruebas de los ajustes de los elementos de protección de los IED, así como las pruebas de los esquemas de protección, son prácticas muy consolidadas a la hora de probar un sistema de protección, automatización y control (PAC). Se dispone de herramientas y métodos para las rutinas de pruebas de protección estandarizadas y automatizadas. Pueden crearse planes de prueba para tipos y esquemas de relés específicos que se reutilizarán durante las distintas fases de un proyecto, tales como las pruebas de aceptación en fábrica (FAT), la puesta en servicio, las pruebas de aceptación en campo (SAT) y el mantenimiento.

Por el contrario, las pruebas del Sistema de automatización de subestación (SAS), que abarca muchas funcionalidades de automatización, control y SCADA, se realizan normalmente de forma manual. Por ejemplo, cuando se analiza el tiempo empleado en la puesta en servicio, las pruebas del sistema de automatización y comunicación requieren más tiempo que las pruebas de las funciones de protección. Los sistemas de automatización se han vuelto cada vez más complejos y se han visto enormemente aumentados los esfuerzos para probar las comunicaciones, la lógica de enclavamiento y el funcionamiento apropiado de todas las señales transmitidas a los sistemas SCADA.

En las subestaciones, todas las interfaces de conexión entre los IED y los equipos primarios deben comprobarse como

parte de las pruebas FAT y SAT. En el caso de las interfaces cableadas, por ejemplo, esto se suele realizar una a una en un proceso manual de validación de todas las interfaces de los diagramas funcionales y de cableado impresos. Para probar las funciones lógicas implementadas, tal como los enclavamientos por comandos, es necesario forzar muchas entradas físicas al mismo tiempo y verificar la lógica ejecutando la operación de control correspondiente. Para probar la señalización SCADA, se realiza una comprobación de extremo a extremo estimulando las señales directamente a nivel de equipo en la subestación o forzándolas en los terminales de entrada del IED. Normalmente se requiere documentación adicional, como una hoja de cálculo con la lista y el mapeo de las señales de la unidad de terminal remoto (RTU).

Este proceso, que se realiza preferentemente durante las FAT antes de la entrega e instalación en campo, requiere varias semanas en el caso de una subestación típica y la intervención de varios técnicos experimentados en control y SCADA. Las siguientes competencias técnicas, así como de hardware y software, estarán disponibles para las pruebas del sistema en fábrica:

- Idealmente, todo el SAS con todos los IED de la bahía, equipos de red, gateways, HMI, etc.,
- Un simulador de subestación conectado por cable a los IED (puede ser desde simples interruptores e indicadores LED hasta sofisticados simuladores

basados en PLC),

- Simulador del centro de control que soporte el protocolo SCADA utilizado (por ejemplo, IEC 60870-5-104, DNP3)
- Herramientas de pruebas de red y herramientas de mantenimiento específicas del IED
- Profundo conocimiento de los equipos utilizados, la norma IEC 61850 y las redes Ethernet en general
- Planes de prueba y documentación bien preparados (hoja de cálculo de señales, lógica de enclavamiento y otros procedimientos de prueba)

Por lo general, no todos los componentes del SAS están disponibles en fábrica, por ejemplo, en los casos en que los IED forman parte de los suministros de apartamiento y se envían directamente al emplazamiento de la subestación sin que se haya hecho antes una prueba adecuada del sistema. En tales casos, las pruebas tienen que realizarse exclusivamente en campo, con las correspondientes consecuencias en términos de esfuerzos y costes.

La experiencia práctica demuestra que cuanto mejor se pruebe el sistema en fábrica, menos problemas se producirán durante la instalación y las pruebas en campo, y más eficiente y fluido será el proyecto finalmente. Durante el procedimiento de pruebas se detectan y corrigen errores y fallos de los parámetros e incluso en el firmware de los equipos. Pero cada actualización del firmware y también cualquier cambio de los ajustes de los dispositivos requiere al menos una nueva prueba de la función en cuestión, e idealmente una nueva prueba de todo el sistema. Este proceso no es eficiente si se realizan pruebas manuales, por lo que es muy necesario un nuevo método de pruebas más automatizadas y eficientes del sistema. Disponemos actualmente de una solución así, basada en el concepto SCL que forma parte de la norma IEC 61850.

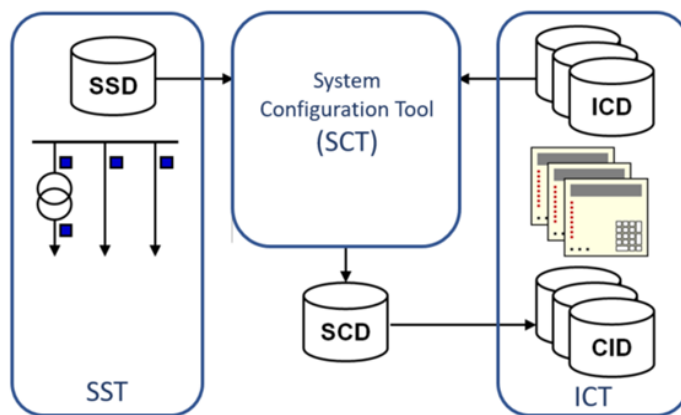
## 2 La norma IEC 61850 y el concepto SCL

La norma internacional IEC 61850 de redes y sistemas de comunicación para la automatización de compañías eléctricas define no sólo los protocolos de comunicación, sino también los modelos de datos de los equipos de las subestaciones. Además, la norma también especifica un concepto de configuración común, independiente del proveedor. En este proceso se utiliza información de configuración legible por máquina en un formato estandarizado basado en XML: el lenguaje de configuración del sistema (System Configuration Language, SCL).

### 2.1 El proceso de ingeniería de SCL

El concepto SCL se define en IEC 61850-6. Su objetivo principal es permitir el intercambio de datos de

Figura 1



Concepto SCL

configuración de forma compatible entre diferentes herramientas de configuración y pruebas.

La Figura 1 muestra el concepto general del proceso de ingeniería de un sistema de automatización de subestaciones con el uso del intercambio de datos SCL. Se especifican los siguientes tipos de archivos SCL, con diferentes extensiones, para el intercambio de información:

- **SSD (descripción de especificaciones del sistema):** describe el diagrama unifilar de la subestación, los niveles de tensión, el equipo primario y los nodos lógicos (LN) necesarios para implementar las funciones de automatización de la subestación. El archivo SSD es generado por una herramienta de especificación del sistema (SST).
- **ICD (descripción de capacidades de IED):** describe las capacidades funcionales de un tipo de IED. Cada tipo de IED tiene su archivo ICD correspondiente. Contiene los nodos lógicos, los datos y los servicios admitidos del IED. Lo genera la herramienta de configuración de IED (IED Configuration Tool, ICT) específica del proveedor.
- **SCD (descripción de configuración del sistema):** contiene todos los IED configurados, la configuración de comunicaciones y todos los aspectos de IEC 61850 de un sistema determinado. Es creado por la herramienta de configuración del sistema (SCT).
- **CID (Descripción del IED configurado):** contiene un subconjunto del archivo SCD con toda la información relacionada con un IED específico. Las extensiones privadas están permitidas.

En principio, hay tres tipos de herramientas de ingeniería en este proceso: Herramienta de especificación del sistema (SST), Herramienta de configuración del sistema (SCT) y Herramienta de configuración de IED (ICT). Prácticamente, una herramienta „todo en uno“ y sin SSD se utiliza a menudo en el caso de los sistemas de un solo proveedor. En las instalaciones de varios proveedores con ICT propias

del proveedor, normalmente se utiliza una SCT específica. Hoy en día, cada vez más usuarios comprenden la necesidad de la normalización y utilizan una SST para el proceso de especificación.

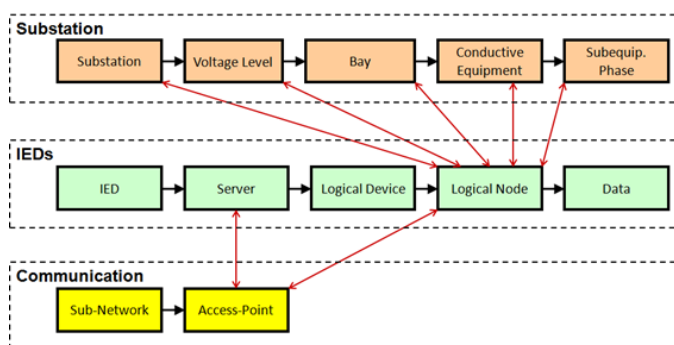
La SCT permite a los ingenieros diseñar y configurar el flujo de datos de comunicación IEC 61850 para todo el sistema. Los archivos ICD de todos los IED y el archivo SSD pueden importarse en la SCT. La herramienta debe permitir la configuración de las características IEC 61850 de los IED, la configuración de los enlaces de comunicación horizontales (GOOSE y Sampled Values) y la configuración de los enlaces de comunicación verticales (informes cliente/servidor). Utilizando los datos del archivo SSD o mediante la entrada directa, el ingeniero puede asociar las funciones de los IED (Nodos Lógicos) a los equipos y funciones de una línea. Al final del proceso, la SCT genera el archivo SCD, que documenta el sistema completo.

## 2.2 Contenido SCL

El lenguaje SCL en todo su alcance permite describir un modelo de la subestación que consta de tres partes básicas:

- Subestación: describe el diagrama unifilar de la subestación, el equipo primario y las funciones; el equipo de la subestación, tal como un interruptor de potencia, está „conectado“ a los nodos lógicos virtuales contenidos en el IED;
- IED: describe todos los dispositivos físicos (IED) utilizados en el sistema de automatización de la subestación. En esta parte se describe el modelo de datos implementado en el equipo, incluyendo sus dispositivos lógicos (LD) y nodos lógicos (LN). Los IED se conectan al sistema de comunicación a través de sus puntos de acceso;
- Comunicación: describe las posibles conexiones lógicas entre los equipos en subredes mediante puntos de acceso (puertos de comunicación).

Figura 2



Contenido SCL

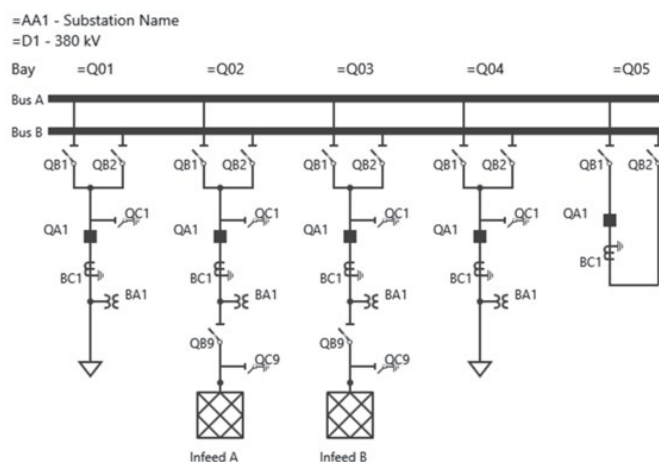
El contenido de un archivo SCD completo se compone de estas tres partes más una sección con plantillas de tipo de

datos que describen los datos y atributos que utilizan los IED.

## 2.3 Estructura de la subestación y denominación funcional

La estructura de la subestación representa la arquitectura del sistema primario y describe qué funciones del equipo primario se utilizan y cómo se conectan los equipos. Los objetos de esta sección se estructuran jerárquicamente y se designan según la norma IEC 81346. La Figura 3 muestra un ejemplo de diagrama unifilar de una subestación siguiendo las convenciones de nomenclatura de la IEC 81346 para la estructura de la subestación y equipos tales como interruptores de desconexión y de potencia.

Figura 3



Ejemplo de topología de subestación

El principal objetivo de esta sección es derivar una clara designación funcional de los nodos lógicos abstractos, que se implementan en los IED al equipo primario de la subestación. De lo contrario, podría ser difícil para el operador de pruebas del sistema averiguar qué instancia específica de LN en el IED está „conectada“ a qué elemento primario de la subestación.

## 2.4 Contenido y uso de los archivos SCD

Como se ha explicado anteriormente, el archivo SCD es el archivo definitivo resultante del proceso de diseño de un sistema IEC 61850 completo. El archivo SCD no sólo se utiliza por herramientas de ingeniería y para fines de documentación, sino también por herramientas de prueba. Las herramientas de prueba pueden facilitar pruebas más eficientes, aprovechando la información del archivo SCD sobre la subestación en prueba.

Sin embargo, aunque la norma define un concepto claro para el proceso de ingeniería, no define un requisito de contenido mínimo para el archivo SCD. La información de topología en la sección de la subestación, por ejemplo, es opcional. La información de la sección referente a IED depende de las capacidades de los productos IED específicos utilizados en el proyecto. Por lo tanto, se

recomienda encarecidamente a los propietarios de los activos que incluyan los requisitos mínimos del archivo SCD en las especificaciones SAS utilizadas para las licitaciones de proyectos y contratos de servicios, por ejemplo:

- La sección de la subestación contendrá todos los niveles de tensión, bahías e IP/seccionadores con sus referencias de LN (XCBR/XSWI, CSWI y CILO)
- Los objetos de datos incluirán atributos de descripción „desc“ con texto de señal según lo definido por el propietario,
- Las suscripciones GOOSE usarán elementos <IEDName> en el elemento <GSEControl>, y elementos <Inputs><ExtRef type=“GOOSE“>
- Las RTU/gateways o HMI estarán definidas, tendrán los Report Control Blocks reservados en el IED y se declararán mediante <ClientLN> en el elemento <ReportControl>.
- Todos los DataSets de datos utilizados en los informes serán de tipo estático (ya que los DataSets dinámicos no están documentados en el SCD)

Cuanto mejor sea la calidad y más completo el contenido del archivo SCD de la subestación, mayor será la eficiencia de las pruebas del sistema. Un archivo SCD que cumpla con las normas también es altamente compatible con las extensiones posteriores de la estación, tal como se describe más adelante.

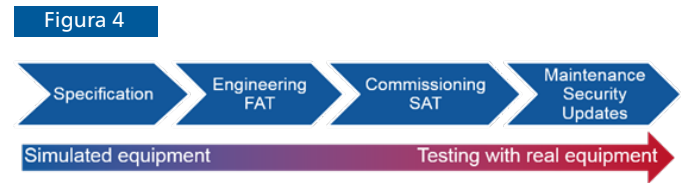
### 3 Nueva metodología de pruebas de SAS basada en archivos SCD

#### 3.1 Metodología de la prueba

Como ya se ha mencionado, las pruebas de la funcionalidad de automatización y control se realizan normalmente de forma manual. Desde hace muchos años, existen herramientas que ofrecen capacidades de prueba por cada IED, permitiendo la prueba manual y la simulación de IED individuales.

El método presentado aquí extiende la prueba desde la prueba y simulación de un solo IED hasta la prueba de todo el sistema de automatización de la subestación. La prueba se basa enteramente en el archivo de configuración SCD. Al importar el archivo SCD, se puede visualizar todo el sistema y se utiliza toda la información disponible en el SCD. La información de la sección de la subestación se utiliza para situar los IED y la aparamenta dentro de sus niveles de tensión y bahías. Como se puede ver en la Figura 5, el operador de pruebas puede ver el sistema de una manera muy similar al diagrama unifilar o a la interfaz hombre-máquina de la subestación local con la que ya está familiarizado.

El método propuesto es adecuado para probar el SAS durante todo el ciclo de vida del proyecto, cuyas fases se describen en la norma IEC 61850 4 y se ilustran en la Figura 4. La herramienta que utiliza este método debe admitir tanto el monitoreo como la simulación del sistema. Al probar, el equipo de prueba debe tener acceso al tráfico de red GOOSE y una conexión MMS a los IED.



Ciclo de vida del SAS

Durante la fase de especificación, el archivo SCD, las señales y los servicios de comunicación pueden validarse sin necesidad de ningún dispositivo físico. Más tarde, las pruebas de los gateways, SCADA y HMI pueden realizarse simulando el comportamiento de comunicación y las señales de todos los IED, de nuevo sin ningún IED real. Durante la FAT, los IED que aún no están presentes pueden simularse para probar los que ya están disponibles. A medida que el proyecto entra en la fase de puesta en servicio, se realiza una mayor supervisión y pruebas de los IED reales en lugar de una simulación.

Uno de los factores clave para un planteamiento eficiente es la opción de crear planes de prueba. Un procedimiento de prueba puede documentarse y reutilizarse a lo largo de todo el ciclo de vida del SAS. Las secuencias de prueba se pueden realizar y evaluar automáticamente.

#### 3.2 Pruebas funcionales de SAS con StationScout

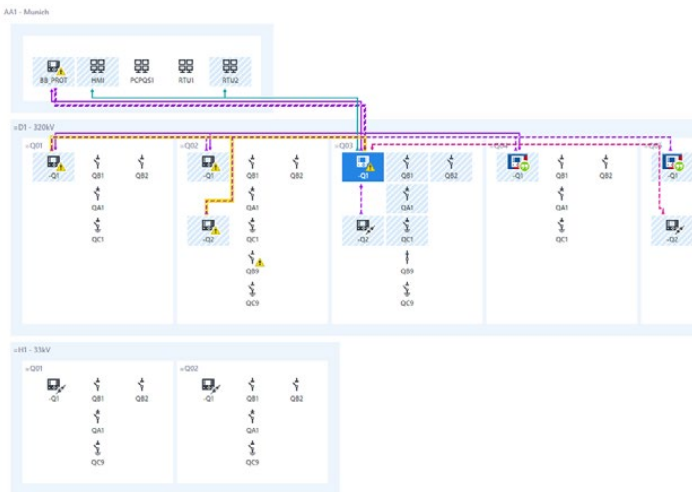
StationScout es la innovadora solución de pruebas para las subestaciones IEC 61850, que proporciona las funciones de prueba requeridas, tal como se ha descrito anteriormente. StationScout simplifica las pruebas de los SAS y reduce significativamente el esfuerzo de prueba requerido. Dispone de un hardware robusto y potente que permite a los usuarios simular múltiples IED con un aislamiento ciberseguro ante las redes SAS. Este software fácil de usar ayuda a visualizar archivos SCL o rastrear señales en la subestación sin ningún esfuerzo de configuración.

Algunos casos de uso práctico de StationScout relacionados con la resolución de problemas y las pruebas de SAS se tratan en las siguientes secciones.

#### 3.3 Verificación de los enlaces de comunicación

Al cargar el archivo SCD y tener acceso al tráfico de red y a la conexión MMS con los IED, StationScout puede validar automáticamente todos los enlaces de comunicación GOOSE, Sampled Values y Report. El equipo de prueba

Figura 5



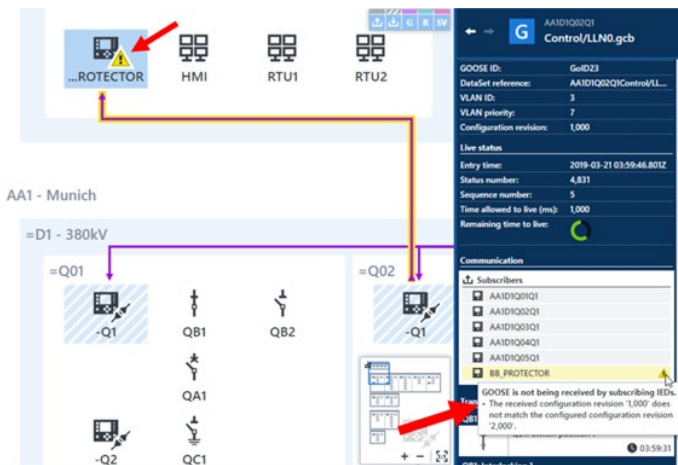
Ejemplo de SCL cargado en StationScout

puede sondear los atributos de los IED y validarlos con el modelo. El usuario puede comprobar, por ejemplo, si los Report Control Blocks están activados en ese momento y si los propietarios de los informes son los clientes declarados en el archivo SCD. Los enlaces de comunicación GOOSE se verificarán automáticamente respecto a:

- Discordancia de GOOSE en el lado del remitente: verificando la configuración del bloque de control;
- Errores de publicación de GOOSE: buscando en la red y cotejando con el SCD;
- Errores de suscripción GOOSE: verificando el estado del LGOS en cada IED suscrito. También se comprueban las discordancias.

La Figura 6 ilustra un ejemplo en el que el GOOSE publicado por un IED se verifica en la red, pero StationScout identifica un problema en uno de los suscriptores debido a un desajuste en la revisión de la configuración. El enlace de conexión se resalta en amarillo y se muestran señales de advertencia para indicar el problema.

Figura 6



Verificación de los enlaces editor suscriptor de GOOSE

### 3.4 Comprobación de las lógicas de enclavamiento

Se implementa lógica por PLC en la mayoría de los IED para atender las funciones de control y automatización. Pueden probarse automáticamente mediante la simulación de las entradas de la lógica (ya sea mediante la simulación del IED o del estado real de la apartament) y la evaluación de los resultados de los cálculos de lógica con StationScout. Un ejemplo de aplicación es el uso de lógicas para esquemas de enclavamiento para asegurar la operación apropiada de los interruptores de desconexión y de puesta a tierra. Para representar el resultado de las condiciones lógicas de enclavamiento, la norma IEC 61850 define el estado de la liberación en el nodo lógico CILO. Para las pruebas, puede probarse un subconjunto, o idealmente, todas las combinaciones posibles de entradas, y evaluarse la salida lógica mediante la lectura automática de los valores de estado CILO.

Figura 7

Signal	Logics	IEC Reference / Step in Testcase	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8B11 No Voltage		11Q08R3CTRL/ANGAP23.Ins.stval	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
Q02-QB1 OPEN		11Q08R3CTRL/DCKSW11.Pos.stval	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN
Q09-QB11 OPEN		11Q08R3CTRL/DCKSW11.Pos.stval	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSE	CLOSE	OPEN
Q08-QB1 OPEN		11Q08R3CTRL/DCKSW11.Pos.stval	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSE	CLOSE	OPEN
Q10-QB1 OPEN		11Q08R3CTRL/DCKSW11.Pos.stval	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSE	CLOSE	OPEN
Q09-QB11 OPEN		11Q08R3CTRL/DCKSW11.Pos.stval	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSE	CLOSE	OPEN
Q06-QB1 OPEN		11Q08R3CTRL/DCKSW11.Pos.stval	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSE	CLOSE	OPEN
Q07-QB1 OPEN		11Q08R3CTRL/DCKSW11.Pos.stval	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	OPEN	CLOSE	CLOSE	OPEN
		11Q08R3CTRL/ESCIL03.EnaChk.stval	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE

Prueba de esquemas de enclavamiento: Lógicas de enclavamiento y definición de los pasos de la prueba en hoja de cálculo

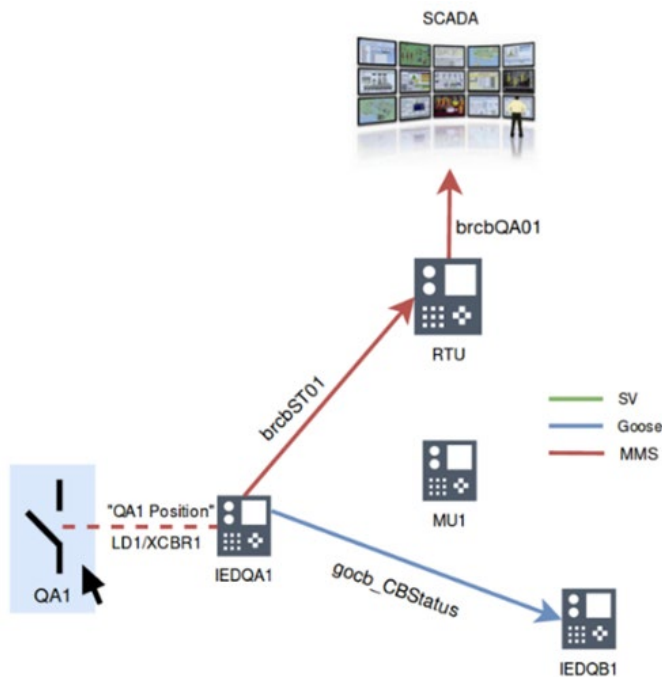
Figura 8

Resultados de la prueba de enclavamiento después de la ejecución con StationScout

### 3.5 Resolución de problemas mediante el rastreo de señales

Dentro de un sistema SAS, se producen múltiples transferencias de mensajes y señales. Una señal pasa por varios pasos hasta llegar al centro de control. Si hay un error en esta comunicación, el ingeniero de puesta en servicio debe seguir la señal en su camino por el SAS. Encontrar tales errores de señal puede llevar mucho tiempo, pero usando StationScout es posible seguir la propagación de las señales a través del SAS.

Figura 9



Posición del interruptor de potencia transmitida por el SAS

### 3.6 Prueba de la RTU/gateway y configuración local de la HMI

Los gateways, RTU y HMI locales suelen comunicarse con casi todos los IED del sistema, principalmente mediante Reports, pero también con GOOSE. Típicamente, tienen que probarse varios miles de señales por subestación. Durante la puesta en servicio, al menos las señales más críticas se prueban punto a punto estimulando la señal en la subestación. Todas las demás señales pueden simularse con StationScout. Se puede desarrollar un plan de pruebas con StationScout que simula todos los IED y las señales de la subestación para una rápida verificación si la RTU y los gateways están correctamente configurados.

Los gateways/RTU, HMI y otros IED en general están a menudo expuestos a actualizaciones de firmware y parches de seguridad durante su vida útil. Esos dispositivos pueden volver a probarse fácilmente después de la actualización (control sanitario) ejecutando el plan de pruebas ya preparado para ese dispositivo antes de volver a ponerlo en funcionamiento. Esas pruebas pueden realizarse en la subestación con todos los demás IED simulados por el StationScout sin afectar a los dispositivos en funcionamiento.

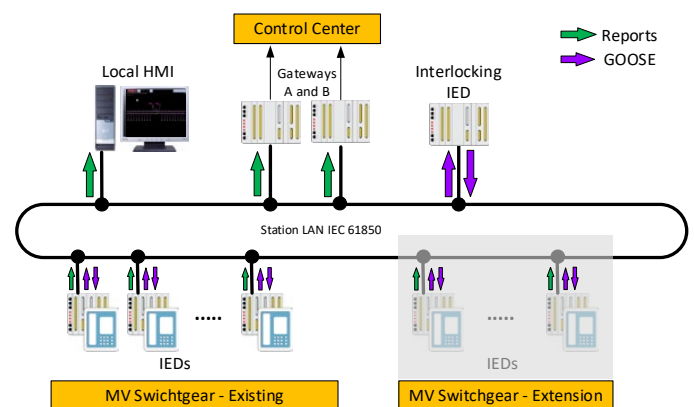
## 4 Caso práctico de uso: Ampliación de una subestación existente

Para una importante subestación interior de 20 kV con unos 55 IED, 3 barras y dos secciones de bus en un gran complejo industrial, el propietario decidió ampliar la subestación existente con varias bahías adicionales. La subestación se puso en servicio hace unos 10 años con un moderno sistema PAC basado en IEC 61850. Debido a las

limitaciones operacionales, la ampliación debe realizarse sin desenergizar y con la subestación en funcionamiento.

Los enclavamientos por comandos han sido implementados mediante funciones PLC en los IED y se utiliza GOOSE para el intercambio de las señales correspondientes entre los IED. Los enclavamientos relacionados con la bahía se implementan en el dispositivo correspondiente de la bahía. Además, un IED específico de enclavamiento de estación calcula los enclavamientos de toda la estación (Figura 10). Para ello, los dispositivos de la bahía envían sus posiciones de conmutación y otra información mediante GOOSE al IED de enclavamiento, que calcula la información topológica como „barra 1 conectada a tierra” y vuelve a enviar esta información mediante GOOSE a los dispositivos de la bahía, donde se calculan las emisiones de comandos finales. Ventaja: si el dispositivo central falla, los enclavamientos relacionados con la bahía siguen estando disponibles. Y lo más importante: ¡Los IED existentes en la bahía no se ven afectados en caso de ampliaciones de la subestación!

Figure 10



Principle system diagram of the SAS

Esta forma de implementación permite la posterior ampliación sin necesidad de volver a probar las bahías existentes, y cuando se utilizan herramientas de prueba modernas como StationScout, también durante el funcionamiento.

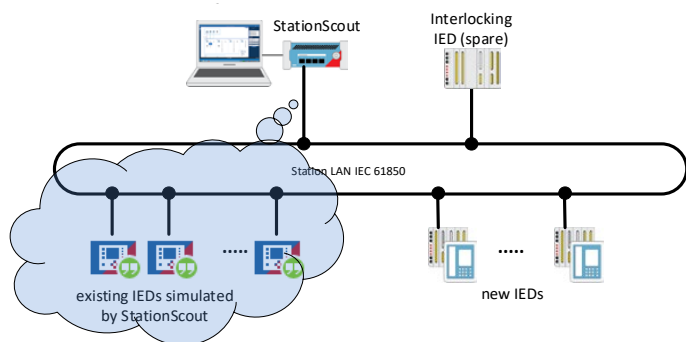
### 4.1 Pruebas de fábrica de los nuevos IED

Como la mayoría de los IED ya estaban en funcionamiento, los IED de las nuevas bahías no pudieron probarse en fábrica junto con los IED existentes y los dispositivos a nivel de estación. Por lo tanto, el propietario decidió realizar la prueba de los nuevos IED con un IED de enclavamiento de repuesto y simular el resto de la subestación con StationScout (Figura 11).

En un principio, el ingeniero importó el archivo SCD existente en una nueva base de datos del proyecto, añadió los nuevos IED, actualizó el IED central de enclavamiento, la HMI y los gateways para incorporar las nuevas bahías

y finalmente creó un nuevo archivo SCD de toda la subestación (existente + ampliación). Los IED de control y protección de bahía existentes no se vieron afectados y no habrá cambio en sus parámetros de ajuste.

Figura 11



Configuración de prueba de los nuevos IED en fábrica

Para la operación de apertura/cierre de cada seccionador en las nuevas bahías, se definieron casos de prueba con >50 pasos de prueba como una tabla de permutación en una hoja de cálculo (Figura 7) y se implementaron en StationScout. Los casos de prueba se crean una sola vez en el caso de una bahía típica y se copian fácilmente en los demás casos.

Finalmente, esos pasos de prueba se ejecutaron mediante la simulación de los IED existentes y la evaluación de los objetos de datos relevantes de CILO en los nuevos IED (Figura 11). De esta manera, se verificó la correcta implementación del esquema de enclavamiento en el IED central de enclavamiento, así como en los nuevos IED de la bahía.

## 4.2 Prueba de los gateways actualizados

Una segunda parte del proyecto de ampliación implica la actualización de los gateways existentes con el último hardware y firmware por razones de ciberseguridad. Considerando la extensa evolución del hardware y el firmware durante los últimos 10 años, se recomienda encarecidamente una nueva prueba completa de alrededor de 2.000 señales de los IED al Centro de Control después de la actualización.

Como la estación está equipada con gateways redundantes, uno de los dos gateways puede desconectarse de la red LAN de la estación sin perturbar el control remoto desde el centro de control. Cada gateway se actualizará y se realizará una prueba completa de la señal simulando todos los informes y señales SCADA con StationScout, verificando la función correcta de la puerta de enlace hasta el centro de control.

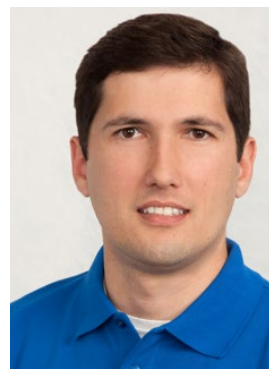
## 5 Conclusión

Se ha presentado una metodología de pruebas innovadora para probar la parte de comunicación, automatización, control y SCADA del sistema SAS, basándose en la información del archivo SCD. Ahora se pueden crear planes de prueba para automatizar la prueba y documentar los procedimientos que hasta ahora exigían mucho tiempo. Los planes de prueba automatizados también permiten una rápida repetición de la prueba después de aplicar los parches de seguridad y las actualizaciones de firmware, que hoy en día se realizan con bastante frecuencia. Las pruebas se están convirtiendo en una parte integral del sistema y evolucionan rápidamente hacia una función de supervisión y monitoreo.

## Los autores



**Christian Brauner**, OMICRON electronics GmbH, Austria  
Christian.Brauner@omicronenergy.com



**Eugenio Carvalheira**, OMICRON electronics Corp., USA  
Eugenio.Carvalheira@omicronenergy.com

OMICRON es una compañía internacional que presta servicio a la industria de la energía eléctrica con innovadoras soluciones de prueba y diagnóstico. La aplicación de los productos de OMICRON brinda a los usuarios el más alto nivel de confianza en la evaluación de las condiciones de los equipos primarios y secundarios de sus sistemas. Los servicios ofrecidos en el área de asesoramiento, puesta en servicio, prueba, diagnóstico y formación hacen que la nuestra sea una gama de productos completa.

Nuestros clientes de más de 160 países confían en la capacidad de la compañía para brindar tecnología de punta de excelente calidad. Los Service Centers en todos los continentes proporcionan una amplia base de conocimientos y un extraordinario servicio al cliente. Todo esto, unido a nuestra sólida red de distribuidores y representantes, es lo que ha hecho de nuestra empresa un líder del mercado en la industria eléctrica.

Para obtener más información,  
documentación adicional e información de  
contacto detallada de nuestras oficinas en  
todo el mundo visite nuestro sitio web.

[www.omicronenergy.com](http://www.omicronenergy.com)