

## **Capítulo 4 Consideraciones sobre el Protocolo IEC-61850**

En el Capítulo 2 se menciona, que el Protocolo IEC-61850, es un protocolo estandarizado para la automatización de subestaciones, permitiendo la modernización tanto en el equipo como en la forma de operar de las subestaciones.

El IEC-61850 tiene como objetivo facilitar a las empresas la instalación e integración de los sistemas de control y protección en uno solo, o de varios proveedores en las subestaciones, así como integrar las comunicaciones existentes.

La arquitectura del IEC-61850 es un paso importante hacia delante comparado con los enfoques de integración previos basados en estándares. Desde que se hizo estándar internacional (2005) ha ido ganando la aceptación de las empresas eléctricas hasta los consumidores industriales de electricidad.

Y el éxito de dicho protocolo se debe a las grandes ventajas que brinda como la integración de sistemas y la ingeniería. A continuación se hará mención de las principales ventajas que ofrece dicho protocolo así como sus desventajas y la forma en que las soluciona.

### **4.1 Características básicas del IEC-61850**

La continua integración funcional de las funciones de protección, control y monitoreo junto con la creciente presión para reducir costos en los proyectos de subestaciones ha conducido a una nueva generación de herramientas de ingeniería.

El IEC 61850 estandariza tres elementos pertenecientes a la Ingeniería en Comunicaciones:

- ⇒ Nombre y movimientos de datos operacionales
  - Monitoreo, comandos por control, interfase de operador (cliente / servidor, host / DEI).
- ⇒ Nombre y movimientos de datos en tiempo real
  - Protección, interbloqueos, automatización, valores de muestras (peer to peer, DEI / DEI, bus de campo).
- ⇒ Nombres y movimientos de información de configuración de ajustes de comunicaciones (atributos del SCL).

En seguida se hará mención de los tres mecanismos de configuración automática con los que cuenta el IEC-61850. La primera de estas dos posibilidades de configuración automática es la Auto-descripción.

#### 4.1.1 ¿Qué es la Auto-descripción?

Es la posibilidad de los servidores del IEC 61850 (DEI's) de decirle a los clientes (Maestras o concentradoras de datos) la lista y el formato de los datos que tienen disponible para reportar. Esta característica hace posible que la comunicación de los relevadores y los DEI's con la LAN sea más rápida, en comparación con el proceso manual de definir, el entrar a una lista de puntos como se hace con los protocolos de control de las subestaciones.

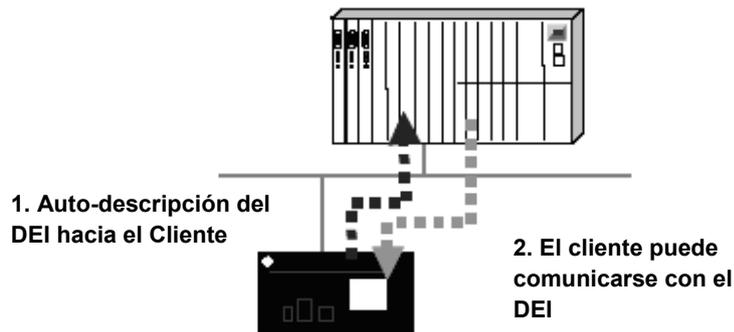


Figura 4.1.1 Usando la Auto-descripción

En la figura 4.1.1 se ilustra el proceso de la Auto-descripción. Los dispositivos cliente y servidor están conectados a una LAN. El servidor es previamente configurado hasta el punto que sea necesario. La empresa suministra el dispositivo cliente con la(s) dirección(es) del dispositivo servidor y el cliente solicita la información sobre la auto-descripción del servidor (1). El cliente usa entonces la información de auto-descripción para definir el mapeo entre los datos que ofrece el IED y la base de datos del cliente y los dos dispositivos se pueden comunicar (2).

La Auto-descripción se puede llevar a cabo en cualquier momento, pero generalmente se lleva a cabo durante el arranque de los dispositivos.

La Auto-descripción tiene mucho en común con el concepto de “Plug and Play” de las PC's, los cuales pueden detectar de forma automática que periféricos están conectados y que características soportan.

Aunque esta es una herramienta poderosa en el momento de utilizarla para la configuración automática de clientes en el IEC-61850 surgen algunas desventajas.

- ⇒ **El DEI debe estar conectado.** Debido a que la auto-descripción se lleva a cabo en tiempo de corrida, el cliente y el servidor deben estar físicamente conectados antes de que se presente la auto-descripción. Esto ocasiona conflictos a la hora de llevar a cabo pruebas de instalación en sitio o de aceptación en fábrica, cuando el equipo llega generalmente en diferentes tiempos.
- ⇒ **El usuario raramente desea todos los datos.** A pesar de que existen dispositivos que pueden auto-rellenar sus bases de datos automáticamente, hay que determinar que información será utilizada por el cliente, por lo cual se deben seleccionar los datos para su despliegue o reporte vía otro protocolo.
- ⇒ **Cambios en las bases de datos.** Los dispositivos en la industria de potencia se encuentran en una etapa en la cual las bases de datos no pueden actualizarse de forma inmediata. Por lo cual el proceso de auto-descripción, al llevarse a cabo en un tiempo de corrida, hace complicado o se evita en tanto las bases de datos tengan esta limitación.
- ⇒ **Puede tomar un poco de tiempo.** La auto-descripción puede llevarse varios minutos para servidores grandes y podría, si se realiza cada vez, atrasar el arranque.

Para resolver la mayoría de estas desventajas el IEC-61850 cuenta con una tecnología complementaria: el SCL (Substation Configuration description Language).

#### 4.1.2 ¿Qué es el SCL?

El Lenguaje de Comunicación de Subestaciones es un formato de archivos estandarizados para intercambiar información entre las herramientas de configuración específicas de los fabricantes (llamadas algunas veces “herramientas de ingeniería”).

El formato archivo se define usando el Lenguaje con Margen Ampliable (Extensible Markup Language), tal formato predefinido se define como “esquema” XML. Estos archivos XML contienen las relaciones de comunicación entre los diversos DEI’s.

El SCL es una parte integral del IEC-61850. Cada fabricante de DEI’s debe suministrar un archivo SCL apropiadamente formateado como un requerimiento para cumplir con la especificación del IEC-61850. Un archivo SCL puede describir un solo DEI o una estación completa.

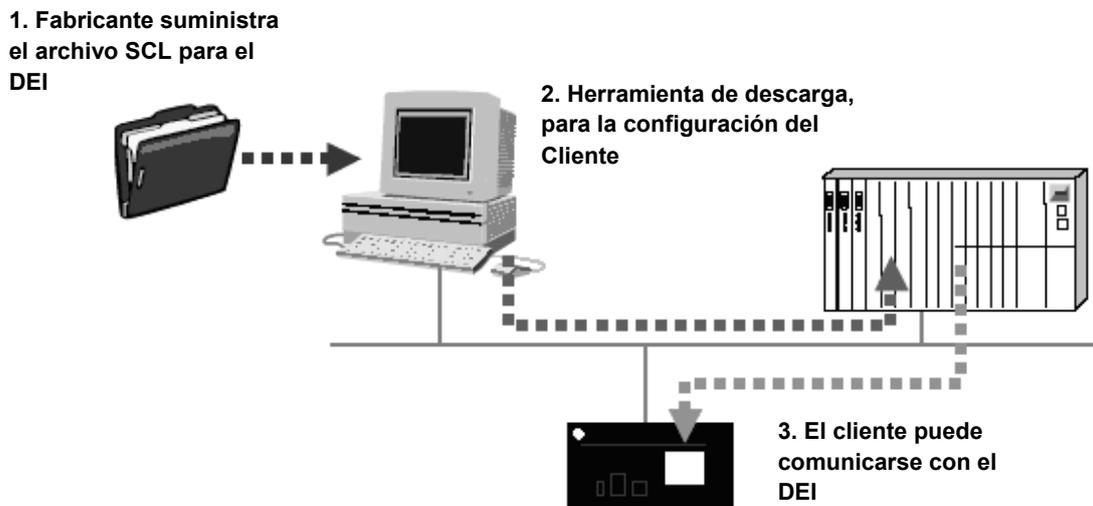


Figura 4.1.2 Usando el Lenguaje de Configuración de Subestaciones

La figura 4.1.2 ilustra como el SCL sería usado en forma típica para configurar un cliente. El fabricante de un dispositivo servidor suministra un archivo SCL a la empresa o al integrador (1), quienes lo usan como una herramienta de ingeniería. La herramienta de ingeniería lee el formato estándar del archivo y lo convierte en información de configuración propietaria para el dispositivo cliente. Baja esta información al dispositivo cliente (2), que reconfigura su base de datos. Entonces ambos dispositivos pueden comunicarse (3).

El SCL, aunque aborda algunas de las desventajas de la auto-descripción, presenta a su vez algunos inconvenientes o desventajas:

- ⇒ **El archivo no coincide con el firmware del dispositivo.** Aunque el cliente es quien suministra el archivo SCL, en ocasiones no suele coincidir la versión de dicho archivo con la versión del firmware en el DEI.
- ⇒ **El archivo no se acopla a la configuración del dispositivo.** La tendencia actual con los DEI's es que cada vez realicen más funciones, por lo que al cambiar la configuración o los switches del panel frontal del dispositivo el modelo de datos que reporta puede cambiar. Así que el archivo SCL suministrado debe cambiar también. Esto puede causar un desacople entre el archivo usado para configurar al cliente y los datos en el dispositivo.
- ⇒ **El archivo puede no estar disponible.** Así como ocurre con la auto-descripción, es posible que el integrador tenga disponible el dispositivo pero no el archivo SCL, debido a errores de logística.

⇒ **El cliente necesita datos que no se encuentran en el SCL.** Existen datos que son únicos para la configuración de cada cliente, dichos datos no los encontramos en la auto-descripción ni en los archivos SCL. Debido a estos requerimientos la configuración de los dispositivos del IEC-61850 no será completamente automatizada. Se necesitará hacer uso de una herramienta de ingeniería para parte de la configuración.

### 4.1.3 ¿Qué es la Configuración Asistida por Potencia?

Como ya se vio, tanto la auto-descripción como el SCL, son herramientas poderosas pero ambas tienen sus desventajas. Así que el método más rápido y menos propenso a errores para configurar clientes con el IEC 61850, es aquel que combine la auto-descripción, el SCL y una configuración manual. A este método se le conoce como Configuración Asistida por Potencia.

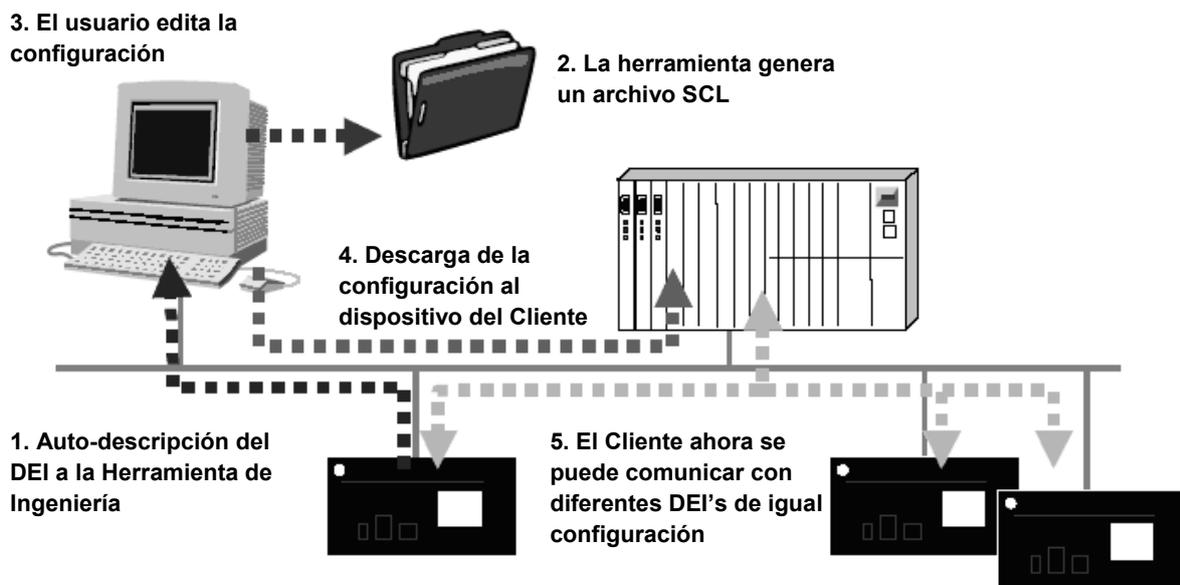


Figura 4.1.3 Usando la Configuración Asistida por Potencia

Un ejemplo de configuración asistida por potencia es el que a continuación se describe: El integrador conecta el dispositivo servidor a una herramienta de ingeniería y configura unas cuantas piezas de información direccionadas.

La herramienta de ingeniería entonces extrae la información de auto-descripción del DEI (1) y prepara la mayor parte de la configuración. Al mismo tiempo, se produce un archivo SCL para el dispositivo (2) que iguala exactamente la configuración del dispositivo. El integrador edita la configuración (3) para agregar información que es única para el cliente. Cuando la configuración queda completa, el integrador baja la configuración al dispositivo cliente (4). El dispositivo cliente inicia (5) y ahora se puede comunicar con el servidor o con cualquier DEI con el mismo firmware y configuración.

Usando la configuración asistida por potencia, se abordan las desventajas del SCL:

- ⇒ El archivo SCL siempre se acopla al dispositivo, ya que es generado desde el modelo exacto y la configuración del DEI es usada en la integración.
- ⇒ El SCL puede incluir datos en línea, ya que se encuentra recién generado de un dispositivo “vivo”.
- ⇒ El integrador puede agregar cualquier dato que no se encuentre en el estándar SCL, antes de ser descargada la configuración.

De igual forma se resuelven las desventajas de usar solamente la auto-descripción:

- ⇒ El DEI no tiene que estar físicamente conectado para la integración, por que la configuración puede ser transferida de una herramienta de ingeniería a otra haciendo uso del SCL.
- ⇒ El cliente no necesita una base de datos dinámica. Este método también puede ser usado en dispositivos que no tienen bases de datos configurables en forma dinámica, debido a que se realiza fuera de línea.
- ⇒ La configuración queda totalmente bajo el control del integrador, quien puede escoger cuando toma lugar el retraso generado por la auto-descripción.

## **4.2 Equipo de Telecomunicaciones para la Migración**

Como se menciona en un principio, en el caso de la automatización de subestaciones existentes o viejas donde los nuevos equipos con IEC-61850 y los equipos con comunicaciones propietarias tendrán que coexistir lado a lado, y para que esto se logre se tendrán que conectar vía Gateways.

### **4.2.1 Gateways**

Es un término usado por los convertidores de protocolos que hacen posible la comunicación entre redes que están basadas en protocolos de comunicación diferentes.

#### **4.2.1.1 Gateways Inteligentes**

Los gateways se utilizan en sistemas completos de IEC-61850 (para la conexión a la red del centro de control [NCC]) y en sistemas híbridos para la conexión de protocolos diferentes. Aparte de su comportamiento durante la operación del sistema, la ingeniería de los gateways es también un factor importante de evaluación para el operador del sistema con una visión hacia la simplificación y estandarización.

Más allá de las funciones de conversión de protocolos, los gateways inteligentes deben realizar las siguientes funciones:

- ⇒ Almacenaje temporal (buffering)
- ⇒ Monitoreo de datos
- ⇒ Soporte del SCL
- ⇒ Implementación flexible

La parametrización del gateway requiere un modelo adecuado de los datos y servicios utilizados. Con el estándar IEC-61850, los gateways son considerados DEI's. Consecuentemente, el IEC-61850 proporciona un mecanismo para modelar gateways como dispositivos lógicos especiales, haciendo así posible su descripción en los archivos SCL.

#### **4.2.2 Ruteadores**

Se usan para la conexión de redes con protocolos idénticos. Los datos del usuario contenidos en los paquetes de datos, no son modificados ya que sólo se hace uso de la tercer capa del modelo OSI (la capa de red).

#### **4.2.3 Proxy**

Servidor que se usa para guardar temporalmente los datos desde otros servidores y controlan el acceso a estos datos. El estándar IEC-61850 ha adoptado este principio funcional para la implementación de los dispositivos lógicos.

#### **4.3 Mensajes GSE**

El modelo de Eventos Genéricos de la Subestación (Generic Substation Event) proporciona la posibilidad para una rápida y confiable distribución del extenso sistema de entradas y salidas de valores de datos. Este modelo esta basado en el concepto de descentralización autónoma, proporcionando un eficiente método, permitiendo la entrega simultanea de la misma información de GSE a más de un dispositivo físico a través del uso del servicio multicast o broadcast.

Dos clases de control y la estructura de los dos tipos de mensajes están definidos en el IEC 61850: GOOSE y GSSE. La mayoría de los mensajes de información o de control en el IEC-61850, DNP V.3 o en otros protocolos, son transmisiones únicas o valores instantáneos o solicitudes. Por el contrario, existen los mensajes GOOSE, los cuales están diseñados para llevar en forma efectiva una indicación continua del estado de algún punto lógico, de control o un valor analógico.

#### 4.4 ¿Qué son los mensajes Goose?

Mensajes Goose (Generic Object Oriented Substation Event), se usan para transmitir comandos de disparo a un interruptor desde un relevador a otro, que actualmente conectan a los interruptores. Estos mensajes también llevan:

- ⇒ Mensajes de disparo de interruptor.- Desde un relevador que quiere disparar un interruptor, hasta un relevador diferente al cual el circuito de disparo del interruptor está actualmente conectado.
- ⇒ Mensajes de cierre de interruptor.- Misma situación anterior.
- ⇒ Inicio de falla de interruptor
- ⇒ Inicio de cierre
- ⇒ Estado de un relevador o de una salida lógica para supervisión de acciones de protección o de control en otros relevadores o zonas de protección.
- ⇒ Monitoreo cruzado de sistemas de protección redundante.- Cada sistema verifica si el otro sistema está vivo, y reporta fallas. Sin alambrado adicional.

Los mensajes Goose también pueden ser llamados mensajes GSSE. Estos últimos también son parte del IEC-61850 y realizan las mismas funciones que los mensajes Goose. Los mensajes GSSE (Generis Substation State Event) en el IEC-61850 proveen la capacidad de transmitir el cambio de estado de la información en estados binarios, solicitudes de control, pero no valores analógicos.

##### 4.4.1 Uso de Mensajes GOOSE por IEC-61850

El uso de los mensajes Goose en las LAN's redundantes combinan con lógica los relevadores y las unidades de cómputo al nivel de estación para implementar todo el control y el bloqueo, eliminando así todo el alambrado y los switches en el panel de relevadores. Cada punto en el campo se conecta solamente a un relevador o DEI.

Los mensajes Goose llevan continuamente la transmisión de información de valores analógicos o de estados con etiquetas de tiempo a cualquier relevador en la LAN, el relevador receptor busca en este constante flujo de mensajes y puede reportar inmediatamente cuando dicho flujo haya cesado o si los mensajes están ausentes cuando se esperaban. Esta función que realizan los relevadores lo podemos llamar monitoreo activo, el cual no se tiene en el alambrado convencional o con los switches de bloqueo.

Un punto poderoso para usar este tipo de mensajes, es que los usuarios siempre saben cuando una trayectoria de control falla, y no tienen que esperar hasta que una operación incorrecta de algún relevador se presente para detectarla.

Para la transmisión y recepción de mensajes Goose, existe un modelo llamado: *Modelo Editor – Subscriber*, el cual consiste en lo siguiente:

- ⇒ Los mensajes Goose no están dirigidos a un relevador receptor en particular. Se envía como un mensaje broadcast (actualmente multicast) y viaja a través de la LAN con la identificación de quien lo envía y la identificación del mensaje específico.
- ⇒ No existe dirección de destino, todos y cada uno de los relevadores y DEI's en la LAN pueden ver el mensaje y por si solos deciden si necesitan leerlo o no.
- ⇒ El DEI que transmite se llama EDITOR y el relevador o DEI que esta configurado para esperar o recibir y usar el mensaje se llama SUBSCRIPTOR.
- ⇒ Los mensajes Goose son un servicio no confirmado. Esto significa que el que publica no tiene el mecanismo para averiguar si el subscriber obtuvo la última información, de hecho no sabe quien o quienes son los subscribers.
- ⇒ No hay mecanismo ni el tiempo necesario, para que una larga lista de subscribers regresen y confirmen que el mensaje les llego, o para que pidan una retransmisión del mismo. Es por ello, que el editor debe llenar continuamente la LAN con mensajes Goose actualizados.
- ⇒ El IEC-61850 proporciona una forma conveniente de establecer las relaciones editor – subscriber, basados en la Auto-descripción.

El uso de mensajes Goose para realizar la función de switch de bloqueo es un cambio radical y la trayectoria para llevar a cabo la función no es tan clara. Con la implementación de los mensajes Goose ya no se tendrá la familiar pistola del switch de bloqueo que gira con un ruido cuando se energiza y necesita un brazo fuerte para ser reestablecida.

Tradicionalmente, los esquemas de protección y control consisten en relevadores de protección de una sola función, por ejemplo: los relevadores de distancia, que deben operar un relevador de bloqueo alambrado que debe realizar el disparo de interruptores y bloquear el cierre de estos mismos. La redundancia es un aspecto clave en todas las aplicaciones de HV y EHV, y típicamente cada esquema tendrá un relevador de bloqueo, lo que implica mucho alambrado y espacio en paneles.

En la figura 4.4 el contacto normalmente abierto del relevador de bloqueo 86TT se alambra directamente al circuito de disparo, en paralelo con otros varios contactos de relevadores de interposición y relevadores de bloqueo. Este ejemplo ilustra una implementación donde se usan numerosos dispositivos auxiliares ya que la cantidad de contactos en cada dispositivo está limitada.



## 4.5 Filosofía Bloqueo Distribuido

Un esquema de bloqueo redundante típico, que incluye al transformador, la protección contra falla de interruptor en 345 [kV] y en 138 [kV] se puede implementar como se muestra en la figura 4.5. Este esquema se basa, en esquemas de protección que protegen un transformador de 345/138 [kV], una terminal de línea de 345 [kV] y una terminal de línea de 138 [kV], entonces una estación pequeña con dos líneas y un transformador. En esta implementación los relevadores del transformador están conectados directamente a las bobinas de disparo y de cierre del interruptor de 138 [kV] y los relevadores de la línea de 345 [kV] están directamente conectados a las bobinas de disparo y de cierre del interruptor.

Esto se puede ampliar fácilmente si se tienen varios circuitos, pero por simplicidad solamente lo anterior será cubierto. Para tener completa redundancia, se requieren dos esquemas por dispositivo, por lo tanto hay seis DEI's para realizar el esquema de protección total. Todas las funciones de candado descritas deben ser del tipo no volátil asegurando que el estado del candado se mantendrá durante la pérdida de potencia.

La primera parte del esquema de bloqueo es la operación de la protección del transformador que tiene que realizar todos los comandos de disparo y de bloqueo de cierre para ambos interruptores, el de 345 [kV] y el de 138 [kV]. La operación del sistema 1 de la protección del transformador establece el candado dentro del DEI del transformador, es decir, dentro de él mismo, un candado dentro de ambos sistemas 1 y 2 relevadores de protección de la línea de 345kV y ambos sistemas 1 y 2 de los relevadores de protección de la línea de 138 [kV]. El comando establecer desde el DEI 1 del transformador puede ser transportado por medio de mensajes GSSE a los DEI's de línea. Cada uno de estos candados asegura entonces el disparo y el bloqueo de cierre del interruptor local. Cada bloqueo establecido es único a la función de bloqueo original, esto completa la primera característica crítica. Y todos los bloqueos aplicables deben ser restablecidos antes que sea removida la inhibición al cierre. La operación del DEI del sistema 2 de la diferencial del transformador resultará en que se ponen los mismos candados, excepto para el DEI del sistema 1 del transformador.

La función de disparo por falla de interruptor de 138 [kV] que se localiza en el DEI del sistema 1 de la línea de 138 [kV], establece los candados en ambos sistemas 1 y 2 de los DEI's de la línea de 345 [kV]. El disparo por falla de interruptor del DEI del sistema 2 de la línea de 138 [kV] resultará en que los mismos candados serán puestos, excepto para el DEI del sistema 1 de la línea de 138kV.

La falla de interruptor del interruptor en los DEI's de los sistemas 1 y 2 de la línea de 345 [kV] deben establecer un candado en si mismos respectivamente, y enviar esta información al extremo remoto de la línea de 345 [kV] para asegurar que la línea queda despejada.

El restablecer esta lógica se vuelve un reto, se debe tener mucho cuidado para asegurar que cuando una función se restablece en un DEI, que restablecería todos los candados que fueron puestos, por ejemplo, si el DEI del sistema 1 del transformador opera, el restablecimiento local de esta función debe restablecer todos los condados locales y remotos. El mismo principio se debe aplicar para las funciones de falla de interruptor.

Como existe el riesgo que algunos de los dispositivos estén fuera de servicio (debido a falta de alimentación o a comunicaciones), una característica de restablecimiento maestra tiene que estar disponible para que estos dispositivos puedan ser restablecidos remotamente, como es indicado por el restablecimiento de bloqueo maestro de la HMI.

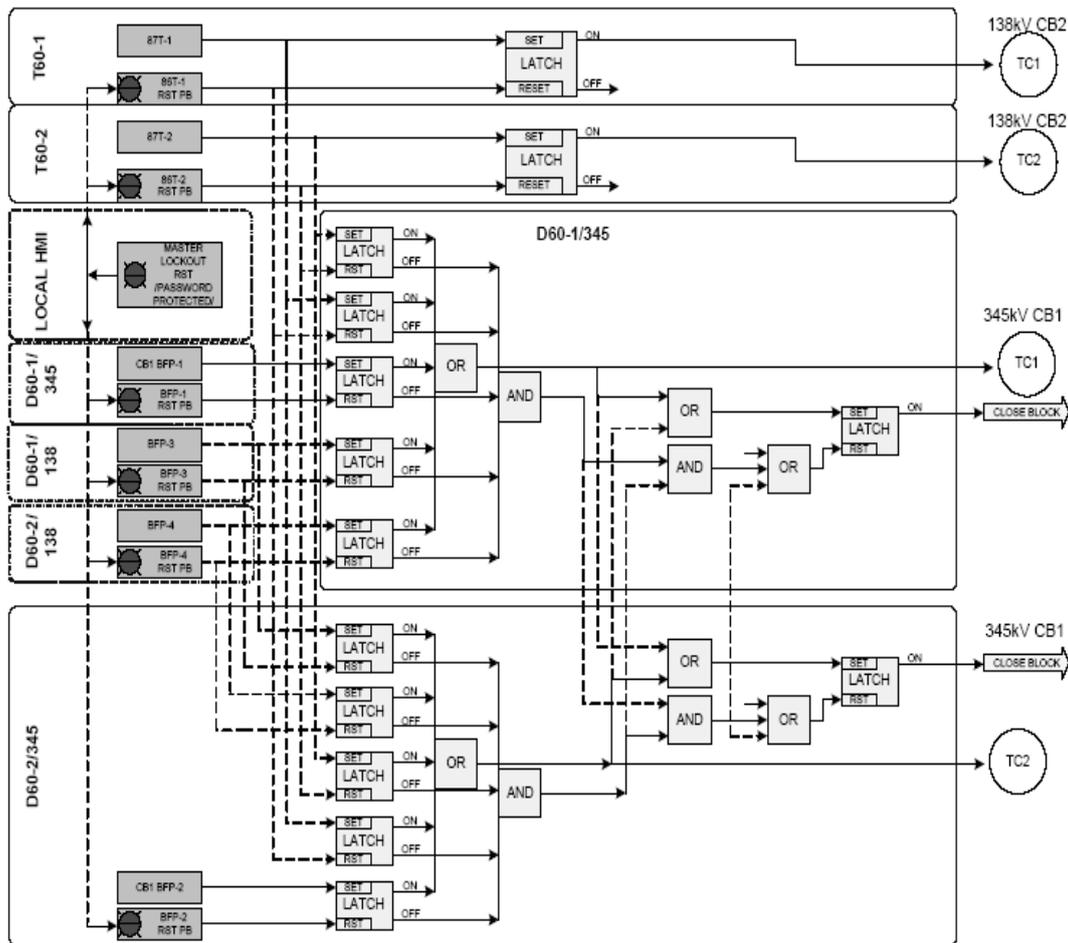


Figura 4.5.1 Diagrama Lógico para el Bloqueo Distribuido

Este tipo de esquemas de bloqueo distribuido tienen sus ventajas y desventajas. Las desventajas deben ser tratadas durante la implementación del mismo.

Ventajas:

- ⇒ Es un esquema menos complejo, ya que no requiere equipos auxiliares (excepto para el equipo de comunicaciones).
- ⇒ Se pueden hacer varias repeticiones para la ampliación del esquema de bloqueo, sin la necesidad de agregar hardware o alambrado adicional (si todos los DEI's están conectados a la misma infraestructura de comunicaciones).

Desventajas:

- ⇒ El esquema es altamente dependiente de las comunicaciones entre DEI's, aspecto importante en cuanto al hardware requerido.
- ⇒ El establecimiento y reestablecimiento del esquema de bloqueo se vuelve un problema si algunos dispositivos son autónomos.

Consideraciones durante la implementación:

- ⇒ Todas las funciones de bloqueo con candado deben ser del tipo no volátil, y mantener su estado después de que la alimentación al DEI ha sido restablecida.
- ⇒ Las comunicaciones a cada dispositivo, deben ser preferentemente redundantes para reducir el riesgo de la pérdida de comunicaciones.
- ⇒ Los contactos de salida asociados con cada bloqueo dentro de cada DEI deben ser del tipo de bloqueo, y de este modo no debe cambiar el estado si el DEI deja de ser alimentado.
- ⇒ Las funciones de bloqueo de los sistemas 1 y 2 deben estar preferentemente separadas una de la otra para minimizar comunicaciones entre sistemas, y permitir a un sistema o partes de él, que estén fuera de servicio para mantenimiento o pruebas.

Se han mostrado los beneficios del protocolo estándar IEC-61850, sus desventajas y la forma en que las enfrenta. Desde los diferentes métodos de configuración hasta el nuevo esquema de bloqueo distribuido junto con sus beneficios, como la reducción de costos de instalación y operación. Como la función de bloqueo opera a través de la LAN, la reconfiguración del sistema (es decir, la adición de interruptores de alto voltaje) que pudiera requerir realumbrado en el pasado ahora se realiza a través de cambios en la lógica. El sistema también permite reportes de estado rápidos en la función de bloqueo. Si alguna parte de la red esta comprometida, comprometiendo por lo tanto la función de bloqueo, se hace una indicación inmediata y se pueden tomar las acciones necesarias.