



Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

NOMBRE DEL PROYECTO:

**“MODERNIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN 400 KV AGOSTURA,
IMPLEMENTANDO ENLACES DE FIBRA ÓPTICA CON PROTOCOLO DE
COMUNICACIÓN DNP3.0”**

RESIDENTE:

Karina López Lara

ESPECIALIDAD:

Ingeniería Electrónica.

REVISOR:

Ing. Ángel Seín Pérez Rodríguez.

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS A 25 DE NOVIEMBRE 2009.



***“MODERNIZACIÓN DE LA
SUBESTACIÓN 400 KV
ANGOSTURA, IMPLEMENTANDO
ENLACES DE FIBRA ÓPTICA
CON PROTOCOLO DE
COMUNICACIÓN DNP3.0.”***



La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein.

Un gran maestro es aquel cuyo espíritu entra en las almas de sus alumnos.

John Milton.



La sociedad que desprecia la excelencia de la plomería por ser un actividad humilde y tolera la falsedad de la filosofía porque es una actividad excelsa, no poseerá una buena plomería ni una buena filosofía. Ni sus tuberías un sus teorías conservarán el agua.

John Gardner.

Aquel que deja de ser mejor, deja de ser bueno.

Oliver Cromwell.



La integridad sin conocimiento es débil e inútil, mientras que el conocimiento sin integridad es peligroso y horrible.

Samuel Jackson.

AGRADECIMIENTOS:

Me gustaría reconocer el trabajo de los siguientes ingenieros, cuyos valiosos y numerosos comentarios, sugerencias, críticas constructivas y elogios fueron de gran ayuda para mí en la preparación de este material.

Ing. Martín Gutiérrez Alarcón.

Encargado del departamento de Control e Informática de la S.E. Angostura.

Ing. Sergio Domínguez Durán.

Del departamento de Protección y Medición.

Ing. Artemio Villalobos Aguilar.

Jefe de oficina del departamento de Control e Informática.

Ing. Francisco Jiménez Cabrera.

Jefe del depto. de Control e Informática de la subarea de Transmisión y Transformación Tuxtla.

Ing. Roberto Ceja Godínez.

Subgerente del departamento de Control e Informática.

Ing. Ángel Seín Pérez Rodríguez.

Asesor del Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez.

También quiero expresar mi gratitud por haberme dado la oportunidad de vivir la experiencia maravillosa de realizar mi Residencia Profesional en la Central Hidroeléctrica Belisario Domínguez, a:

Ing. Reinol Trejo Escobar.

Srio. Gral. Sección 130 de SUTERM.

Ing. Francisco Arenaza Villavicencio.

Jefe de la subarea de Transmisión Tuxtla.

Lic. Samuel Arévalo de la Cruz.

Jefe de Oficina de Personal de Servicios Generales SATTx.

Ing. Jorge Alvarado Hernández.

Jefe de Sector Angostura.

Ing. Gregorio Garay Barradas.

Encargado de Capacitación Sector Angostura.

Ing. Ricardo Micelli Orantes.

Superintendente de la C.H. Angostura.

TERMINOLOGÍA:

A2069
FASE - A

ABRIR: Es desconectar en forma manual o remota una parte del equipo para impedir el paso de la corriente eléctrica.

ALIMENTADOR: Es el circuito conectado a una sola estación, que suministra energía eléctrica a subestaciones distribuidoras o directamente a los usuarios.

ARRANCAR: Es el conjunto de operaciones automáticas, para poner en servicio un equipo.

ARRANQUE NEGRO: Es el arranque que efectúa una unidad generadora con sus recursos propios.

BAHÍA: Conjunto de dispositivos y/o elementos que forman un arreglo para la transformación y transmisión de la energía eléctrica en el SEN hacia un equipo.

BD: Base de datos.

BLOQUEO: Es el medio que impide el cambio parcial o total de la condición de operación de un dispositivo, equipo o instalación de cualquier tipo.

CALIDAD: Es la condición de tensión, frecuencia y forma de onda del servicio de energía eléctrica, suministrada a los usuarios de acuerdo con las normas y reglamentos aplicables.

CCU: Unidad Central de Control.

CENACE: Centro Nacional de Control de Energía, es la entidad creada por la CFE para planear, dirigir, coordinar, operar y supervisar la operación del SEN.

CENAL: El Centro Nacional del CENACE.

CENTRAL: Es la estación cuya función consiste en generar energía eléctrica.

CERRAR: Es conectar una parte del equipo, para permitir el paso de la corriente eléctrica.

C.F.E.: Comisión Federal de Electricidad.

CONFIABILIDAD: Es la habilidad del Sistema Eléctrico para mantenerse integrado y suministrar los requerimientos de energía eléctrica en cantidad y estándares de calidad, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la contingencia sencilla más severa.

CONTINUIDAD: Es la acción de suministrar ininterrumpidamente el servicio de energía eléctrica a los usuarios, de acuerdo a normas legales y reglamentos vigentes aplicables.

CONTROL AUTOMÁTICO DE GENERACIÓN (AGC): Es el equipo que de manera automática ajusta los requerimientos de generación de una Área de Control, manteniendo sus intercambios programados más la respuesta natural del Área ante variaciones de frecuencia.

CRC: Octeto de Redundancia Cíclica para la detección de errores en el frame DNP3.0.

CUCHILLAS: Dispositivos cuya función consiste en conectar y desconectar un equipo sin carga.

CUCHILLAS DE APERTURA CON CARGA: Están diseñadas para interrumpir corrientes de carga hasta valores nominales.

CUCHILLAS DE NEUTRO: Permiten conectar y desconectar el neutro de un equipo.

CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA: Sirven para conectar a tierra un equipo.

DCA: Data Collection Application o Aplicación de Colección de Datos. Es la aplicación responsable por coleccionar los datos de una fuente externa, como periférico, módulo o un DEI conectado, o una aplicación separada como las D25 Plant I/O, y del mapeo de éstos en el Sistema de Puntos de Base de Datos, para su almacenaje. Como se encarga de interrogar a los dispositivos esclavos, es una aplicación submaestra, en la cual se le indican el tipo y cantidad de información a interrogar y cada cuándo se solicitará por dicha información, cuántos dispositivos y qué direcciones se van a interrogar.

DEI: Dispositivo Electrónico Inteligente.

DISPARO: Apertura automática de un dispositivo por funcionamiento de la protección para desconectar una parte del sistema.

DISPARO AUTOMÁTICO DE CARGA: Es un esquema de protección para desconexión automática de carga predeterminada, con el objeto de mantener la seguridad del SEN o de una parte de él.

DISPARO AUTOMÁTICO DE GENERACIÓN (DAG): Es un esquema para efectuar la desconexión automática de unidades generadoras en una secuencia predeterminada, su objetivo es mantener la seguridad del SEN o de una parte de él.

DISTRIBUCIÓN: Es la conducción de energía eléctrica desde los puntos de entrega de la transmisión hasta los puntos de suministro a los usuarios.

DISTURBIO: Es la alteración de las condiciones normales del SEN originada por caso fortuito o fuerza mayor, generalmente breve y peligrosa, de las condiciones normales del SEN o de una de sus partes y que produce una interrupción en el servicio de energía eléctrica o disminuya la confiabilidad de la operación.

DNP3: Es un protocolo para la transmisión de datos de un punto A hacia un punto B, usando comunicación serial e IP. Este protocolo fue utilizado primeramente por compañías hidroeléctricas, pero sus funciones son muy buenas para otras áreas. Ver marco teórico.

DPA: Data Processing Application o Aplicación de Procesamiento de Datos. Esta aplicación toma copia de cualquier dato disponible en la BD del Sistema y lo procesa en un formato compatible con el protocolo de alguna Estación Maestra. Es quien se comunica con la estación maestra y se encarga del movimiento de datos hacia ella cuando sea solicitada. Por tanto se encarga de disponer la información de la remota para ser interrogada por las maestras o SSL. Esta información puede ser digital, analógica y acumuladores.

DTA: Data Translation Application o Aplicación de Traslación de Datos. Combinando elementos de la DPA y PCA, la DTA puede copiar datos existentes del "System Point Database", procesar éstos y generar puntos de salida de regreso a la BD. Los puntos de datos creados por la DTA son frecuentemente llamados "Pseudo Puntos", dado que no son puntos físicos. Por lo tanto tiene la función de cambiar los datos de una forma a otra y usualmente tiene una interface no directa con los dispositivos externos.

D20A: Tiene capacidad para 32 entradas analógicas pudiendo aceptar diferentes rangos de entrada en corriente directa instalando los paquetes adaptadores de entrada apropiados. Los rangos más utilizados son 5V, 1mA, 4-20mA.

Las señales analógicas son digitalizadas en este módulo y transferidas al D20M para que las envíe a la Maestra.

D20C: Es un módulo combinado que incluye:

- 16 entradas digitales
- 8 controles dobles
- 16 entradas analógicas u 8 Entradas Analógicas + 8 Salidas Analógicas.

Este módulo utiliza un microprocesador más rápido que los módulos sencillos para cumplir con los requerimientos de éstos simultáneamente.

D20K: Tiene los drivers de salida para 32 + 4 relevadores que se pueden arreglar en varias configuraciones Hardware/Software para proporcionar los esquemas de control y los tipos de salidas requeridas. Su función es asegurar la correcta operación de la Interfase de salidas digitales. Todas las acciones de control solicitadas por el D20M son iniciadas, sincronizadas, reseteadas y validadas por el D20K.

D20S: Tiene capacidad para 64 entradas digitales ópticamente aisladas. Su función es escanear y procesar todas las entradas digitales una vez cada ms.

ENERGIZAR: Significa permitir que el equipo adquiera potencial eléctrico.

EQUIPO: Es el conjunto de máquinas, aparatos, circuitos eléctricos, tuberías, medios de comunicación, etc., de cualquier instalación para la operación. Su protección es primordial.

ELEMENTOS: Son los componentes principales del SEN tales como los generadores, líneas de transmisión, transformadores, reactores, bancos de capacitores, y compensadores estáticos de vars.

ESTACIÓN: Es la instalación que se encuentra dentro de un espacio delimitado, que tiene una o varias de las siguientes funciones: generar, transformar, recibir, enviar y distribuir energía eléctrica.

FALLA: Es una alteración o un daño permanente o temporal en cualquier parte del equipo, que varía sus condiciones normales de operación y que generalmente causa un disturbio.

GENERACION: Es la producción de energía eléctrica a partir de fuentes primarias de energía, utilizando los sistemas y equipos correspondientes.

GRTSE: Gerencia Regional de Transmisión Sureste.

IHM: Interfase Hombre-Máquina.

INTERCONEXIÓN: Es la conexión eléctrica entre dos Áreas de Control o entre la instalación de un Permisionario y un Área de Control.

INTERRUPTOR: Equipo que sirve para cerrar y abrir circuitos eléctricos, con o sin carga, o con corriente de falla. Un interruptor de potencia es un equipo cuya función es la de encender y apagar las corrientes eléctricas en las redes de distribución y de transmisión de potencia para las operaciones de rutina y la protección de otros equipos.

LIBRAR: Dejar sin potencial eléctrico, vapor, agua a presión y otros fluidos peligrosos para el personal, aislando completamente el resto del equipo mediante interruptores, cuchillas, fusibles, válvulas y otros dispositivos, asegurándose además contra la posibilidad de que accidental o equivocadamente pueda quedar vivo o a presión, valiéndose para ello de bloqueos y colocación de tarjetas auxiliares.

LICENCIA: Autorización especial que se concede a un trabajador para que éste y/o el personal a sus órdenes se protejan, observen o ejecuten un trabajo en relación con un equipo o parte de él o en el equipo o equipos cercanos, “en estos casos se dice que estará en licencia el equipo”.

LÍNEA: Circuito eléctrico cuya misión es conducir energía eléctrica.

LÍNEA DE TRANSMISIÓN: Es el elemento de transporte de energía entre dos instalaciones del Sistema Eléctrico.

MANIOBRA: Se entenderá como lo hecho por un operador directamente o a control remoto, para accionar algún elemento que pueda o no cambiar el estado y/o funcionamiento de un sistema, sea eléctrico, neumático, hidráulico o de cualquier otra índole.

MÓDULOS PERIFÉRICOS: Módulos distribuidos D20 los cuales son: D20A para analógicos, D20S para Estados, D20K para controles, etc. Los módulos periféricos pre-procesan los datos localmente y retienen la información hasta que son interrogados por el CCU activo. El CCU mantiene la Base de Datos hasta el momento en que la información es solicitada por la Estación Maestra.

NÚMERO DE REGISTRO: Es el numero que se le otorga al solicitante de una licencia para su pronta referencia, antes de que se de autorización de la misma.

OPERACIÓN: Es la aplicación del conjunto organizado de técnicas y procedimientos destinados al uso y funcionamiento adecuado de elementos para cumplir con un objetivo.

OPERADOR: Es el trabajador cuya misión principal es operar el equipo o sistema a su cargo y vigilar eficaz y constantemente su funcionamiento.

OSI: Open System Interconexión. Sistema Abierto Interconectado. Ver marco teórico.

PCyM: Protección, Control y Medición.

PROTECCIÓN: Conjunto de relevadores y aparatos asociados que disparan los interruptores necesarios para separar equipo fallado, o que hacen operar otros dispositivos (válvulas, extintores y alarmas), para evitar que el daño aumente de proporción o que se propague.

PUNTO DE INTERCONEXIÓN: Es el punto donde se conviene la entrega de energía eléctrica entre dos entidades.

RECIERRE: Acción de abrir y cerrar nuevamente un elemento.

RED TRONCAL: Es el conjunto de una o más centrales generadoras, líneas de transmisión y estaciones eléctricas que debido a su función y/o ubicación se consideran de importancia vital para el sistema eléctrico nacional.

S.E.N.: Sistema Eléctrico Nacional. Para los efectos de este reglamento es el conjunto de instalaciones, centrales generadoras, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, redes de distribución, equipo eléctrico y en general la infraestructura eléctrica propiedad u operada por la CFE instalada en la República Mexicana y destinados a la prestación del servicio público de energía eléctrica en la forma y términos establecidos en los ordenamientos legales sobre la materia.

SICLE: Sistema de Información y Control Local de Estación. Es un conjunto de equipos y programación que

comprenden al subsistema local (SSL), subsistema de protecciones y mediciones (SSPM) y subsistema remoto (SSR).

Tiene como finalidad integrar todos los equipos inteligentes instalados en las subestaciones en un solo sistema de información y control. De esta manera al tener una sola fuente de información para las mediciones se evitan diferencia entre las lecturas en la Estación Maestra y los Medidores Locales.

SINCRONIZAR: Conjunto de acciones que deben realizarse para conectar al sistema eléctrico una unidad generadora o conectar dos porciones separadas del sistema.

SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO: Dentro de CFE, es un sistema diseñado para obtener información y tener control sobre las instalaciones (Sub-estaciones, Plantas, etc.), consta de una Estación Maestra, varias Estaciones Remotas y un Sistema de Comunicaciones para enlazar todos los sitios remotos con la Estación Maestra.

SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL (SIN): Porción del sistema eléctrico nacional que permanece unido eléctricamente.

SISTEMAS GRANDES: Sistema de control supervisorio que pueden incluir múltiples Maestras y Sub-Maestras y muchas Estaciones Remotas (UTRs).

SISTEMAS PEQUEÑOS: Sistema de control supervisorio compuesto de una sola Maestra y varias UTRs. También llamada Sistema Tradicional.

SISTEMA PUNTO A PUNTO: Sistema de control supervisorio más pequeño en términos de Maestras y Remotas, y obviamente consta de una Maestra y una Remota. Estos sistemas se utilizan frecuentemente donde hay que cumplir con un solo objetivo, tal como el control remoto de una planta hidro-eléctrica desde un centro de control.

SSL: Subsistema Local. Conjunto de equipos y programación que realizan las funciones de locales-remotas en una instalación para control local, integración, procesamiento, almacenamiento, registro, presentación y retransmisión del total de parámetros; todos los relacionados con el proceso integrado por el equipo primario, control y supervisión, protecciones y medición.

El D200 tiene una Interface Hombre-Máquina Local para permitir el Control Local, Registro de Eventos, Generación de Reportes y Supervisión del Sistema.

SSL S.E.: Subsistema Local de Subestación.

SSPM: Subsistema de Protección y Medición. Conjunto de equipos y programación que realizan las de integración, procesamiento, almacenamiento, registro, presentación y retransmisión de los parámetros propios del proceso de protecciones y medición, a partir del equipamiento independiente existente en dicho proceso y considerando para esto las facilidades que para este propósito se cuentan o se pueden especificar para el mencionado equipamiento de protecciones y mediciones.

El SSPM integra la información proporcionada por los DEIs al sistema (SICLE) para que pueda ser accesada por las Estaciones Maestras y el SSL.

SSR: Subsistema Remoto. Conjunto de equipos y programación que realizan las funciones de integración, procesamiento, almacenamiento, registro, presentación y retransmisión de los parámetros propios del proceso para el control supervisorio y adquisición de datos de una instalación, referidos a un centro de control de nivel superior.

Aquí se encuentra la CCU redundante (CCU Activo y CCU de Respaldo). La CCU Activo interroga continuamente a los módulos periféricos a través de un enlace de comunicaciones D.20 a una velocidad de 250 kbps. Cada módulo periférico tiene 2 puertos de comunicación, uno para la CCU Principal y otro para la CCU de Respaldo (Standby).

SUBAREA: Grupo de estaciones y líneas que por su disposición geográfica y eléctrica conviene controlar como una sola unidad.

SUBESTACIÓN: Estación que recibe, transforma y/o distribuye energía eléctrica.

SYSTEM POINT DATABASE: Es el corazón del Sistema de DEI's, ya que guarda los datos que son recolectados o reenviados por todas las aplicaciones DCA, DTA y DPA.

TCP/IP: Este protocolo es utilizado en la mayoría de las organizaciones o empresas para los ambientes de redes locales, metropolitanas y amplias, además es utilizado ampliamente en Internet, una de las tareas del administrador de la red es asignar direcciones IP, en este capítulo se inicia con la explicación desde el origen de las direcciones IP con clases, posteriormente se explica cómo se administran actualmente sin clase. Todos los equipos que se conectan a la red requieren de una dirección IP. Ver marco teórico.

TRANSCEIVER: Convertidor de un medio de comunicación a otro.

UDP: User Datagram Protocol. Este protocolo es mejor en LANs debido a que es un protocolo sin conexión, es decir, trabaja bien sobre enlaces punto-punto. Es un protocolo simple, es simple de implementar, soporta mensajes tipo "Broadcast", puede ser usado para congelar comandos.

UNIDAD TERMINAL MAESTRA (UTM): Es el conjunto de equipos y programas que procesan información procedente de las unidades terminales remotas, unidades maestras y otros medios, que utiliza el operador para el desempeño de sus funciones y que se encuentran ubicados en los centros de operación de los niveles jerárquicos.

UNIDAD TERMINAL REMOTA (UTR): Incluye la función PLC y con esto se pueden lograr automatismos que anteriormente se realizaban con esquemas de relevadores. Es el conjunto de dispositivos electrónicos que reciben, transmiten y ejecutan los comandos solicitados por las unidades maestras y que se encuentran ubicadas en las instalaciones del sistema eléctrico.

WIN: Wesdac Interface Node. Tiene el control y la administración de la BD. Este manejador de BD puede ser pensado como una librería que controla las entradas de cualquier punto a la BD, y la copia de datos que es solicitada por otras aplicaciones.



1.- INDICE:

CONTENIDO TEMÁTICO:

	PAG.
<u>I.- AGRADECIMIENTOS.....</u>	4
<u>II.- TERMINOLOGÍA.....</u>	5
<u>1.- ÍNDICE.....</u>	12
<u>2.- INTRODUCCIÓN.....</u>	16
<u>3.- JUSTIFICACIÓN.....</u>	18
<u>4.- OBJETIVOS.....</u>	21
4.1.- OBJETIVO GENERAL.....	22
4.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
<u>5.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÉ.....</u>	23
<u>6.- PROBLEMAS A RESOLVER.....</u>	25
<u>7.- ALCANCES Y LIMITACIONES.....</u>	27
<u>8.- FUNDAMENTO TEÓRICO.....</u>	31
<u>8.1.- MODELO ISO/OSI.....</u>	32
8.1.1.- INTRODUCCIÓN	32
8.1.2.- DESCRIPCIÓN DEL MODELO OSI.....	32
8.1.3.- POR QUE ES NECESARIO EL MODELO OSI	33
8.1.4.- ENCAPSULACIÓN.....	33
8.1.5.- OBSERVACIONES.....	34
8.1.6.- FUNCIONES DE LAS CAPAS DEL MODELO OSI.....	34
8.1.7.- DIRECCIONAMIENTO.....	36
8.1.8.- COMPARACIÓN DEL MODELO OSI CON TCP/IP	38
<u>8.2.- PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN TCP/IP.....</u>	39

8.2. 1 INTRODUCCIÓN	39
8.2.2.- DEFINICIÓN DE UNA DIRECCIÓN IP.	39
8.2.3.- FAMILIA DE DIRECCIONES TCP/IP.	39
8.2.4.- OTROS ASPECTOS DE TCP/IP.....	40
8.2.5.- REDES TCP/IP.	41
8.2.6.- REDES EN CFE	42
8.2.7 DIRECCIONES ESPECIALES	43
8.2.8.- DIRECCIONES UNIDIFUSIÓN, MULTIDIFUSIÓN Y DIFUSIÓN	43
8.2.9.- DIRECCIONAMIENTO IP	44
8.2.10.- CONFIGURACIÓN DE TCP/IP EN WINDOWS 2000.	44
8.3.- PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DNP3.0.....	47
8.3.1.- UN POCO DE HISTORIA.....	47
8.3.2.- VENTAJAS DE DNP.....	48
8.3.3.- DETALLES TÉCNICOS.....	49
8.3.4.- NIVEL DE ENLACE.....	50
8.3.5.- NIVEL DE TRANSPORTE.....	51
8.3.6.- LONGITUD DE UN FRAME.....	51
8.3.7.- DATOS TRANSMITIDOS DEL NIVEL DE APLICACIÓN AL NIVEL DE ENLACE.....	51
8.3.8.- NIVEL DE APLICACIÓN.....	51
8.3.9.- MODELO DE OBJETOS EN DNP3.....	52
8.4 FORMATO DE MENSAJES DNP3.....	53
8.4.1.- MENSAJES DNP.....	53
8.4.2.- ENCABEZADO DARA LINK.....	54
8.4.3.- OBJETOS / DATOS.....	54
8.4.4.- INICIO DE MENSAJE (START)	54
8.4.5.- LONGITUD DEL MENSAJE (LENGTH)	55
8.4.6.- CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN (FCF O CONTROL)	55
8.4.7.- DIRECCIÓN DE DESTINO (DESTINATION ADDRESS)	58
8.4.8.- DIRECCIÓN DE LA FUENTE (SOURCE ADDRESS)	59
8.4.9.- CÓDIGO DE VERIFICACIÓN DE ERROR (CRC)	59
8.4.10.- ENCABEZADO DEL NIVEL DE TRANSPORTE.....	59

8.4.11.- CÓDIGO DE FUNCIÓN.....	62
8.4.12.- EL CAMPO INDICACIONES INTERNAS (IIN)	64
8.4.13.- ENCABEZADO DEL NIVEL DE APLICACIÓN.....	68
<u>8.5.- DATOS GENERALES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BELISARIO DOMÍNGUEZ</u>	72
8.5.1.- LOCALIZACION.....	72
8.5.2.- LINEAS DE TRANSMISION.....	72
8.5.3.- CARACTERISTICAS PRINCIPALES.....	73
8.5.4.- BUSES.....	73
8.5.5.- ORGANIGRAMA DEL SECTOR ANGOSTURA.....	74
8.5.6.- ORGANIGRAMA DE LA SUBAREA DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN TUXTLA.....	75
<u>8.6.- EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MODERNIZACIÓN</u>	76
8.6.1.- SEL 2505: MODULO REMOTO I/O.....	76
8.6.2.- SEL 2100: PROCESADOR LÓGICO.....	77
8.6.3.- SEL 2032: PROCESADOR DE COMUNICACIONES.....	80
8.6.4.- PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MIRRORRED BITS.....	81
8.6.5.- SEL2800: CONVERTIDOR DE FIBRA ÓPTICA.....	82
8.6.6.- FIBRA ÓPTICA.....	82
<u>9.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS</u>	84
<u>9.0.- FILOSOFÍA DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN DE UN EQUIPO EN UNA SUBESTACIÓN</u>	85
9.0.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN.....	87
<u>9.1.- PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES PARA LA MODERNIZACIÓN DEL ÁREA DE 400 KV DE LA SUBESTACIÓN ANGOSTURA</u>	89
9.1.1.- ANÁLISIS DEL INTERRUPTOR A3T60 CERRADO DESDE CAMPO HACIA LA IHM SSL S.E.....	92
9.1.1.1.- Procesamiento de la Señal del Interruptor A3T60 en estado Cerrado en el Departamento de Protección y Medición.....	92
9.1.1.2.- Adquisición de la Señal del Interruptor A3T60 en estado Cerrado en la UTR y SSL, en el departamento de Control e Informática.....	101
9.1.2.- ANÁLISIS DEL CONTROL DEL MANDO DE CIERRE DEL INTERRUPTOR A3T60 DESDE LA IHM SSL S.E. HACIA EL CAMPO DE S.E.....	111
9.1.2.1.- Procesamiento del Control del Mando de Cierre del Interruptor A3T60 en el Departamento de Control e Informática.....	112
9.1.2.2.- Procesamiento del Control del Mando de Cierre del Interruptor A3T60 en el Departamento de Protección y Medición.....	115

10.- RESULTADOS Y OBSERVACIONES.....	122
11.- CONCLUSIÓN.....	126
12.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	128
13.- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	130
14.- ANEXOS.....	132
A.- NOMENCLATURA.....	133



Durante el desarrollo de este proyecto tendré la oportunidad de conocer más a fondo el funcionamiento de una central hidroeléctrica. Sumergirme al campo laboral y tener una idea más clara de lo que me espera al finalizar mi proyecto y obtener mi certificación.

Debido a que el proyecto trata la Modernización del área de 400 kV, podré analizar y estudiar el proceso de la adquisición de las señales en forma cableada (sin modernizar) y en forma digital (modernizada) y así poder observar los resultados, que seguramente serán positivos, ya que con la eliminación de los cables de cobre, por la sustitución de la fibra óptica se consigue mayor confiabilidad en el procesamiento de las señales.

Analizaré dos de los protocolos de comunicación más sofisticados como es el DNP3.0 y el MIRRORRED BITS, además del protocolo SEL, propio de los equipos de dicha marca.

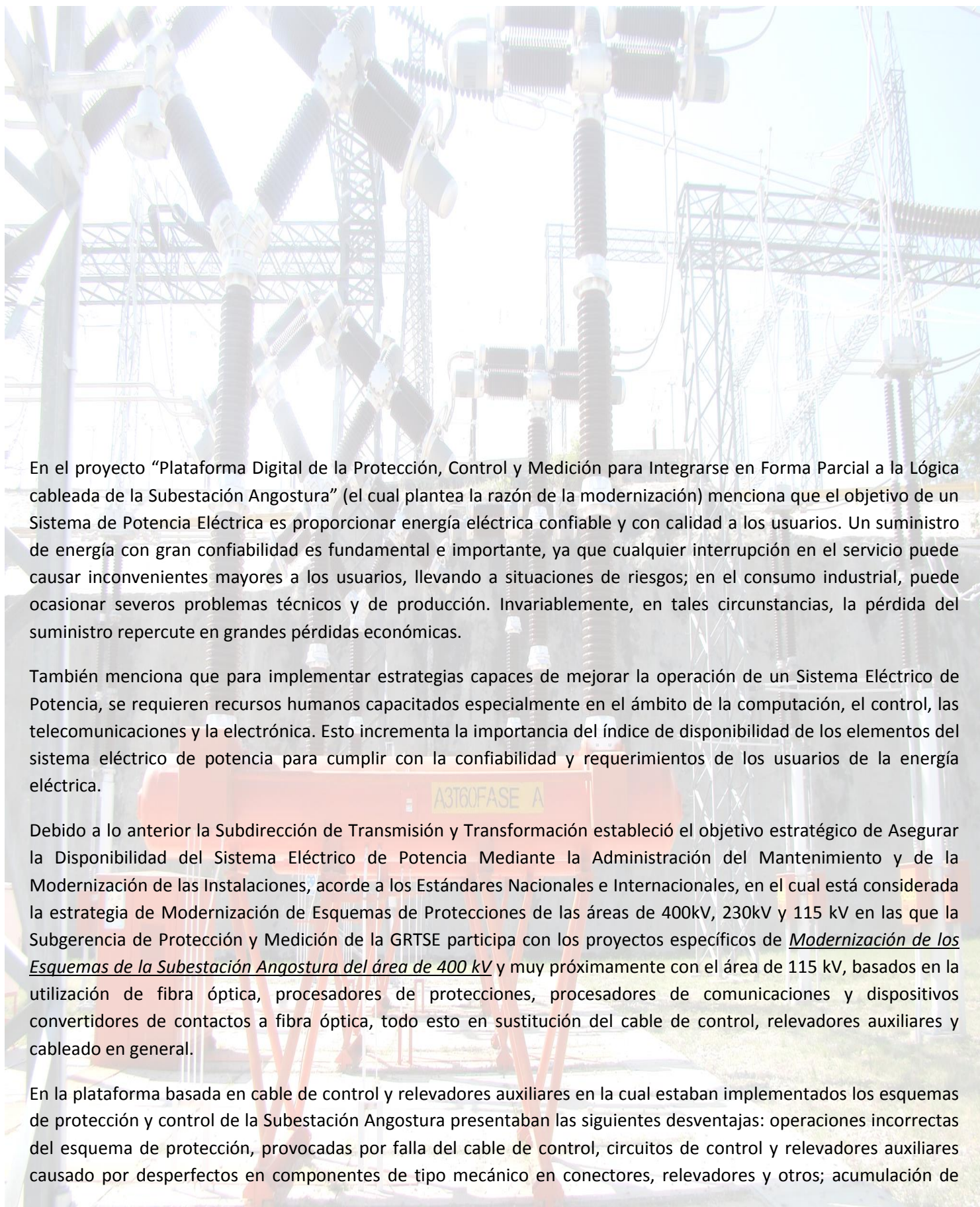
Podré comprender mejor las tareas asignadas a cada departamento que conforma la Subestación Angostura del área de Transmisión.

Conoceré los dispositivos usados principalmente en el proceso de la modernización (equipos SEL), también aquellos que ayudan al Sistema Eléctrico de Potencia para dar un mejor servicio a los clientes (como cuchillas, interruptores, relés de protección) y aquellos dispositivos inteligentes capaces de monitorear el estado de toda la subestación (UTR, SSL) para proporcionar información a estaciones remotas.

Y finalmente tendré una experiencia nueva, muy interesante y enriquecedora.



3.- JUSTIFICACIÓN:



En el proyecto “Plataforma Digital de la Protección, Control y Medición para Integrarse en Forma Parcial a la Lógica cableada de la Subestación Angostura” (el cual plantea la razón de la modernización) menciona que el objetivo de un Sistema de Potencia Eléctrica es proporcionar energía eléctrica confiable y con calidad a los usuarios. Un suministro de energía con gran confiabilidad es fundamental e importante, ya que cualquier interrupción en el servicio puede causar inconvenientes mayores a los usuarios, llevando a situaciones de riesgos; en el consumo industrial, puede ocasionar severos problemas técnicos y de producción. Invariablemente, en tales circunstancias, la pérdida del suministro repercute en grandes pérdidas económicas.

También menciona que para implementar estrategias capaces de mejorar la operación de un Sistema Eléctrico de Potencia, se requieren recursos humanos capacitados especialmente en el ámbito de la computación, el control, las telecomunicaciones y la electrónica. Esto incrementa la importancia del índice de disponibilidad de los elementos del sistema eléctrico de potencia para cumplir con la confiabilidad y requerimientos de los usuarios de la energía eléctrica.

Debido a lo anterior la Subdirección de Transmisión y Transformación estableció el objetivo estratégico de Asegurar la Disponibilidad del Sistema Eléctrico de Potencia Mediante la Administración del Mantenimiento y de la Modernización de las Instalaciones, acorde a los Estándares Nacionales e Internacionales, en el cual está considerada la estrategia de Modernización de Esquemas de Protecciones de las áreas de 400kV, 230kV y 115 kV en las que la Subgerencia de Protección y Medición de la GRTSE participa con los proyectos específicos de Modernización de los Esquemas de la Subestación Angostura del área de 400 kV y muy próximamente con el área de 115 kV, basados en la utilización de fibra óptica, procesadores de protecciones, procesadores de comunicaciones y dispositivos convertidores de contactos a fibra óptica, todo esto en sustitución del cable de control, relevadores auxiliares y cableado en general.

En la plataforma basada en cable de control y relevadores auxiliares en la cual estaban implementados los esquemas de protección y control de la Subestación Angostura presentaban las siguientes desventajas: operaciones incorrectas del esquema de protección, provocadas por falla del cable de control, circuitos de control y relevadores auxiliares causado por desperfectos en componentes de tipo mecánico en conectores, relevadores y otros; acumulación de

grasas, polvo, químicos o abrasivos que se encuentran comúnmente en el aire; vibraciones excesivas; corrosión de conectores, alambres quebrados o contactos auxiliares con exceso de impurezas que impiden su accionamiento normal; así como también señales de ruido provocadas por transitorios en las líneas de corriente alterna o de campo magnético o eléctrico originados en equipos aledaños.

Con los esquemas de protección de las unidades en forma cableada se tiene un sistema muy débil, poco confiable y además con la complejidad de que con los sistemas automatizados de control en la secuencia de arranque y paro de la Unidad, al ocurrir un disturbio, o algún evento incorrecto resulta muy difícil definir la causa exacta de falla. Consecuentemente horas y días de revisión, análisis y pruebas para definir la causa de falla.

Además, es importante señalar que la C.H. Belisario Domínguez forma parte de Sistema Interconectado Nacional y es uno de los nodos reguladores, más importantes del país, por lo que es necesario mantenerlo operando bajo las mejores condiciones de seguridad para garantizar su operación y el funcionamiento de la red Troncal de 400 kv.

El proyecto consiste básicamente en realizar la ingeniería para crear una plataforma digital que cumpla con las necesidades de los esquemas de protección del Grupo Generador-transformador, del Transformador de potencia, del Interruptor y de los Buses, sin que se ponga en riesgo la continuidad y la confiabilidad del sistema, basándonos en el protocolo de la tecnología digital MIRRORRED BITS, SEL y DNP3.0, y además que se establezca una base de datos para poder ver los estados de los dispositivos, la medición del equipo primario, y elaborar un registro secuencial de eventos. De tal forma que se tenga un monitoreo de todos los posibles puntos de falla a través de todo el sistema de control de cierre y disparo de las unidades generadoras. Suministrando además un control y monitoreo con eficiencia en forma LOCAL al Auxiliar de operador de la Subestación a través de un SCADA con una IHM SSL y una pantalla Táctil, y en forma REMOTA con SCADA en el ACOR.

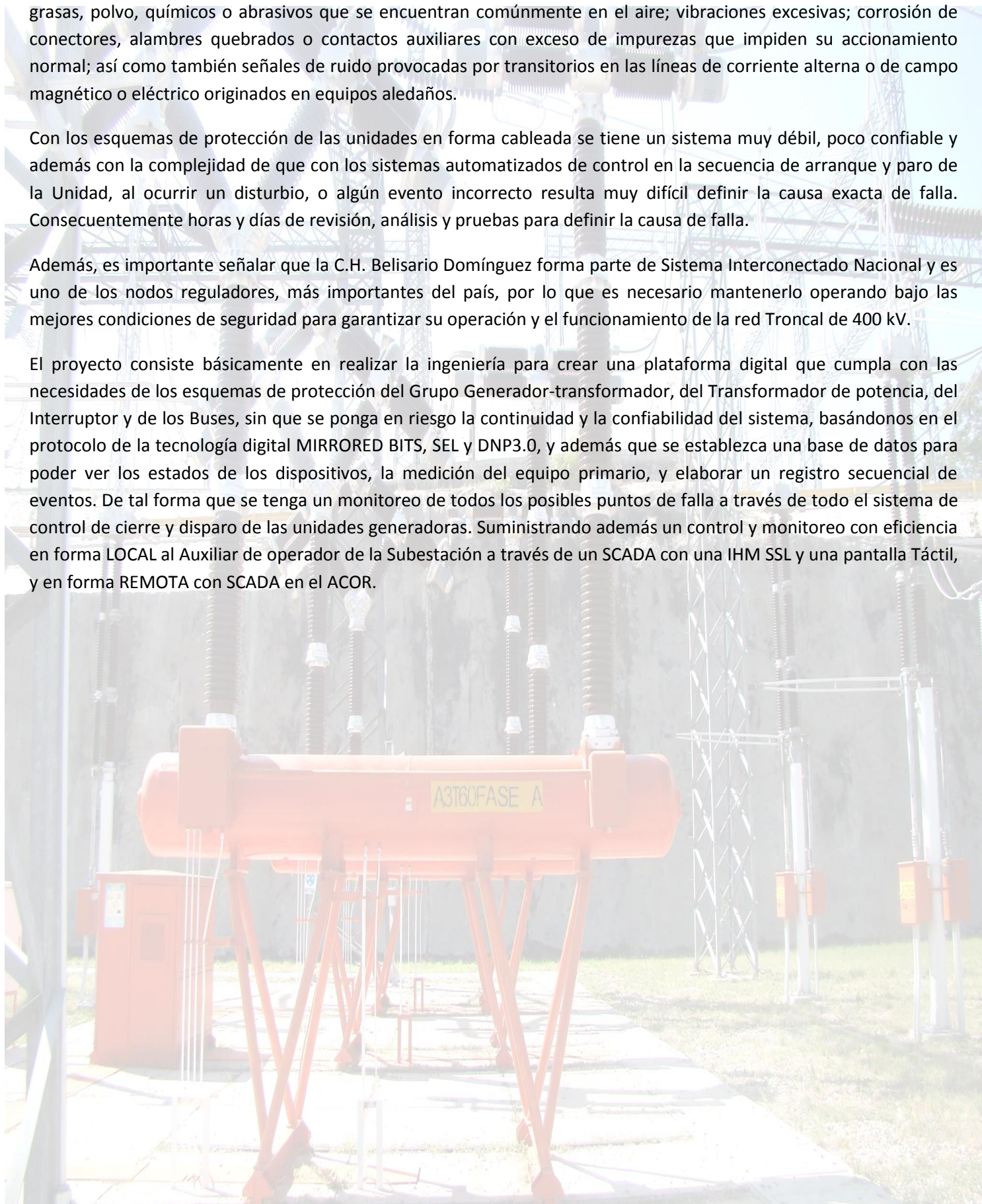




Figura 3.1: Cableado de las señales del área de 400 kV, antes de la modernización en el tablero dúplex.





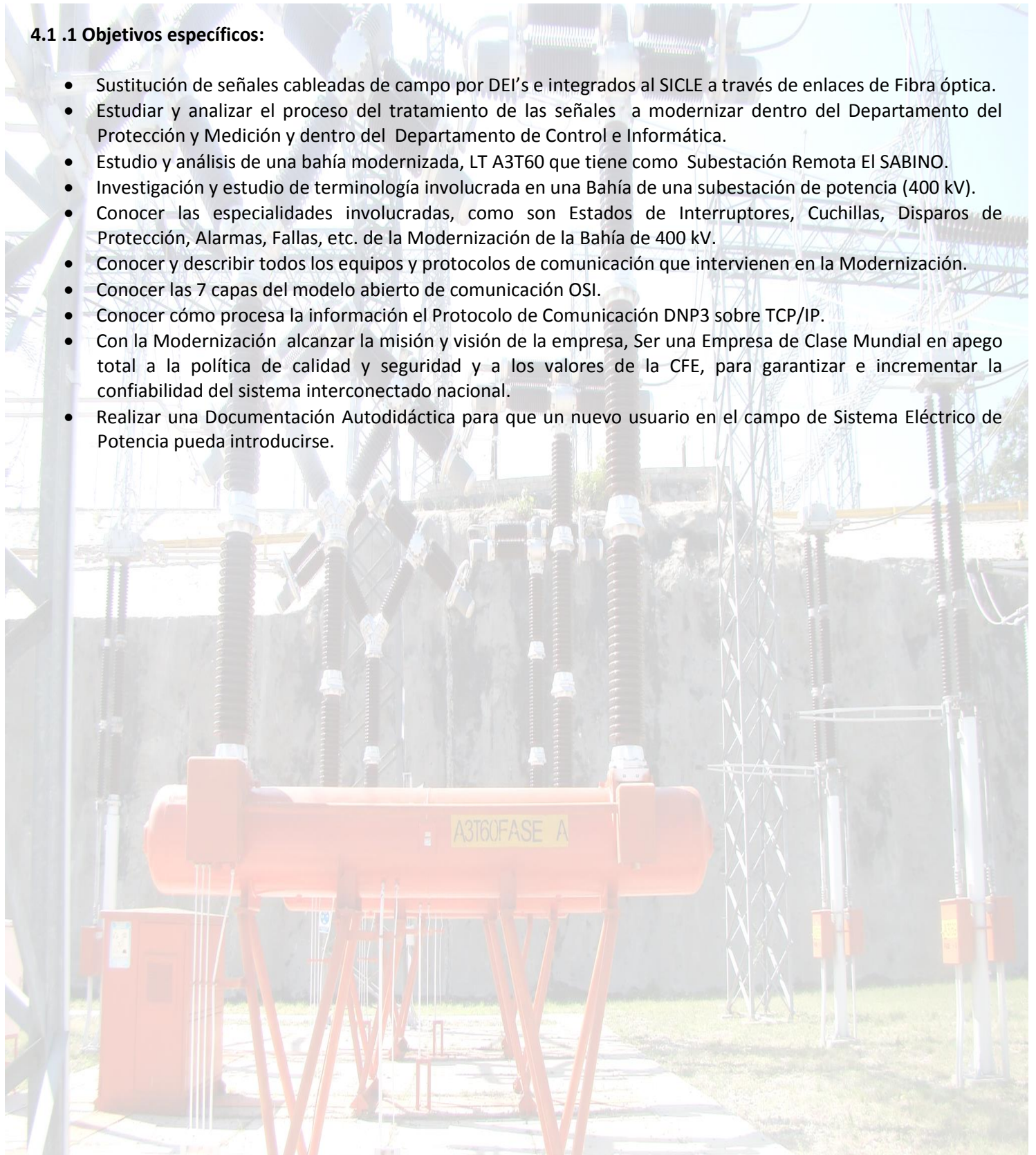
4.- OBJETIVOS:

4.1 Objetivo General:

Conocer paso a paso el procedimiento de la modernización del área de 400 kv de la Subestación Angostura, mediante el análisis de una Bahía, usando como medio de comunicación la Fibra Óptica, en mayor parte. A través de los Protocolos de Comunicación más actualizados como el DNP3.0, SEL y MIRRORRED BITS.

4.1 .1 Objetivos específicos:

- Sustitución de señales cableadas de campo por DEI's e integrados al SICLE a través de enlaces de Fibra óptica.
- Estudiar y analizar el proceso del tratamiento de las señales a modernizar dentro del Departamento de Protección y Medición y dentro del Departamento de Control e Informática.
- Estudio y análisis de una bahía modernizada, LT A3T60 que tiene como Subestación Remota El SABINO.
- Investigación y estudio de terminología involucrada en una Bahía de una subestación de potencia (400 kV).
- Conocer las especialidades involucradas, como son Estados de Interruptores, Cuchillas, Disparos de Protección, Alarmas, Fallas, etc. de la Modernización de la Bahía de 400 kV.
- Conocer y describir todos los equipos y protocolos de comunicación que intervienen en la Modernización.
- Conocer las 7 capas del modelo abierto de comunicación OSI.
- Conocer cómo procesa la información el Protocolo de Comunicación DNP3 sobre TCP/IP.
- Con la Modernización alcanzar la misión y visión de la empresa, Ser una Empresa de Clase Mundial en apego total a la política de calidad y seguridad y a los valores de la CFE, para garantizar e incrementar la confiabilidad del sistema interconectado nacional.
- Realizar una Documentación Autodidáctica para que un nuevo usuario en el campo de Sistema Eléctrico de Potencia pueda introducirse.



5.- CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÉ:

El área que se me asignó para realizar mi Residencia Profesional, fue el Departamento de Control e Informática del Sector Angostura, Área de Transmisión. Esta área de trabajo, como se podrá ir viendo en el transcurso del desarrollo

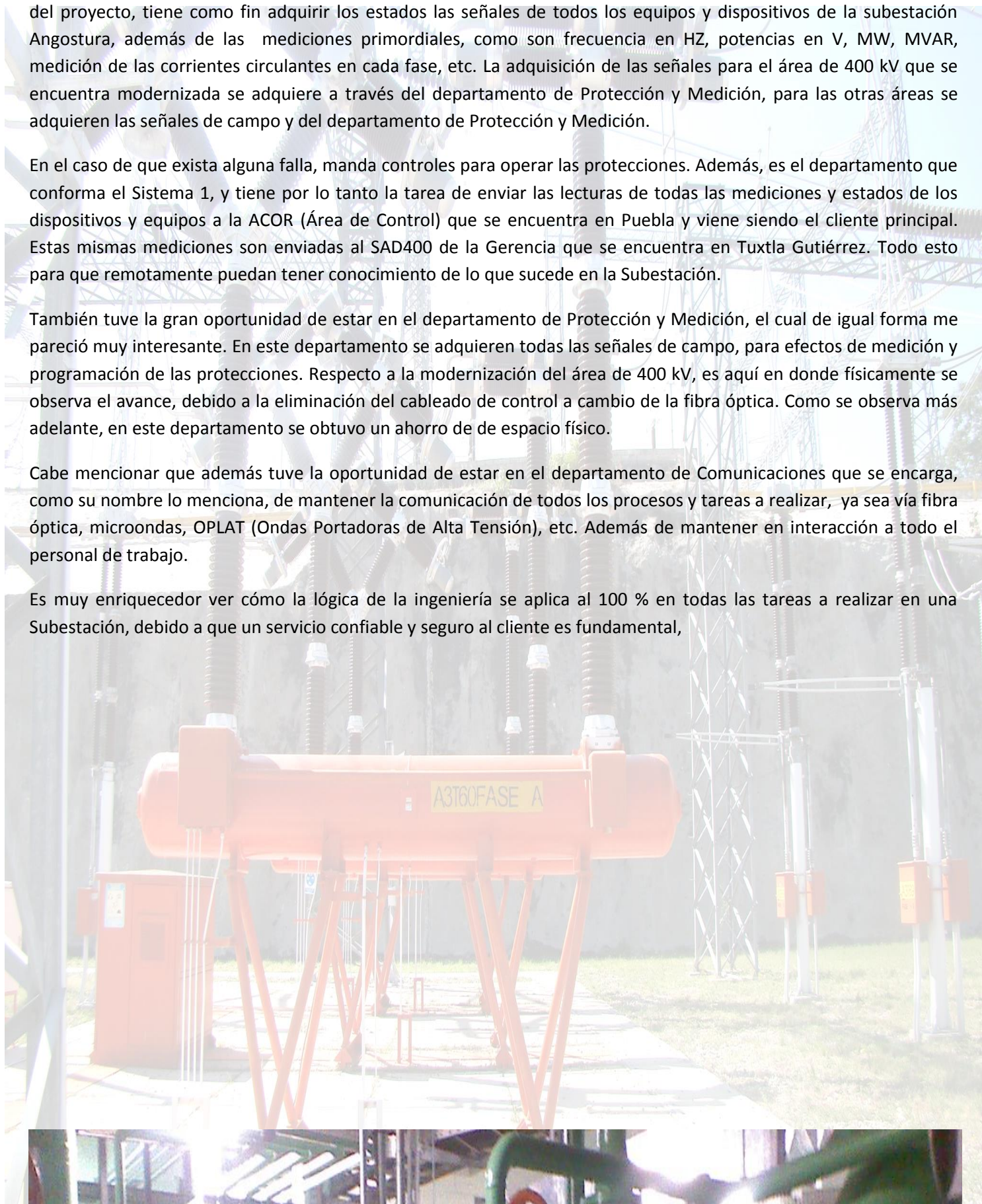
del proyecto, tiene como fin adquirir los estados las señales de todos los equipos y dispositivos de la subestación Angostura, además de las mediciones primordiales, como son frecuencia en HZ, potencias en V, MW, MVAR, medición de las corrientes circulantes en cada fase, etc. La adquisición de las señales para el área de 400 kV que se encuentra modernizada se adquiere a través del departamento de Protección y Medición, para las otras áreas se adquieren las señales de campo y del departamento de Protección y Medición.

En el caso de que exista alguna falla, manda controles para operar las protecciones. Además, es el departamento que conforma el Sistema 1, y tiene por lo tanto la tarea de enviar las lecturas de todas las mediciones y estados de los dispositivos y equipos a la ACOR (Área de Control) que se encuentra en Puebla y viene siendo el cliente principal. Estas mismas mediciones son enviadas al SAD400 de la Gerencia que se encuentra en Tuxtla Gutiérrez. Todo esto para que remotamente puedan tener conocimiento de lo que sucede en la Subestación.

También tuve la gran oportunidad de estar en el departamento de Protección y Medición, el cual de igual forma me pareció muy interesante. En este departamento se adquieren todas las señales de campo, para efectos de medición y programación de las protecciones. Respecto a la modernización del área de 400 kV, es aquí en donde físicamente se observa el avance, debido a la eliminación del cableado de control a cambio de la fibra óptica. Como se observa más adelante, en este departamento se obtuvo un ahorro de espacio físico.

Cabe mencionar que además tuve la oportunidad de estar en el departamento de Comunicaciones que se encarga, como su nombre lo menciona, de mantener la comunicación de todos los procesos y tareas a realizar, ya sea vía fibra óptica, microondas, OPLAT (Ondas Portadoras de Alta Tensión), etc. Además de mantener en interacción a todo el personal de trabajo.

Es muy enriquecedor ver cómo la lógica de la ingeniería se aplica al 100 % en todas las tareas a realizar en una Subestación, debido a que un servicio confiable y seguro al cliente es fundamental,



6.- PROBLEMAS A RESOLVER:

Como ya se ha observado en los puntos anteriores y se podrá seguir constatando, los beneficios a conseguir con todo este proceso de la Modernización son muchos, debido que se resolverán los siguientes problemas:

- ❌ Operaciones incorrectas del esquema de protección, provocadas por falla del cable de control, circuitos de control y relevadores auxiliares.
- ❌ Señales de ruido provocadas por transitorios en las líneas de corriente alterna o de campo magnético o eléctrico originados en equipos aledaños.
- ❌ Con los esquemas de protección de las unidades en forma cableada se tiene un sistema muy débil, poco confiable.
- ❌ Al ocurrir un disturbio, o algún evento incorrecto, resulta muy difícil definir la causa exacta de falla. Consecuentemente horas y días de revisión, análisis y pruebas para definir la causa de falla.
- ❌ Desperfectos en componentes de tipo mecánico en conectores, relevadores y otros.
- ❌ Acumulación de grasas, polvo, químicos o abrasivos que se encuentran comúnmente en el aire.
- ❌ Alambres quebrados o contactos auxiliares con exceso de impurezas que impiden su accionamiento normal.
- ❌ Pérdida del suministro repercute en grandes pérdidas económicas.
- ❌ Sin registro secuencial de eventos para tener un monitoreo de todos los posibles puntos de falla a través de todo el sistema de control de cierre y disparo de las unidades generadoras.

A3T60FASE A



7.- ALCANCES Y LIMITACIONES:

Con la modernización del área de 400 kv se conseguirá un ahorro económico alto, debido al ahorro considerable en la sustitución de cable de control de cobre por fibra óptica, disminución de tiempo y certidumbre en la atención de

fallas, disminución del índice de fallas, menos costo y menor tiempo en las puestas en servicio de nuevos proyectos y de modernización.

Con todo esto también se alcanza el ahorro de espacio físico, debido a que se eliminan por completo los tableros dúplex a cambio de los tableros simplex.

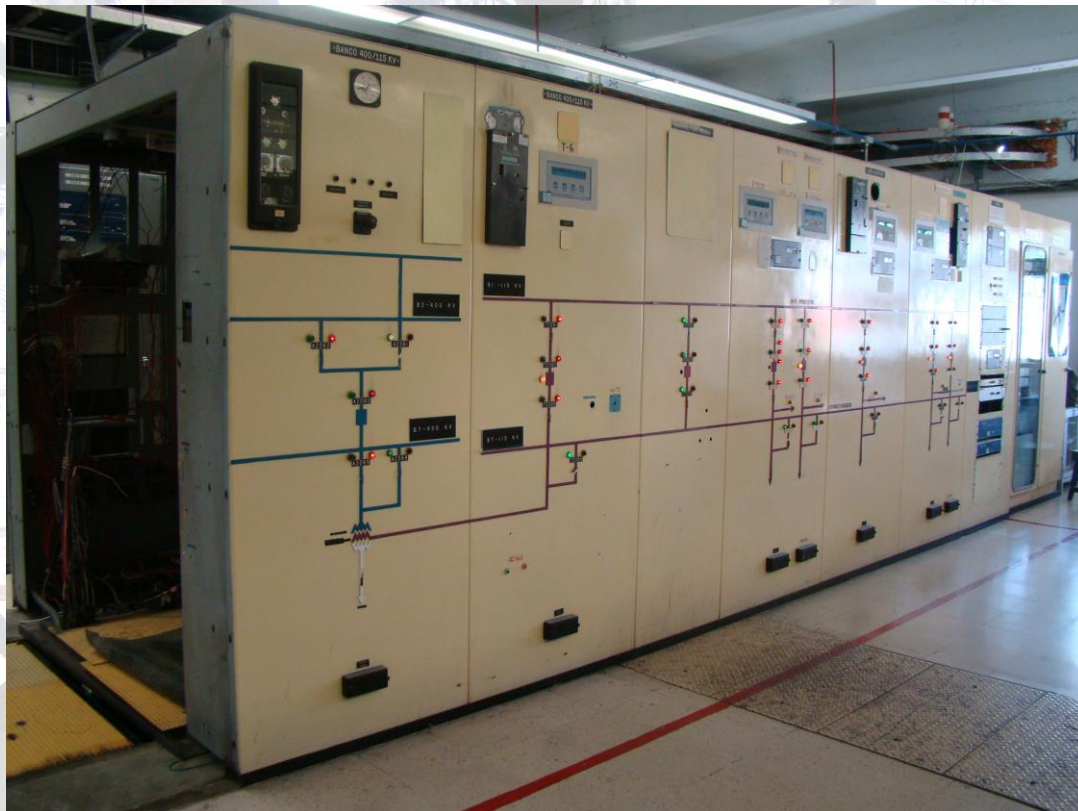


Figura 7.1: Tablero Dúplex. Equipos conectados en ambos lados.

Ahora bien, hablando de limitaciones, cabe mencionar que la única bahía del área de 400 que no está modernizada es la de la bahía del I-A2060, ya que tiene como equipo al Transformador Terciario, el cual disminuye los 400 kV a 115 kV (para alimentar esta área de 115) y en el tercer devanado se obtiene un potencial de 38.5 kV que ayuda a suministrar servicios propios. Por lo tanto, los esquemas de protección que requiere son muy delicados y sofisticados, y realmente no solo pertenece al área de 400 kV. Aunque se espera que para año próximo se modernice dicha bahía y se comience con la Modernización del Área de 400 kV.



Figura 7.2: Diagrama unifilar de la bahía del I-A2060 en el tablero dúplex.

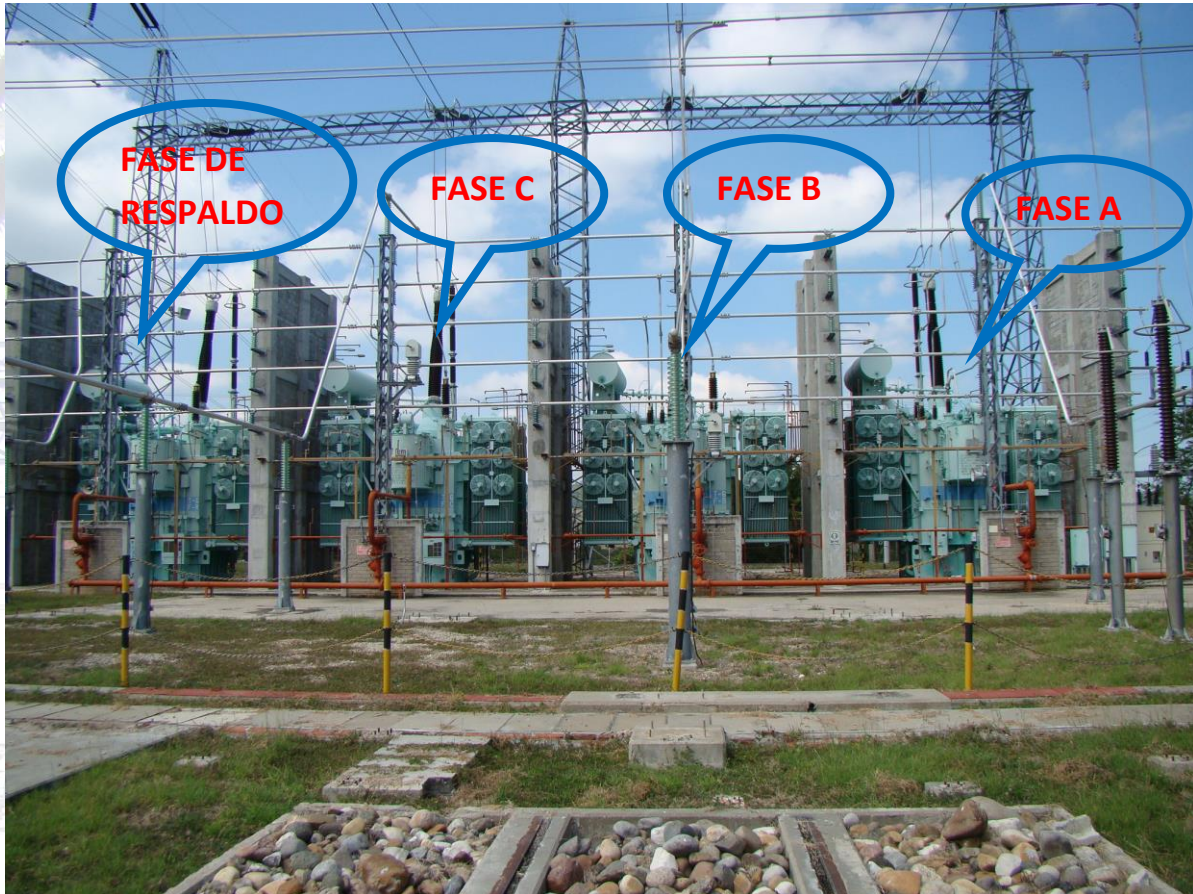


Figura 7.3: Transformador Terciario de la Subestación Angostura.





8.- FUNDAMENTO TEÓRICO:

8.1 MODELO ISO/OSI:

DNP3 es un protocolo para transmisión de datos de un punto A hacia un punto B, usando comunicación serial e IP. Este protocolo fue utilizado primeramente por compañías hidroeléctricas, pero sus funciones son muy buenas para otras áreas.

Para comprender mejor este protocolo de comunicación, estudiaremos antes los conceptos básicos. Primeramente empezaremos conociendo el modelo ISO/OSI.

8.1.1 INTRODUCCIÓN:

Las primeras soluciones en comunicación de datos fueron realizadas por fabricantes que propusieron estándares propietarios, como también sucedió con la fabricación de computadoras en los 70s y 80, para tener acuerdos entre fabricantes fue difícil, por tal motivo la organización internacional de estándares o ISO por sus siglas en inglés (International Standar Organization) , creo un modelo abierto de comunicación llamado OSI (Open System Interconexión).

8.1.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO OSI:

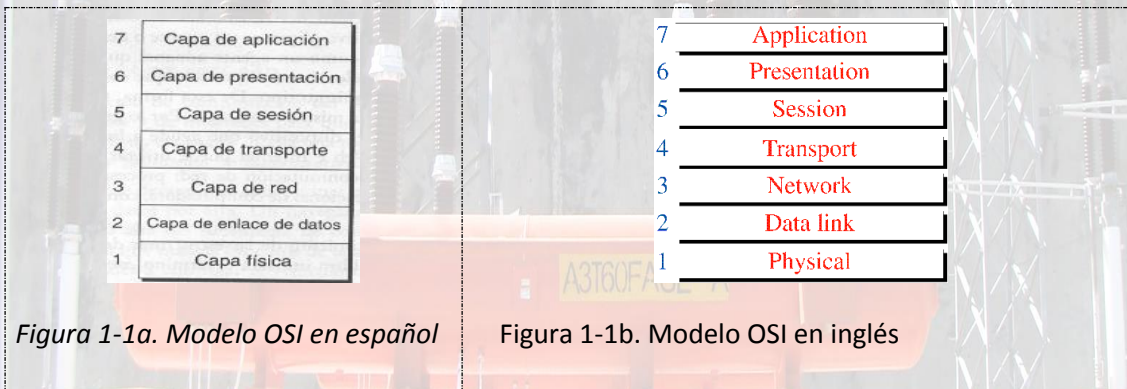


Figura 1-1a. Modelo OSI en español

Figura 1-1b. Modelo OSI en inglés

El modelo OSI es un marco mediante el cual se pueden comunicar diversos sistemas de cómputo, está basado en 7 capas. Ver figura 1-1ª y 1-1b. OSI es el modelo e ISO es la organización que lo propuso.

En la figura 1-2 se aprecia un modelo de comunicación OSI aplicado a un enlace entre 2 dispositivos (Device A y Device B) a través de 2 nodos intermedios como 2 ruteadores. En los dispositivos A y B se observan las 7 capas del modelo aplicadas y en los dispositivos intermedios solamente las primeras 3 capas.

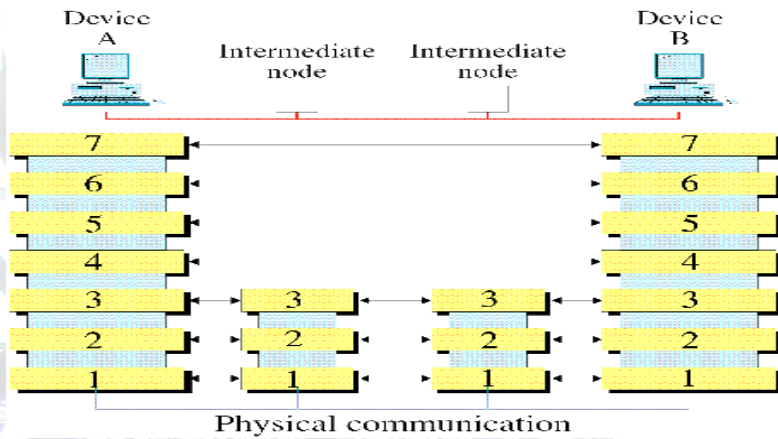


Figura 1-2. Modelo ISO-OSI.

Interfases: Entre cada capa del modelo existe una interfase de comunicación, por ejemplo entre la capa 1 y 2, existe la subinterfase 1-2, de esta forma existen también la interfase 2-3, la interfase 3-4, la interfase 4-5, la interfase 5-6 y la interfase 6-7.

Comunicación par a par: Es la comunicación entre las capas del mismo nivel, en la figura 1-2 se aprecia la comunicación par a par entre las capas 6 del dispositivo A al dispositivo B, así como entre los niveles 7, niveles 5 y niveles 4. Por otra parte se observa la comunicación par a par entre los niveles 1,2 y 3 del Dispositivo A y el nodo intermedio más cercano.

8.1.3 POR QUÉ ES NECESARIO EL MODELO OSI:

- Eliminación de estándares propietarios: permita la comunicación entre sistemas independientemente de la marca adquirida.
- División de la comunicación en partes: permite crear estándares en cada capa del modelo de manera especializada.
- Estudio y entendimiento de las comunicaciones: como en cursos.
- Soporte técnico: clasificando un problema en capas permite solucionar problemas de red de datos de forma estandarizada.

8.1.4 ENCAPSULACIÓN:

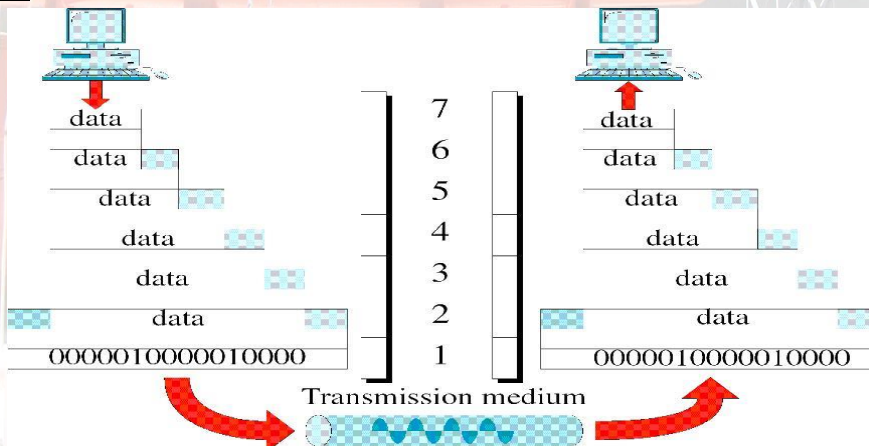


Figura 1-3. Intercambio de información en el modelo ISO-OSI

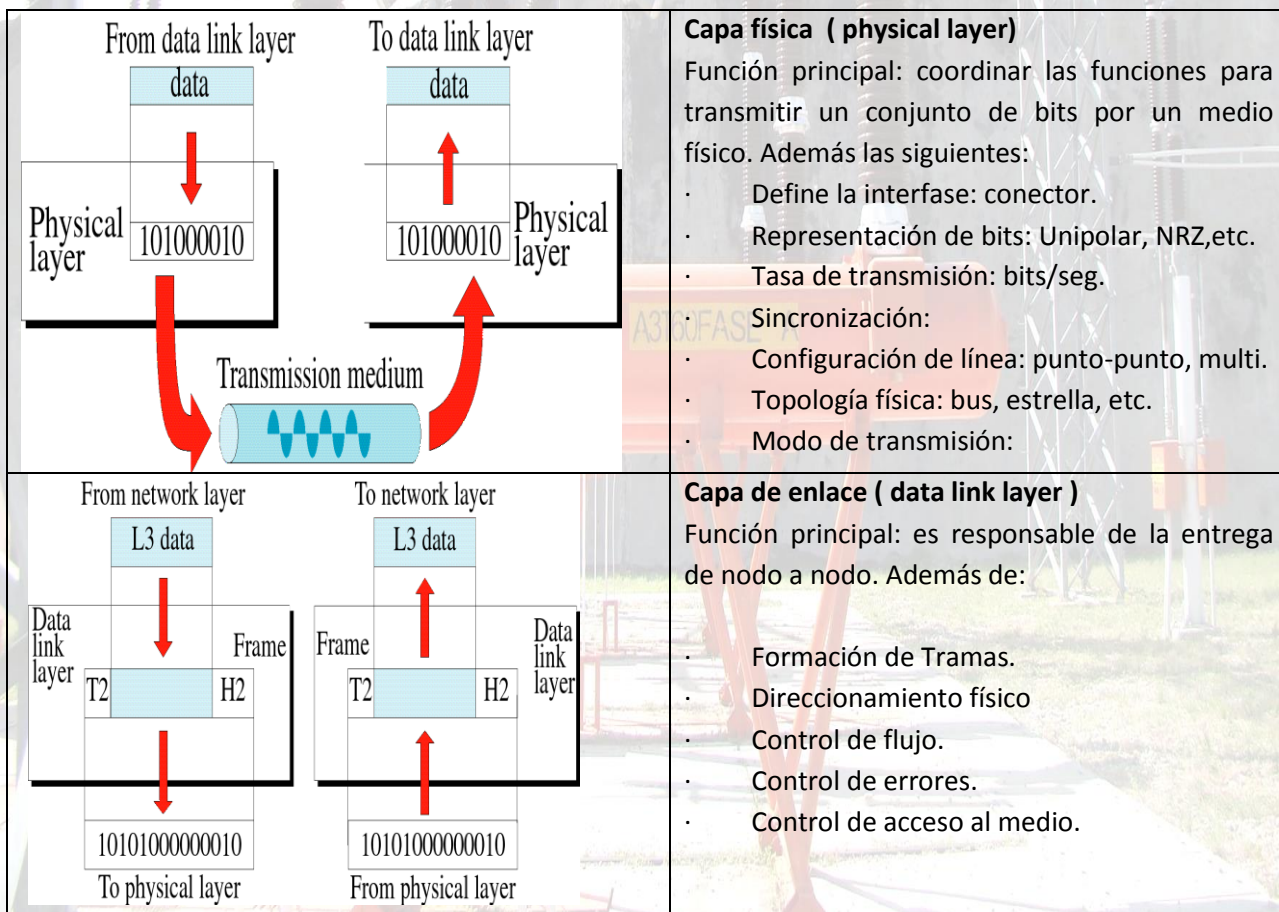
Encapsulación: Es la formación de los paquetes de un nivel superior dentro de un paquete de nivel inferior, por ejemplo: un paquete de nivel 7 se incluye dentro del paquete de nivel 6, a su vez un paquete de nivel 6 se incluye en la parte de datos del paquete de nivel 5, y así de esta forma se puede considerar hasta llegar al nivel 2.

Desencapsulación: Es la interpretación o separación de los paquetes en función de cada capa. Por ejemplo en la capa 2, la del enlace, la parte del encabezado tiene lo correspondiente a nivel 2, la parte de datos tiene todo el paquete de capa 3, capa de red.

8.1.5 OBSERVACIONES:

- La capa 2 es la única capa del modelo que tiene encabezado, datos y remanente. La sintaxis de este nivel se le conoce como trama.
- Los paquetes de capa 3 se le conoce como datagramas.
- Los paquetes de la capa 4 se conocen como segmentos.
- El proceso de encapsulación agrega encabezados y se aumenta el tamaño del paquete conforme va bajando de capa en capa del modelo OSI.
- El proceso de desencapsulación va quitando encabezados conforme va subiendo de capa a capa del modelo OSI.

8.1.6 FUNCIONES DE LAS CAPAS DEL MODELO OSI:



	<p>Capa de red (Network layer)</p> <p>Función principal: la entrega de un paquete de fuente a destino posiblemente a través de varias redes.</p> <p>Direccionamiento lógico: direcciones IP, IPX Ruteo: conectar con diversas redes, con protocolos de ruteo, como RIP, OSPF, EIGRP.</p>
	<p>Capa de transporte (Transport layer)</p> <p>Función principal: responsabilidad de entregar el mensaje completo de fuente a destino.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Direccionamiento por servicio. • Segmentación y reensamblado. • Control de conexión • Control de flujo • Control de errores
	<p>Capa de sesión (Session layer)</p> <p>Función principal: establece, mantiene y sincroniza el diálogo.</p> <p>Control del diálogo: uno o ambos a la vez. Sincronización: poner marcas en el mensaje.</p>
	<p>Capa de presentación (Presentation layer)</p> <p>Función principal: es responsable de la sintaxis y la semántica de la información que se intercambia.</p> <p>Traducción: codificación de letras y números. Encriptación: cifrar el mensaje.</p>

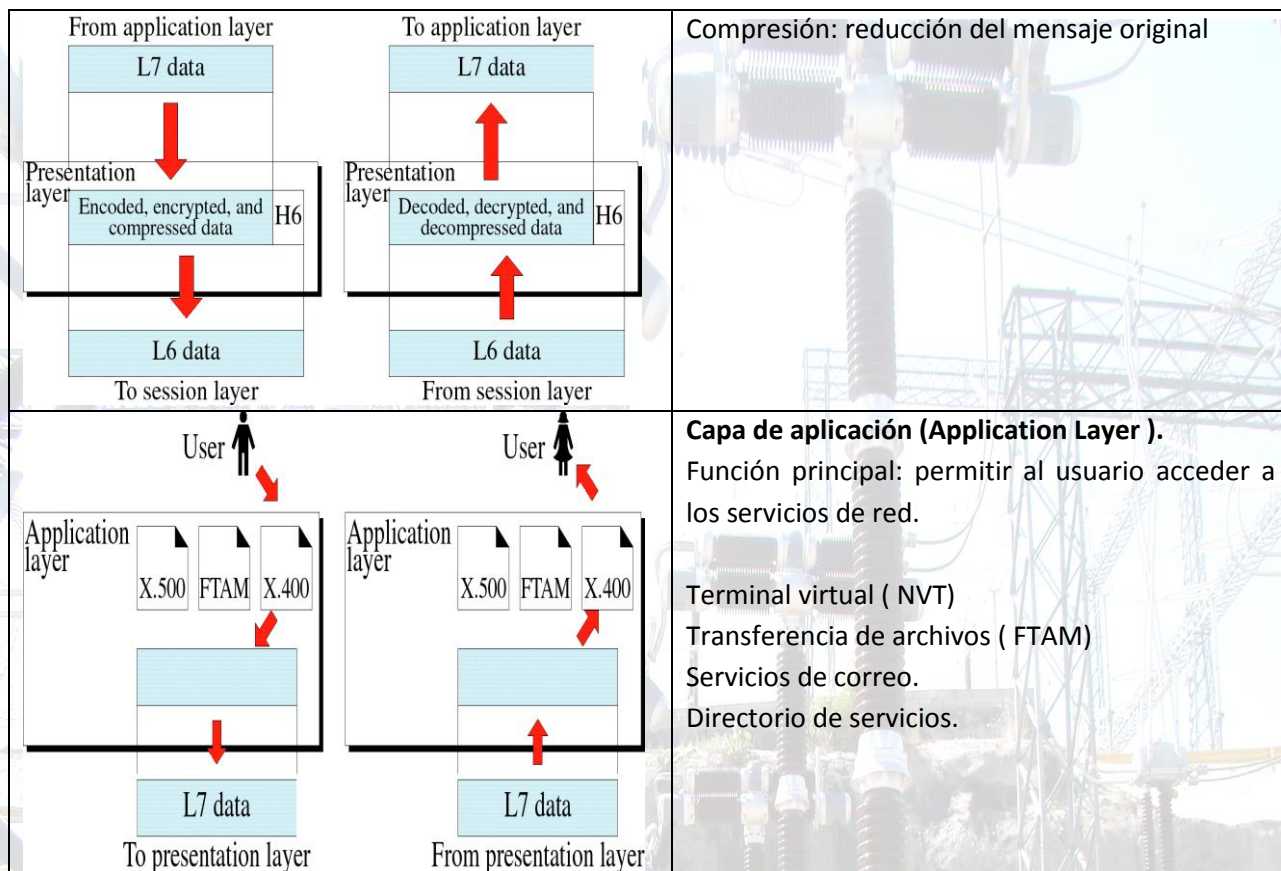


Tabla 1-1. Funciones de las capas del modelo OSI

8.1.7 DIRECCIONAMIENTO:

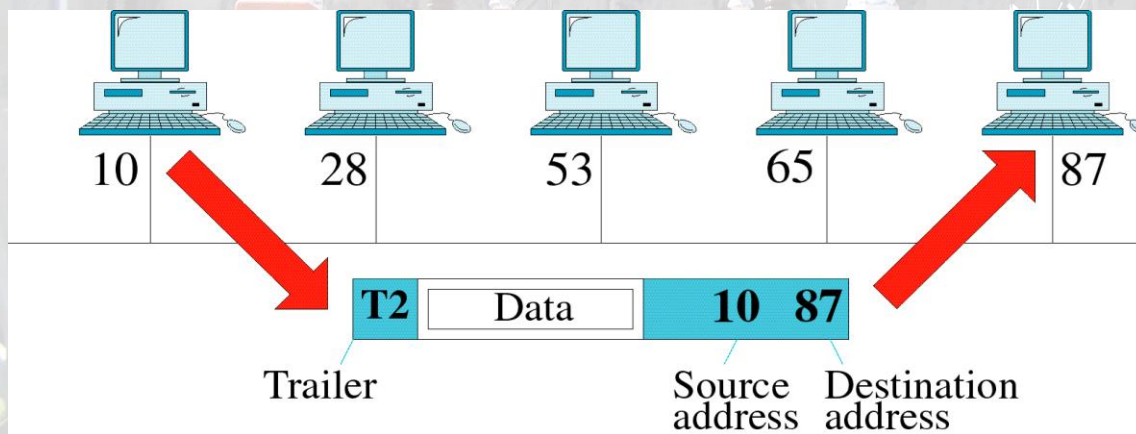


Figura 1-4. Ejemplo de la capa de datos "Data Link Layer"

En la figura 1-4 se aprecia una red que tiene direcciones físicas identificadas por 10, 28, 53, 65 y 87. El sistema 10 requiere enviar un paquete o trama al destino 87, la capa de datos forma la trama tomando el paquete de la capa de red lo coloca como datos "Data", le agrega el encabezado de la dirección destino, dirección del emisor y su

correspondiente remanente "Trailer".

En la figura 1-5 se presenta un ejemplo con direccionamiento de capa de enlace y de capa de red, el mensaje se requiere enviar del sistema A al sistema P, observa lo siguiente:

- Existen 2 tipos de direcciones, las numéricas y alfabéticas
- Las direcciones numéricas se refieren a direcciones de la capa de enlace o físicas,
- Las direcciones alfabéticas se refieren a las direcciones de la capa de red.
- Se tienen 3 topologías de red, 2 del tipo bus y 1 del tipo anillo.
- Para unir las redes existe un ruteador.
- La trama o el paquete de capa de enlace se forma 4 veces con diferentes direcciones
- La dirección de capa de red no cambia.
- Se omite la formación de una trama, con dirección destino 66 y dirección emisor 33.

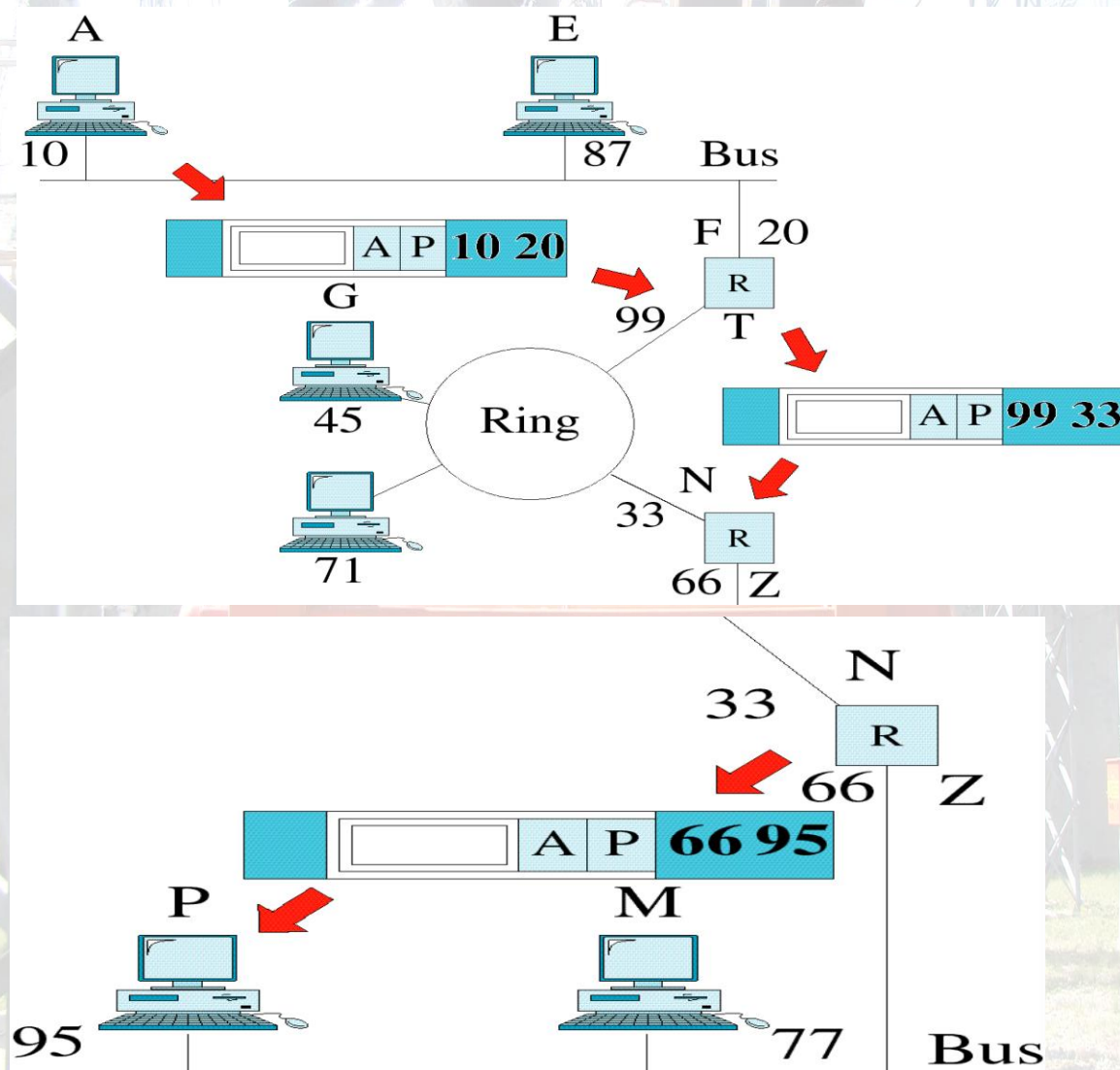


Figura 1-5. Ejemplo de la capa 3, capa de red o "Network Layer"

8.1.8 COMPARACIÓN DEL MODELO OSI CON MODELO DE RED TCP/IP:

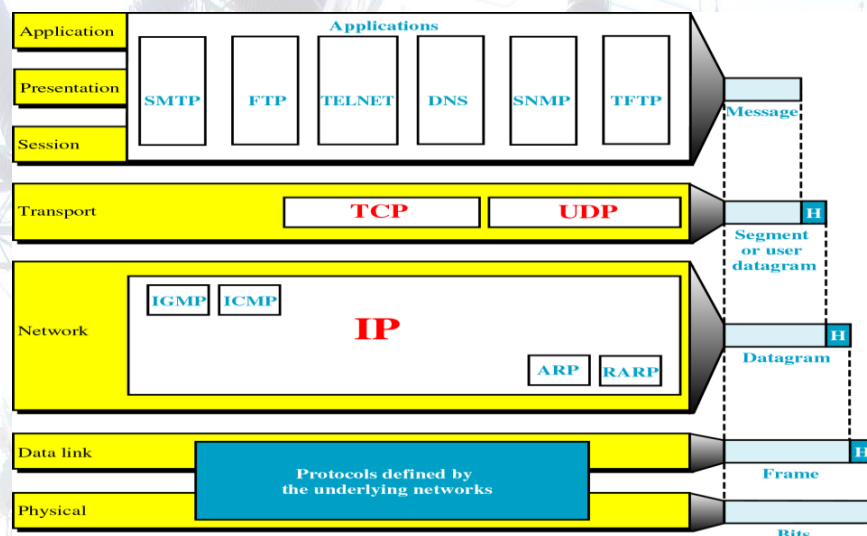


Figura 1-6. Modelo TCP/IP y el modelo OSI.

Haciendo un comparativo en la figura 1-6, se observa lo siguiente:

- TCP/IP considera 5 capas y OSI 7.
- La capa de aplicación del TCP/IP corresponde con Aplicación, Presentación y Sesión del modelo OSI.
- Las capas de transporte y red de TCP/IP corresponden con las del modelo OSI.
- El modelo TCP/IP no incluye protocolos de enlace y físicos, son desarrolladas por terceros.
- Las capas física y de enlace corresponden con las del modelo OSI.
- Los protocolos de aplicación en TCP/IP son SMTP para correo electrónico, FTP Y TFTP para transferencia de archivos, TELNET para acceder remotamente.
- Los protocolos de transporte en TCP/IP son TCP y UDP.
- Los protocolos de la capa de red IP, IGMP, ICMP, ARP, RARP.

Ahora bien, para seguir con el estudio previo al protocolo DNP3, a continuación conoceremos un poco más sobre el protocolo TCP/IP.

8.2 PROTOCOLO TCP/IP:

8.2.1 INTRODUCCIÓN:

El protocolo TCP/IP es utilizado en la mayoría de las organizaciones o empresas para los ambientes de redes locales, metropolitanas y amplias, además es utilizado ampliamente en Internet, una de las tareas del administrador de la red es asignar direcciones IP, en este capítulo se inicia con la explicación desde el origen de las direcciones IP con clases, posteriormente se explica cómo se administran actualmente sin clase. Todos los equipos que se conectan a la red requieren de una dirección IP.

8.2.2 DEFINICIÓN DE DIRECCIÓN IP:

Una red de computadora es la interconexión entre las computadoras a través de equipos de comunicación y con la configuración del protocolo TCP/IP. Con el objetivo de obtener información, la red puede ser en cortas distancias o largas distancias, incluyendo el equipo de comunicaciones y el software.

8.2.3 FAMILIA DE DIRECCIONES IP:

Identificación que tiene asignado un nodo de la red para comunicarse con otros nodos mediante el protocolo TCP/IP, es un número entero de 32 bits (versión 4), en forma decimal tiene el formato x.y.w.z.

Conceptualmente cada dirección está compuesta por una parte de red y por otra parte de host, donde la parte de red "netid" identifica la red y la parte de anfitrión "hostid", identifica el nodo de la red. Ejemplo.

Red	Nodo
159.16.	244.1

Tabla 3-1. Partes de la dirección IP.

En el ejemplo anterior la dirección IP es 159.16.244.1, donde 159.16 es parte de red y 244.1 es la parte del nodo o hostid.

Existen 5 tipos de redes conocidas como los tipos "A", "B", "C", "D" y "E" como se observa la tabla 3-2 y 3-3, en la primera tabla se observan los rangos de direcciones IP (versión 4) de las clases mencionadas.

Clase	Inicio	Fin
Clase A	0.0.0.0	127.255.255.255
Clase B	128.0.0.0	191.255.255.255
Clase C	192.0.0.0	223.255.255.255
Clase D	224.0.0.0	239.255.255.255
Clase E	240.0.0.0	255.255.255.255

Tabla 3-2. Familia de direcciones IP en decimal

0	1	2	3	8	16	24	31
0	Red tipo "A"			Nodo			
1	0	Red tipo "B".			Nodo		
1	1	0	Red tipo "C".			Nodo	

1	1	1	0	Red tipo "D"
1	1	1	1	Red tipo "E"

Tabla 3-3. Familia de direcciones IP en binario.

Una vez definida la dirección IP, se puede determinar su tipo según los 4 primeros bits de orden, por una parte las direcciones tipo "A", utilizan 8 bits para la dirección de red y 24 bits para la parte de nodo, es decir tienen más nodos "hosts" que redes, se pueden tener 126 redes y 16,777,214 nodos (hosts) por cada red.

Las direcciones tipo "B" utilizan 16 bits para la parte de red "netid", de los cuales los primeros 2 son "10" binario y 16 bits para la parte del nodo "hosts". Es decir se pueden tener 16,384 redes y 65,534 nodos por red

Las direcciones tipo "C" utilizan 24 bits para la parte de red "netid" y 8 bits para la parte del nodo "hosts". Es decir se pueden tener 2,097,152 redes y 254 nodos por red

Las direcciones tipo "D" se utilizan para multicast, en esta clase no hay parte de red y parte de nodo, toda la dirección es utilizada para multicast, van desde la dirección 224.0.0.0 a 239.255.255.255.

Las direcciones tipo "E" están reservadas para uso especial, no tiene parte de red ni parte de host, los primeros 4 bits definen la clase, van desde la dirección 240.0.0.0 a la dirección 255.255.255.254.

Para distinguir los tipos de direcciones basta con convertir el primer número de la dirección IP, analizar los primeros 4 dígitos y así se puede clasificar, o bien considerar el rango del primer componente de la dirección IP, en la tabla 3-4 se muestran varios ejemplos.

Dirección IP	Conversión del primer número	Comentario
10.0.1.2	El número decimal 10 en esta entre 10 y 126	Como inicia con "0" en la primera posición es del tipo "A"
159.16.211.110	El número decimal 159 se encuentra en entre 128 y 191, por lo tanto es de clase "B".	El 159 en binario es 10010101, como inicia con 10 en la primeras 2 posiciones, entonces es de clase "B".
200.15.10.2	El número decimal 200 se encuentra entre 192 y 223, por lo tanto es de clase "C".	El 200 en binario es 11001000, como inicia con los bits 110 entonces es del tipo "C".
225.0.0.1	El número decimal 225 se encuentra en el rango de 224 a 239, por lo tanto es de clase "D".	El 225 en binario es 11100001, como inicia con los bits 1110 entonces es del tipo "D".
240.0.0.0	El número decimal 240 se encuentra en el rango de 240 a 255, por lo tanto es de clase "E".	El 240 en binario es 11110000, como inicia con los bits 1111, entonces es del tipo "E".

Tabla 3-4. Ejemplos de tipos de direcciones.

8.2.4 OTROS ASPECTOS DE TCP/IP:

- Cada parte de la dirección IP va de 0 a 255, no se pueden utilizar valores negativos ni mayores a 255.
- La dirección IP debe ser única en toda la red.
- Las direcciones IP no pueden empezar con 127 en la primera posición, estas direcciones que empiezan con

127.x.y.z, son para pruebas, ejemplo 127.0.0.1 es el mismo equipo “localhost”.

- La parte del nodo de la red “Host” no puede ser 255, ejemplo 159.16.297.255.
- La parte del nodo de la red “Host” no pueden ser 0, ejemplo 159.16.297.0
- En la configuración del protocolo TCP/IP se utilizan un valor asociado que se conoce como máscara y se utiliza para identificar la subred.

8.2.5 REDES TCP/IP:

Una red es un conjunto de IPs que tienen la misma máscara de red, la misma dirección de difusión (broadcast)

La máscara es un concepto que tiene el formato de una dirección IP que mediante esta se define una red TCP/IP.

Tipo Direcciones	Máscara
Clase A	255.0.0.0
Clase B	255.255.0.0.
Clase C	255.255.255.0

Tabla 3-5. Máscara de las clases A, B y C.

La interpretación de la tabla 3-5 es que la Clase de direcciones IP “A” la parte de red está representada en el primer octeto (byte) como se aprendió de la Tabla 3-2 y 3-3. Para la direcciones de Clase “B” la parte de red de estas direcciones se toma los dos primeros octetos (bytes) y en las direcciones de Clase “C” la parte de red está formada por los 3 primeros octetos (bytes). Es decir los octetos donde aparece el 255 definen la parte de la dirección IP que identifica la red a la que pertenece.

En la tabla 3-6 se muestra el desplegado de una red TCP/IP de la clase “C” para la red 200.168.2 que tiene 256 nodos, empieza con la dirección 1, de las cuales la primera dirección IP pertenece a la identificación de la red (200.168.2.0), de la 2 a la 255 están disponibles para los nodos de esta red (200.168.2.1 a la 200.168.2.254) y la dirección 256 (200.168.2.255) es la dirección de difusión de la red.

No.	Dirección	Comentario
1	200.168.2.0	Dirección de subred
2	200.168.2.1	Dirección nodo 1
3	200.168.2.2	Dirección nodo 2
4	200.168.2.3	Dirección nodo 3
5	200.168.2.4	Dirección nodo 4
6	200.168.2.5	Dirección nodo 5
250	200.168.2.249	Dirección nodo 249
251	200.168.2.250	Dirección nodo 250
252	200.168.2.251	Dirección nodo 251
253	200.168.2.252	Dirección nodo 252
254	200.168.2.253	Dirección nodo 253
255	200.168.2.254	Dirección nodo 254
256	200.168.2.255	Dirección de difusión

Tabla 3-6. Desplegado de direcciones de la red Máscara de las clases A, B y C.

Por definición en una red TCP/IP existen 2 direcciones definidas para el propio protocolo, la *dirección cabecera de la*

red que siempre es la primera, en el ejemplo es la dirección 200.168.2.0, que sirve para identificar a la red, la segunda dirección definida es la de difusión que siempre es la última de la red, que sirve para difundir un mensaje a toda la red, en ejemplo es la dirección 200.168.2.255.

Puerta de enlace (gateway): es la dirección red IP que permite enlazar a otras redes IP, normalmente se apunta al ruteador, es posible que sea la misma dirección IP cuando la red es interna.

Nombre del equipo (host): Es la identificación en 8 caracteres de un nodo de la red, la mayor parte de los servidores tienen su nombre, se utiliza para comunicación en lugar de la dirección. Mas adelante en este mismo curso se hace referencia a esta equivalencia.

8.2.6 REDES EN CFE:

Para optimizar el la utilización de las direcciones IP en CFE, la cantidad de nodos de la red se ha definido de 16 y de 64 nodos, en estos casos se tiene como máscara 255.255.255.240 y 255.255.255.192 respectivamente.

No.	Dirección	Comentario
1	159.16.110.0	Dirección de subred
2	159.16.110.1	Dirección nodo 1
3	159.16.110.2	Dirección nodo 2
4	159.16.110.3	Dirección nodo 3
5	159.16.110.4	Dirección nodo 4
6	159.16.110.5	Dirección nodo 5
12	159.16.110.11	Dirección nodo 11
13	159.16.110.12	Dirección nodo 12
14	159.16.110.13	Dirección nodo 13
15	159.16.110.14	Dirección nodo 14
16	159.16.110.15	Dirección de difusión

Tabla 3-7. Despliegado de direcciones de la red de Clase “B”, máscara 255.255.255.240.

En la tabla 3-7 se muestra el despliegado de una red TCP/IP de la clase “C” con una máscara 255.255.255.240 diferente a la definida para la Clase “C” (255.255.255.0), para la red 159.16.110.0 que tiene 16 nodos, empieza con la dirección 1, de las cuales la primera dirección IP pertenece a la identificación de la red (159.16.110.0), de la 1 a la 15 están disponibles para los nodos de esta red (159.16.110.1 a la 159.16.110.14) y la dirección 16 (159.16.110.15) es la dirección de difusión de la red.

En la tabla 3-8 se muestra el despliegado de una red TCP/IP de la clase “A” con una máscara 255.255.255.192 diferente a la definida para la Clase “A” (255.0.0.0) , para la red 10.37.24.0 que tiene 64 nodos, empieza con la dirección 1, de las cuales la primera dirección IP pertenece a la identificación de la red (10.37.24.0), de la 1 a la 63 están disponibles para los nodos de esta red (10.37.24.1 a la 10.37.24.62) y la dirección 64 (10.37.24.63) es la dirección de difusión de la red.

No.	Dirección	Comentario
1	10.37.24.0	Dirección de subred
2	10.37.24.1	Dirección nodo 1
3	10.37.24.2	Dirección nodo 2
4	10.37.24.3	Dirección nodo 3
5	10.37.24.4	Dirección nodo 4

No.	Dirección	Comentario
6	10.37.24.5	Dirección nodo 5
60	10.37.24.59	Dirección nodo 58
61	10.37.24.60	Dirección nodo 59
62	10.37.24.61	Dirección nodo 60
63	10.37.24.62	Dirección nodo 62
64	10.37.24.63	Dirección de difusión

Tabla 3-8. Despliegado de direcciones de la red de Clase "A" máscara 255.255.255.192.

8.4.7 DIRECCIONES ESPECIALES:

En la tabla 3-9 se muestra un resumen de las direcciones especiales IP.

Tipo de dirección	Red	Nodo	Fuente o destino
Dirección de red	Específica	Todos 0	Ninguno
Dirección directa de multidifusión (broadcast)	Específica	Todos 1	Destino
Limitada de multidifusión	Todos 1	Todos 1	Destino
Este nodo en esta red	Todos 0	Todos 0	Fuente
Nodo específico en esta red	Todos 0	Específico	Destino
Dirección de ciclo "loopback"	127	Algunos	Destino

Tabla 3-9. Direcciones especiales.

La *dirección de red* es una dirección IP completa cuya parte de nodo (host) es igual a cero, representa la cabecera de la red.

La *dirección directa de multidifusión (broadcast)*, es una dirección IP completa cuya parte de nodo son 1's, se utiliza para enviar un mensaje a todos los nodos de la red especificada.

La *dirección limitada de multidifusión (broadcast)*, es una dirección IP completa cuya parte de red y parte de nodo son 1's, es decir, 255.255.255.255, es limitada porque solo tiene alcance en la misma red donde pertenece el nodo.

Esta red en este host, es la dirección IP con todos los valores 0, se utiliza cuando un nodo de red no tiene asignada una dirección IP.

Nodo específico en esta red, se utiliza para enviar un paquete a otro nodo de la misma red, es una forma de comunicarse segura sin pasar el paquete por el ruteador.

Dirección de prueba (loopback), es una dirección IP de tipo A cuya parte de red es 127, generalmente se utiliza la dirección 127.0.0.1 para probar el software del protocolo IP.

8.2.8 DIRECCIONES UNIDIFUSIÓN, MULTIDIFUSIÓN Y DIFUSIÓN:

La comunicación entre los nodos de una red TCP/IP se puede realizar de 3 maneras: unidifusión, multidifusión y difusión.

Unidifusión es cuando la comunicación entre nodos de red es de uno a uno, las direcciones de unidifusión pertenecen

a las clases A, B y C.

Multidifusión, es cuando la comunicación entre nodos de la red se realiza de uno a muchos, una sola dirección de clase D representa un grupo de direcciones, esta dirección es solamente de destino. Ejemplo: 224.0.0.2, significa a todos los ruteadores de esta subred.

Difusión, es cuando la comunicación entre nodos de la red se realiza de uno a todos, una sola dirección de difusión indica que es para todos los nodos de la red.

8.2.9 DIRECCIONAMIENTO IP:

Para conectarse a internet una empresa requiere la autorización de una dirección de red, que puede ser de clase A, B o C. Direcciones de Clase A Y B están asignadas, solo se tienen direcciones de clase C. Cuando a una empresa se le asigna una dirección IP, lo que realmente se hace es asignarle una dirección de red, para distribuirla en todos los nodos de la red de la empresa se asigna un Administrador de la red.

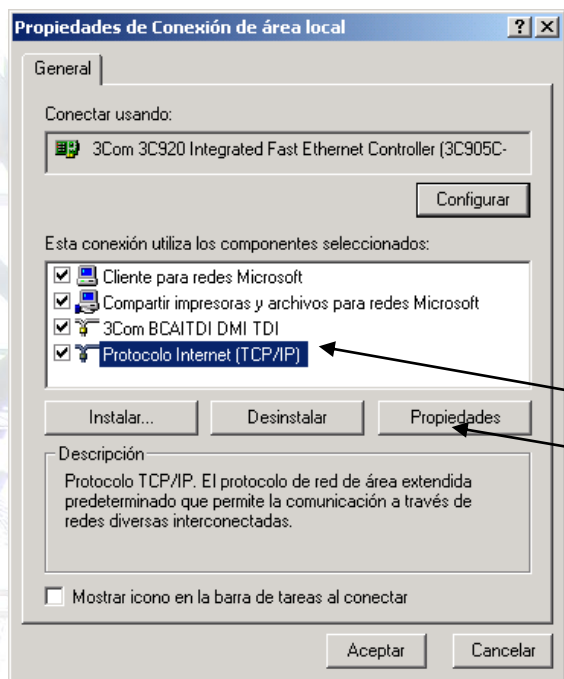
Por otra parte existen redes reservadas, conocidas como redes privadas, que aunque son aparentemente validas no son asignadas, observa la siguiente tabla:

Clase	Dirección de red	Total
A	10	1
B	172.16 A 172.31	16
C	192.168.0 A 192.168.255	256

8.2.10 CONFIGURACIÓN DEL PROTOCOLO TCP/IP DE UNA COMPUTADORA CON WINDOWS 2000:

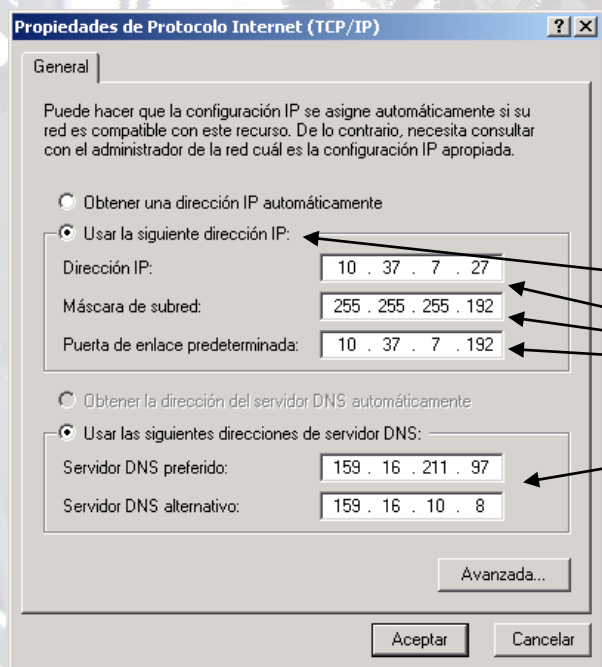
No.	¿Qué?	¿Cómo?
1	Entrar a la opción de configuración del Protocolo TCP/IP.	Escritorio ->Mis sitios de red->Boton derecho->Propiedades->Conexión de area local->Boton derecho->Propiedades.
2	Seleccionar el protocolo	Ver figura 3-14
3	Poner dirección de red	Ver figura 3-15
4	Poner puerta de enlace	Ver figura 3-15
5	Ordenar DNS	Ver figura 3-16
6	Probar funcionamiento del protocolo	Ping localhost o ping 127.0.0.1
7	Probar funcionamiento a otro equipo	Ping dirección, ejemplo 159.16.244.14

Tabla 3-10. Pasos para configurar TCP/IP en Windows 2000



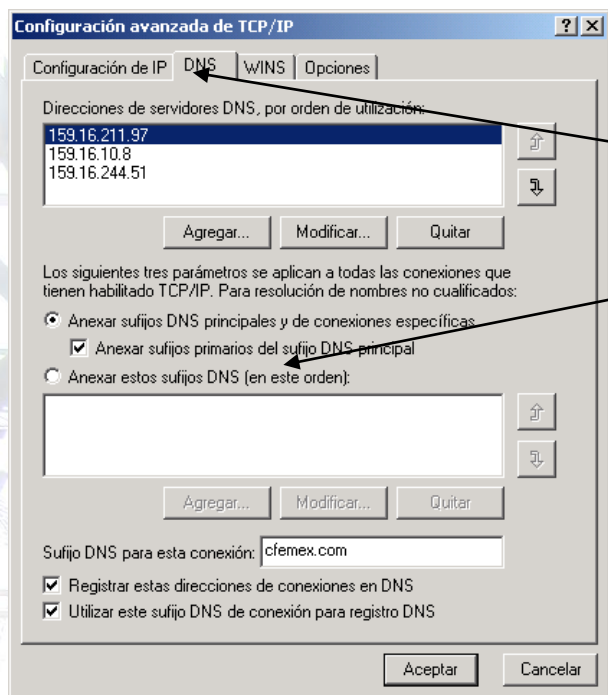
- Seleccionas el Protocolo TCP/IP
- Propiedades

Figura 3-14. Configuración del Protocolo TCP



- Activar Usar la siguiente dirección IP
- Se le asigna la dirección
- Y en la misma pantalla se le asigna la máscara, puerta de enlace y DNS

Figura 3-15. Configuración del IP, Mascara, Gateway y DNS



- Después en avanzada
- Activamos la pestaña de DNS
- Ahí se mueve al orden que se requiera

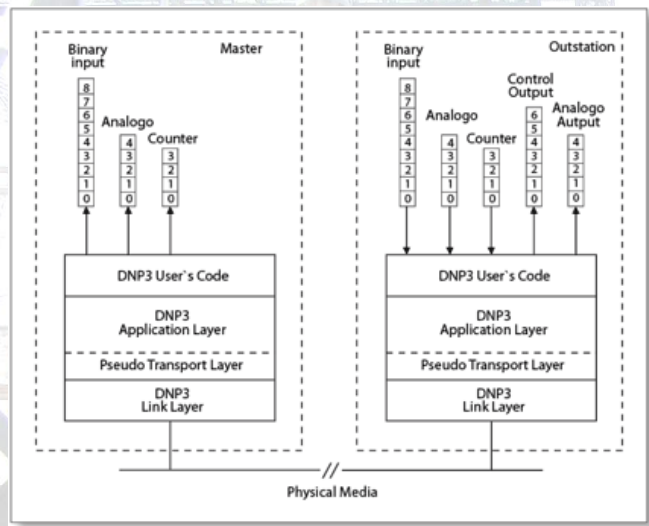
Figura 3-16. Configuración y ordenamiento del DNS.



8.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN DNP3.0:

DNP significa “Protocolo para Red Distribuida” (Distributed Network Protocol, en inglés) y su versión actual es la 3.0. Hoy un protocolo abierto y público (no propietario), la responsabilidad de mantener y definir futuras especificaciones del estándar fue entregada al Grupo de Usuarios de DNP3, un grupo compuesto por usuarios y fabricantes, que cuenta actualmente con más de 300 miembros.

El protocolo DNP3 está basado en el estándar de IEC (Internacional Electrotechnical Commission), comité 57, grupo de trabajo 03, quienes han trabajado en tres capas del modelo OSI de 7 capas, como se ilustra en la figura siguiente. DNP3 ha sido seleccionado por IEEE C.2 como práctica recomendada para comunicaciones entre RTU e IED.



8.3.1 UN POCO DE HISTORIA:

Con el protocolo IEC 60870-5 todavía en desarrollo, era necesario crear un estándar que permitiera la interoperabilidad entre componentes y tecnologías de diversos fabricantes. Por esta razón, GE-Harris Canada se basó en las especificaciones parciales del estándar en desarrollo para generar un protocolo abierto e implementable inmediatamente, específicamente diseñado para el mercado norteamericano.

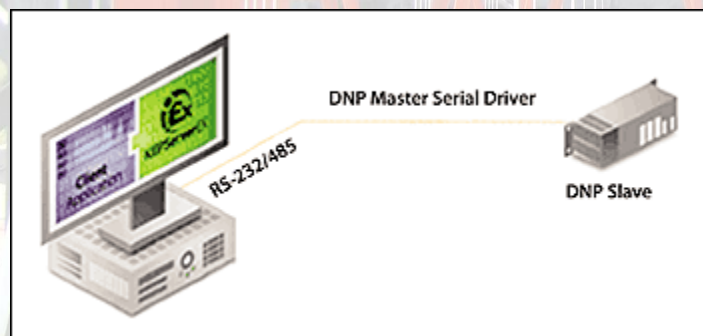
Este protocolo se desarrolló con el objetivo de establecer comunicaciones confiables en los ambientes adversos a los que están sometidos los sistemas de automatización de las Utilities, especialmente creado para superar los problemas de la interferencia electromagnética, componentes de una extensa vida útil y medios de transmisión poco confiables.

Diferencias entre DNP y otros protocolos convencionales				
Características	DNP	Modbus RTU	MMS/UCA 2.0	IEC 60780-5-T101
OSI 3-modelo de capas	ü	û	ü	ü
Usuarios	> 500	1000's	<100	100's
Diseñado para ambientes utilities	ü	û	ü	ü

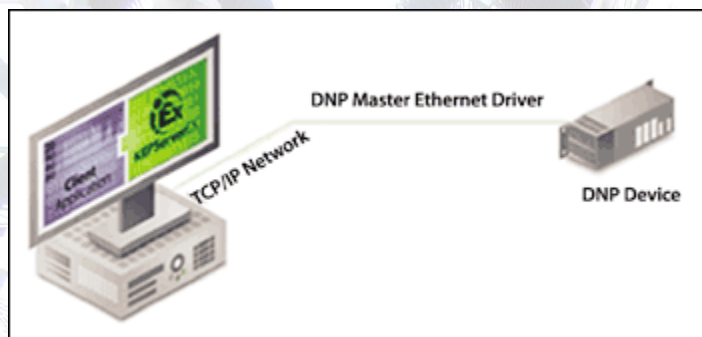
Grupo de usuarios y Comité técnico	ü	û	ü	û
Control de revisión en documentación final	ü	û	ü	û
Documentación definida de test del protocolo	ü	û	ü	û
Programas independientes de verificación del protocolo	ü	û	ü	û
Migración a arquitecturas avanzadas	ü	û	ü	û
Sincronización de tiempo y estampa de tiempo	ü	û	ü	û
Maestros múltiples y operación igual a igual (peer-to-peer)	Limited	û	ü	û
Esclavos no solicitados que no necesitan ser encuestados (polled)	ü	û	ü	û
Segmentación de mensajes	ü	û	ü	û
Transferencia de archivos segura	ü	û	ü	û
Mensajes generales (broadcast)	ü	û	ü	û
Objetos de datos definidos por usuario	ü	û	ü	û

8.3.2 VENTAJAS DE DNP:

A diferencia de otros protocolos de comunicación, DNP ofrece flexibilidad y diversas funcionalidades, como opciones de salidas, transferencia segura de archivos, direccionamiento sobre 65.000 dispositivos en un enlace simple, sincronización de tiempos y eventos de estampa de tiempos, confirmación de enlace de datos, entre otras, como se puede apreciar en la tabla anterior.



Como DNP3 está basado en los requerimientos de IEC 870-5, es usable en aplicaciones SCADAs. Esto incluye comunicación entre RTU y IED, maestro a remoto (esclavo), peer-to-peer y aplicaciones de red. También varios fabricantes de servidores de comunicación OPC han desarrollado drivers o plugins para los dispositivos que disponen de este protocolo con el objeto de integrarlos a las aplicaciones SCADAs.



8.3.3 DETALLES TÉCNICOS:

El protocolo DNP3 presenta importantes funcionalidades que lo hacen más robusto, eficiente y compatible que otros protocolos más antiguos, tales como Modbus, con la contrapartida de resultar un protocolo mucho más complejo.

DNP3 es un protocolo de tres capas o niveles según el modelo OSI: nivel de enlace (Data Link Layer), Nivel de Aplicación (Application Layer), y un tercer nivel de Transporte (Transport Layer) que realmente no cumple con todas las especificaciones del modelo OSI, y por lo cual se suele denominar pseudo-nivel de Transporte. Por este motivo suele referirse a él como un protocolo de dos capas o niveles.

El formato de trama utilizado está basado en el FT3 recogido en las especificaciones IEC 60870-5 (es una redefinición de este formato, no una implementación idéntica), y hace uso del Chequeo de Redundancia Cíclica (CRC) para la detección de errores.

La estructuración en capas o niveles, sigue el siguiente esquema:

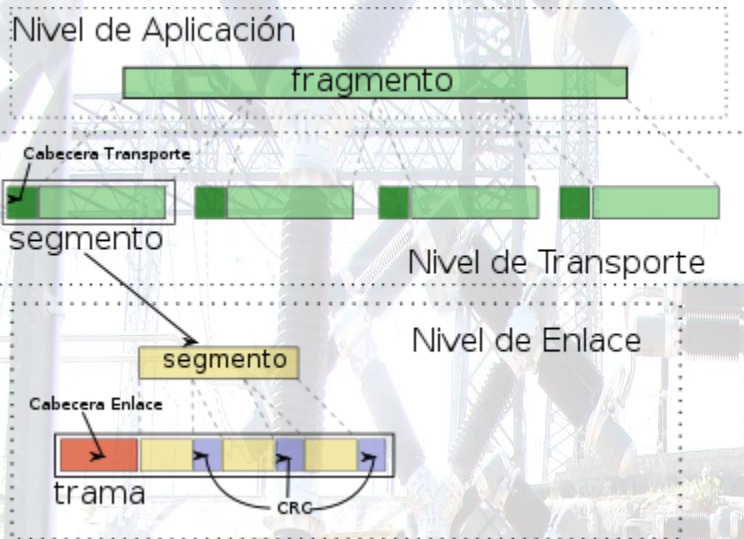
- Los mensajes a nivel de aplicación son denominados **Fragmentos**. El tamaño máximo de un fragmento está establecido en 2048 bytes.
- Los mensajes a nivel de transporte son denominados **Segmentos**.
- Los mensajes a nivel de enlace son denominados **Tramas**. El tamaño máximo de una trama DNP3 es de 292 bytes.

Cuando se **transmiten** datos, éstos sufren las siguientes transformaciones al pasar por las diferentes capas:

- Los datos se encapsulan en Fragmentos a nivel de aplicación.
- El nivel de transporte se encarga de adaptar los Fragmentos para poder encapsularlos en tramas (nivel de enlace), para lo cual, secciona el mensaje del nivel de aplicación si es necesario, y les agrega la cabecera de transporte, formando de este modo los Segmentos.
- En el nivel de enlace, los Segmentos recibidos del nivel de transporte son empaquetados en tramas, para lo cual se les añade a éstos una cabecera de enlace, y además, cada 16 bytes un CRC de 2 bytes.

Cuando se **reciben** datos, las transformaciones se suceden de la siguiente forma:

- El nivel de enlace se encarga de extraer de las tramas recibidas los Segmentos que son pasados al nivel de transporte.
- El nivel de transporte lee la cabecera de los segmentos recibidos del nivel de enlace, y con la información obtenida extrae y compone los fragmentos que serán pasados al nivel de aplicación.
- En el nivel de aplicación los fragmentos son analizados y los datos son procesados según el modelo de objetos definido por las especificaciones del estándar



8.3.4 NIVEL DE ENLACE:

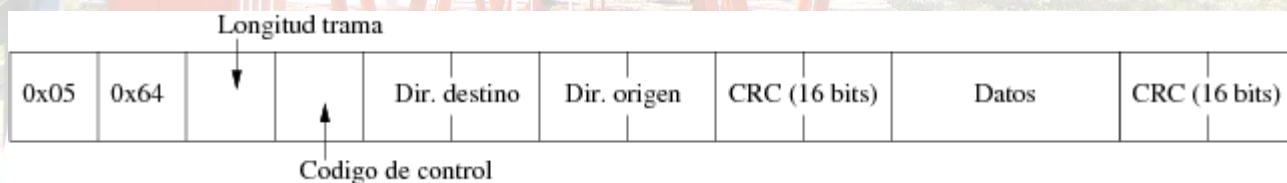
Los mensajes DNP3 a nivel de enlace se encuentran en bloques de no más de 292 bytes denominados tramas. El formato de trama es similar al FT3, si bien presenta ciertas diferencias.

Una trama DNP3 consta de tres bloques bien diferenciados:

Cabecera DNP3: son los diez primeros bytes de la trama, y está constituida por los siguientes campos:

- 2 bytes de inicio (start bytes), cuyo valor es fijo. 0x05 (valor en hexadecimal) para el primero y 0x64 para el segundo.
- 1 byte con el tamaño de la trama. Este valor no tiene en cuenta ni la cabecera, ni los CRC.
- 1 byte con el código de control, que permite fijar los servicios del nivel de enlace, el sentido del flujo, etc.
- 2 bytes con la dirección de destino, codificada en big-endian.
- 2 bytes con la dirección de origen, codificada en big-endian.
- 2 bytes de CRC.

Datos: Cada 16 bytes de datos, así como al final de la trama, se encontrarán 2 bytes de **CRC**.



El nivel de enlace en DNP es balanceado, de modo que tanto la estación controladora como la controlada tienen

responsabilidad tanto en los envíos de los datos como en la gestión (establecimiento y liberación) del nivel de enlace (fuera del alcance de las especificaciones del protocolo).

El empleo de doble direccionamiento (dirección de origen y dirección de destino) se debe a la funcionalidad que proporciona DNP3 basado en funcionamiento por excepción. De tal modo las comunicaciones no son iniciadas únicamente por la estación controladora, enviando preguntas a las estaciones controladas, sino que además estas últimas pueden iniciar una conversación dependiendo de la alteración de determinada información configurada en ella para ser reportada en estas condiciones. A este tipo de mensajes, en los cuales la estación controlada transmite los eventos de determinados objetos configurados en ella, se les denomina "respuestas no solicitadas".

El nivel de enlace proporciona una serie de servicios para la gestión de la comunicación entre las estaciones, tales como la petición o envío con o sin confirmación, las confirmaciones de tramas recibidas (ACK), las confirmaciones negativas (NACK), el reset de enlace (Reset Link) o el chequeo del estado del enlace (Link Status).

8.3.5 NIVEL DE TRANSPORTE:

El nivel de transporte es el encargado de permitir mensajes únicos estructurados tanto en múltiples tramas como en múltiples fragmentos. Esta es una de las características diferenciadoras de DNP3 frente a otros protocolos de comunicación industriales del mismo ámbito, tales como IEC 60870, y permite el concepto de mensajes de tamaño ilimitado.

A continuación se describirá el funcionamiento de este nivel, dependiendo del sentido del flujo de los datos dentro de la estructura de capas del protocolo.

8.3.6 LONGITUD DE UN FRAME:

El nivel de aplicación pasa los fragmentos al nivel de transporte, y este se encarga de trocearlos y agregarles al principio la cabecera de transporte, la cual ocupa un byte y contiene el número de secuencia que identifica el segmento dentro del fragmento. El tamaño de los fragmentos ha de ser tal, que una vez agregadas las cabeceras de transporte (diez bytes) y los correspondientes CRCs, el tamaño total no exceda los 292 bytes máximos permitidos para una trama.

8.3.7 DATOS TRANSMITIDOS DEL NIVEL DE APLICACIÓN AL NIVEL DE ENLACE:

En este caso, el nivel de transporte se encarga de recomponer los fragmentos del nivel de aplicación a partir de los segmentos que le proporciona el nivel de enlace. Para ello, recurre a las cabeceras de transporte y al número de secuencia que identifica la posición de cada segmento dentro del fragmento.

8.3.8 NIVEL DE APLICACIÓN:

El nivel de aplicación se encarga de procesar los fragmentos que le pasa el nivel de transporte, y obtener la información de control y monitorización en ellos encapsulados atendiendo al modelo de datos.

Entre los servicios que proporciona este nivel, se encuentran la escritura y lectura de valores, la congelación de contadores y la selección y ejecución de mandos. El código de función es el que permite indicar qué operación debe realizarse en este nivel.

Por otro lado, las estaciones controladas disponen de la posibilidad de informar a la estación controladora de diferentes aspectos relacionados con este nivel gracias a dos bytes denominados indicaciones internal (Internal Indications, IIN). La estación controlada puede servirse de estas indicaciones para informar acerca de la presencia de eventos de clase 1, clase 2 o clase 3, de la necesidad de ser sincronizada o de la presencia de anomalías en la configuración o en la base de datos.

El modelo de datos en DNP3 está basado en un esquema de **objetos**.

8.3.9 MODELO DE OBJETOS EN DNP3:

El modelo de objetos en DNP3 permite, en rasgos generales, definir los tipos de datos que se manejarán en las diferentes transacciones entre estación controlada y estación controlante. A pesar de ello, existen objetos orientados más bien a servicios a nivel de aplicación que a formato de datos en sí, como pueden ser el objeto 60 (Objeto de Clase), o el objeto 80 (indicaciones internas).

Mediante las denominadas **variaciones**, es posible establecer, además del tipo de dato definido por el objeto, el formato del mismo (tamaño y formato de los valores, por ejemplo).

A continuación, se describen algunos de los objetos más comúnmente utilizados en comunicaciones DNP3:

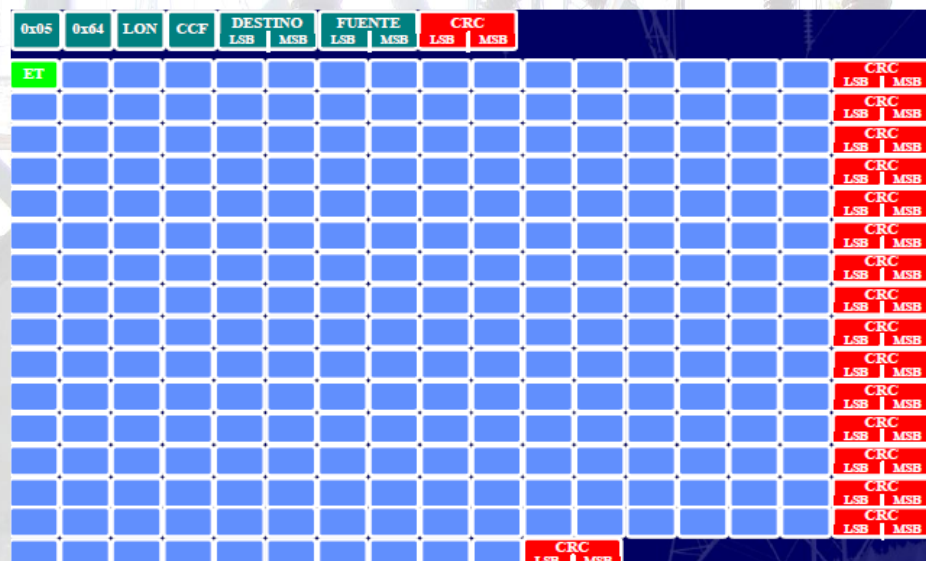
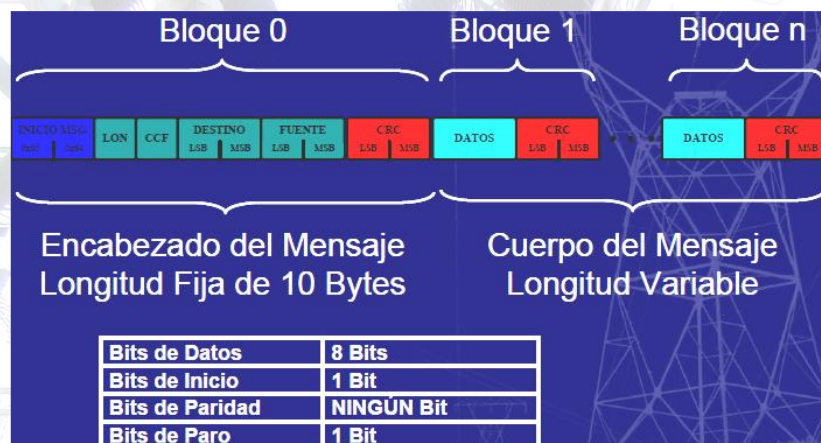
- **Objeto 1 - Entradas digitales:** este objeto hace referencia a las entradas digitales. Permite la lectura de las mismas, mediante el código de función 1, o la asignación de clase mediante el código de función 22 (códigos de función también soportados por otros objetos como contadores o entradas analógicas).
- **Objeto 2 - Eventos de las entradas digitales:** es importante destacar que DNP3 maneja los valores estáticos y sus eventos como objetos diferentes. Así, los eventos de las entradas digitales (objeto 1) se agruparán en el objeto 2.
- **Objeto 12 - Mandos digitales:** este objeto hace referencia a los controles digitales. Mediante los códigos de función de selección, ejecución, selección y ejecución y ejecución sin confirmación, se podrán realizar estas operaciones sobre los elementos especificados bajo este objeto.
- **Objeto 20 - Contadores:** mediante este objeto, DNP3 permite la lectura o manipulación (congelación, reseteo, etc.) de contadores.
- **Objeto 22 - Eventos de contadores:** este es el objeto utilizado para agrupar la información relativa a eventos generados por contadores (objeto 20).
- **Objeto 30 - Entradas analógicas:** los valores analógicos se agrupan bajo este objeto.
- **Objeto 32 - Eventos de las entradas analógicas:** este es el objeto utilizado para los eventos de las entradas analógicas definidas mediante el objeto 30.
- **Objeto 41 - Mandos analógicos:** este es el objeto utilizado para ejecutar mandos analógicos o *Set Points*. Admite las mismas funciones que los mandos digitales.
- **Objeto 50 - Hora y fecha:** la variación 1 de este objeto permite a la estación controladora sincronizar a la estación controlada.
- **Objeto 60 - Objeto de clase:** como se comentó más arriba, este objeto no distingue exactamente entre un tipo de dato, sino más bien hace alusión a una serie de servicios del nivel de aplicación. Dependiendo del código de función utilizado, mediante este objeto la estación controlada puede realizar peticiones por clase, o asignar clases a los eventos de los objetos estáticos configurados en la estación controlada.

Las clases en DNP3 permiten agrupar los eventos en tres niveles diferentes (recurso útil para priorizar el esquema de peticiones del maestro). Las peticiones por clase permiten el polling por eventos. Un caso excepcional es una cuarta clase denominada clase 0, mediante la cual el maestro puede solicitar al esclavo el envío de todos los valores

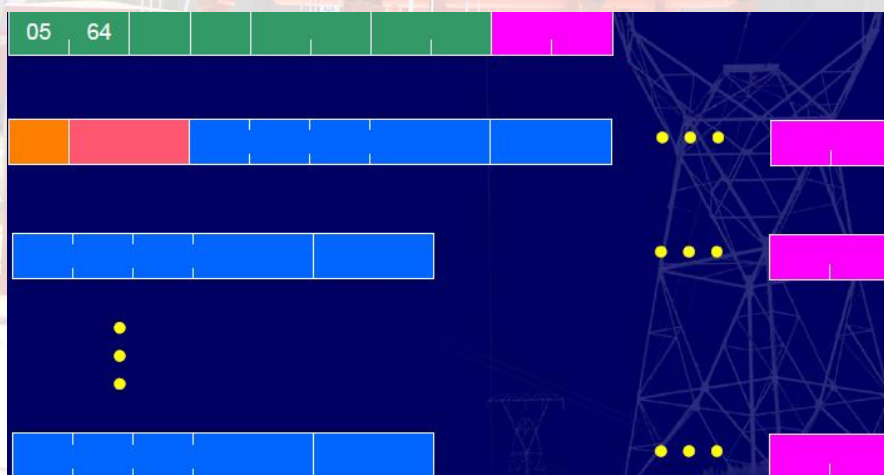
estáticos configurados en su base de datos.

8.4 FORMATO DE MENSAJES DNP3:

Formato general de mensajes DNP3.



8.4.1 MENSAJES DNP3:

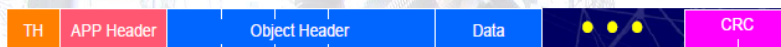


8.4.2 ENCABEZADO DARA LINK:

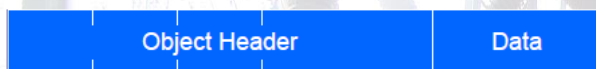


Primer Block de Datos:

- Transport Header
- Application Header
- Object Header
- Data Block
- CRC



8.4.3 OBJETOS / DATOS:

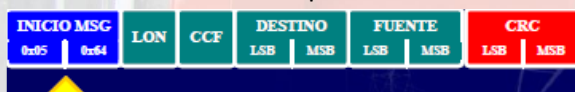


- Object Header
 - Group
 - Variation
 - Qualifier
 - Range

Encabezado del Nivel de Enlace de Datos:

8.4.4 INICIO DE MENSAJE (START)

- Es un campo de 2 Bytes (octetos o caracteres) de longitud.
- El primer byte es 5 (0x05) y el segundo es 100 (0x64).
- Se utiliza para indicar el inicio de TODOS los mensajes del protocolo DNP 3.



8.4.5 LONGITUD DEL MENSAJE (LENGTH):

- Es un campo de 1 Byte (octeto o carácter) de longitud.
- Indica el número de de bytes de datos de usuario en el frame o mensaje.
- Los campos CÓDIGO DE FUNCIÓN, DIRECCIÓN DESTINO y DIRECCIÓN FUENTE se contabilizan en él.
- El valor mínimo del campo es 5 y el máximo es 255 (249).
- El contador no incluye los bytes de CRCs. (máximo 292)



8.4.6 CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN (FCF O CONTROL):

- Es un campo de 1 Byte (octeto o caracter) de longitud.
- Indica:
 - a) La dirección del frame o mensaje
 - b) El tipo del frame o mensaje
 - c) El Control de flujo de los datos



Elemento	Descripción
DIR	Dirección física de la transmisión
PRM	Mensaje de una estación PRIMARIA
FCB (PREGUNTA)	Bit de Contador de Frame (Frame Count Bit)
FCV (PREGUNTA)	Verificador de Contador de Frame (Frame Count Bit Valid)
RES (RESPUESTA)	RESERVADO, siempre en CERO
DFC (RESPUESTA)	Control de Flujo de Datos (Data Flow Control Bit)
CODIGO DE FUNCIÓN	Código de Función. Define el tipo de frame



- CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT DIR
 - Indica la DIRECCIÓN FÍSICA del mensaje, en relación a la estación maestra designada. La estación Maestra se identifica como ESTACIÓN A.
 - DIR = 1 indica un mensaje de A a B
 - DIR = 0 indica un mensaje de B to A



- CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT PRM:
 - Indica la DIRECCIÓN FÍSICA del mensaje, en relación a la estación iniciadora/originadora de la solicitud.
 - PRM = 1 indica un mensaje de la estación iniciadora
 - PRM = 0 indica un mensaje de la estación que responde.



- CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT FCB (PREGUNTA):
 - Este bit se utiliza para suprimir pérdidas o duplicación de mensajes de la misma estación SECUNDARIA.
 - Este bit cambia de estado en cada servicio SENDCONFIRM exitoso iniciado por la misma estación primaria y dirigido a la misma estación secundaria.



- CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT FCB (PREGUNTA):
 - Antes de iniciar la comunicación con una estación secundaria o después de una falla en la comunicación, la estación primaria debe reinicializar la capa de enlace de datos para cada estación secundaria con la que se vaya a comunicar. La reinicialización se hace al iniciar el enlace de datos, para todas las estaciones secundarias, o por necesidad.



- CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT FCB (PREGUNTA):
 - Todas las estaciones secundarias, después de la inicialización del enlace de datos o después de una falla en la comunicación NO DEBEN ACEPTAR mensajes de tipo SEND-CONFIRM con el bit FCV ACTIVO, sino hasta que reciban un mensaje de RESET y que se haya enviado el mensaje de CONFIRM correspondiente.



- CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT FCV (PREGUNTA):
 - Este bit habilita el funcionamiento del bit FCB.
 - FCV =0 Indica que el bit FCB se debe IGNORAR
 - FCV =1 Le indica a la estación secundaria que el bit FCB se debe verificar contra el estado del último mensaje enviado con el bit FCV activo.



CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT RES (RESPUESTA):

Este bit está RESERVADO.

Siempre se envía en las respuestas como CERO.



CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN BIT DFC (RESPUESTA):

La estación primaria debe interrogar utilizando solicitudes REQUEST-RESPOND hasta que el bit DFC se regrese en CERO en algún mensaje de respuesta.

En este punto la estación primaria puede continuar con el envío de datos de usuario por medio de SEND-CONFIRM.



CAMPO DE CÓDIGO DE FUNCIÓN CÓDIGO:

El código de función IDENTIFICA el tipo de mensaje.

Tiene diferente significado para estaciones primarias (PRM=1) y secundarias (PRM=0)



CAMPO DE CODIGO DE FUNCIÓN- CÓDIGO PRM = 1:

Código	Tipo de Mensaje	Función del Servicio	FCV
0	SEND – CONFIRM esperado	RESET de Enlace REMOTO	0
1	SEND – CONFIRM esperado	RESET de Proceso de Usuario	0
2	SEND – CONFIRM esperado	PRUEBA de Enlace de Datos	1
3	SEND – CONFIRM esperado	Datos de Usuario	1
4	SEND – NO REPLY esperado	Datos de Usuario SIN CONFIRMAR	0
9	REQUEST – RESPOND esperado	Solicitud del Estado del Enlace	0



CAMPO DE CODIGO DE FUNCIÓN- CÓDIGO PRM = 0:

Código	Tipo de Mensaje	Función del Servicio
0	CONFIRM	ACK – Reconocimiento Positivo
1	CONFIRM	NACK – Mensaje no aceptado, Enlace Ocupado
11	RESPOND	Eslado del Enlace (DFC=0 o DFC=1)
14		El Servicio de Enlace no está funcionando
15		El Servicio de Enlace no se usa o no se implementó



8.4.7 DIRECCIÓN DE DESTINO (DESTINATION ADDRESS):

Es un campo de 2 Bytes (octetos o caracteres) de longitud.

Indica la dirección de la estación A LA QUE SE ESTÁ ENVIANDO el frame o mensaje.

El orden de los bytes es el menos significativo primero.

La dirección 65535 (0xFFFF) es la dirección broadcast.

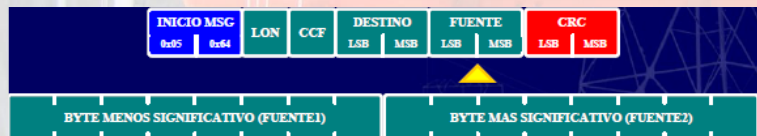


8.4.8 DIRECCIÓN DE LA FUENTE (SOURCE ADDRESS):

Es un campo de 2 Bytes (octetos o caracteres) de longitud.

Indica la dirección de la estación QUE ESTÁ ENVIANDO el frame o mensaje.

El orden de los bytes es el menos significativo primero.



8.4.9 CÓDIGO DE VERIFICACIÓN DE ERROR (CRC):

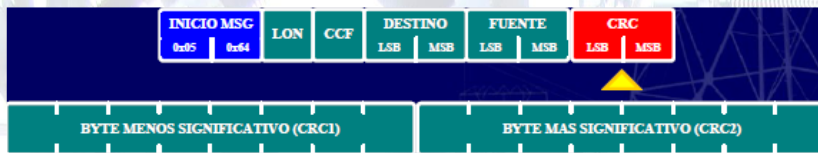
Es un campo de 2 Bytes (octetos o caracteres) de longitud.

Código CRC (Cyclic Redundancy Check) de 16 bits.

Polinomio = $X^{16} + X^{13} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^6 + X^5 + X^2 + 1$

El orden de los bytes es el menos significativo primero.

El cálculo del CRC incluye los 8 / 16 / n Bytes previos



8.4.10 ENCABEZADO DEL NIVEL DE TRANSPORTE:

Es un campo de 1 Byte (octeto o caracter) de longitud.

Es el primer byte de un segmento de transporte (TPDU)

El campo Encabezado de Transporte se integra por tres campos



CAMPO FIN:

Tiene una longitud de 1 Bit

Este bit se utiliza para indicar que el mensaje es el ÚLTIMO segmento de transporte de un fragmento de datos

Si FIN = 0 significa que se recibirán más segmentos

Si FIN = 1 significa que el segmento recibido es el último



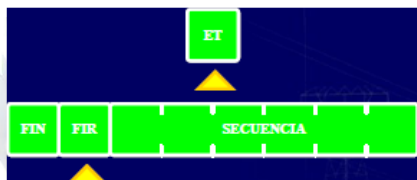
CAMPO FIR:

Tiene una longitud de 1 Bit

Este bit se utiliza para indicar que el mensaje es el PRIMER segmento de transporte de un fragmento de datos.

Si FIR = 0 significa que NO es el primer segmento

Si FIR = 1 significa que SI es el primer segmento



CAMPO SECUENCIA (SEQUENCE):

Tiene una longitud de 6 Bits.

Se utiliza para verificar que los segmentos de un fragmento sean recibidos en el orden correcto.

Los valores de este campo están en el rango de 0 a 63.

Después del número de secuencia 63, se utiliza el 0.

Se utiliza para prevenir la duplicación o pérdida de segmentos de nivel de transporte de un mismo fragmento de datos de nivel de aplicación.

El incremento de uno en uno se realiza para los segmentos que pertenecen al mismo fragmento del nivel de aplicación.

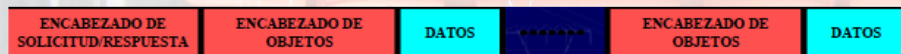
Cada fragmento de datos del nivel de aplicación se transmite con una sola serie consecutiva de segmentos de datos de nivel de transporte.



Encabezado del nivel de aplicación:

Consiste en dos partes:

- El encabezado de solicitud y respuesta según sea el caso.
- El encabezado de objeto y datos.



Encabezado de Solicitud/Respuesta Identifica el propósito del mensaje y consiste de APCI

Encabezado de Objetos Identifica los objetos de datos que siguen

Datos Objetos de datos especificados en el encabezado de objetos

ENCABEZADO DE SOLICITUD (REQUEST HEADER):

Consiste de 2 campos de 1 octeto cada uno:

Control de Aplicación (Application Control AC) y

Código de Función (Function Code FC).



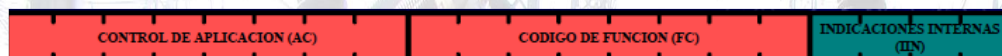
ENCABEZADO DE RESPUESTA (RESPONSE HEADER):

Consiste de 3 campos:

Control de Aplicación (Application Control AC).

Código de Función (Function Code FC).

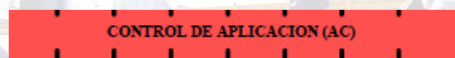
Indicaciones Internas (Internal Indications IIN).



CONTROL DE APLICACIÓN (APPLICATION CONTROL AC):

Provee información necesaria para construir mensajes multi-fragmento.

Cada fragmento tiene encabezados de aplicación y de objetos.



El campo es del tamaño de un octeto:

FIR = 1 Bit

FIN = 1 Bit

CON = 1 Bit

SECUENCIA = 5 Bits



FIR, si el bit es igual a 1 indica que es el primer fragmento del mensaje de un mensaje completo de aplicación:



FIN, si el bit es igual a 1 indica que es el último fragmento del mensaje de un mensaje completo de aplicación:



CON, si el bit es igual a 1 indica que la aplicación que envió el mensaje espera una confirmación de la recepción del fragmento.

Se utiliza 0 (cero) en la confirmación del mensaje.



SECUENCIA, Indica el número de fragmento.

Fragmentos con número del 0 al 15 están reservados para solicitudes y respuestas (Mensajes Solicitados).

Fragmentos con número del 0-16 están reservados para mensajes de los esclavos (Mensajes no solicitados).



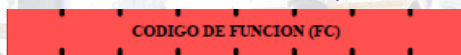
8.4.11 CÓDIGO DE FUNCIÓN:

El código de función identifica el propósito del mensaje.

El tamaño del campo es de un octeto.

Hay dos grupos de códigos de función:

- Solicitudes
- Respuestas



Código	Función	Descripción (para Preguntas)
CÓDIGOS DE FUNCIONES DE TRANSFERENCIA DE DATOS		
0 (0x00)	Confirm	Confirmación de recepción de un FRAGMENTO de algún MENSAJE. No se requiere una respuesta a estos mensajes
1 (0x01)	Read	Lectura de objetos especificados por la estación que genera la pregunta. Se debe responder con los objetos disponibles, que hayan sido solicitados
2 (0x02)	Write	Escritura de objetos especificados por la estación que genera la pregunta. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación

CÓDIGOS DE FUNCIONES DE CONTROL		
3 (0x03)	Select	Selecciona o arma puntos de salida sin activarlos o producir acción de control sobre ellos (Salidas binarias y analógicas). Se debe responder con el <i>status</i> de los puntos de control seleccionados. Es necesario utilizar el código de función <i>operate</i> para activar estas salidas
4 (0x04)	Operate	Activa o produce una acción en los puntos de salida previamente seleccionados. Se debe responder con el <i>status</i> de los puntos de control seleccionados
5 (0x05)	Direct Operate	Selecciona y Opera los puntos de salida especificados. Se debe responder con el <i>status</i> de los puntos de control seleccionados
6 (0x06)	Direct Operate NO ACK	Selecciona y Opera los puntos de salida especificados. NO se responde a esta solicitud de control

CÓDIGOS DE FUNCIONES DE CONGELAMIENTO DE DATOS

7 (0x07)	Immediate Freeze	Copia los objetos especificados a un buffer de congelamiento. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación de congelamiento de datos
8 (0x08)	Immediate Freeze NO ACK	Copia los objetos especificados a un buffer de congelamiento. NO se responde a esta solicitud de congelamiento de datos
9 (0x09)	Freeze and Clear	Copia los objetos especificados a un buffer de congelamiento y después los limpia (borra). Se debe responder con el <i>status</i> de la operación de congelamiento y limpieza de datos
10 (0x0A)	Freeze and Clear NO ACK	Copia los objetos especificados a un buffer de congelamiento y después los limpia (borra). NO se responde a esta solicitud de congelamiento y limpieza de datos
11 (0x0B)	Freeze with Time	Copia los objetos especificados a un buffer de congelamiento a la hora y con la periodicidad (intervalos) indicada. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación de congelamiento y limpieza de datos
12 (0x0C)	Freeze with Time NO ACK	Copia los objetos especificados a un buffer de congelamiento a la hora y con la periodicidad (intervalos) indicada. NO se responde a esta solicitud de congelamiento y limpieza de datos
13 (0x0D)	Cold Restart	Ejecuta la secuencia deseada de reinicialización. Se debe responder con un objeto de tiempo indicando el tiempo que tomará para que la estación que recibe la pregunta esté disponible nuevamente
14 (0x0E)	Warm Restart	Ejecuta la secuencia deseada de reinicialización parcial. Se debe responder con un objeto de tiempo indicando el tiempo que tomará para que la estación que recibe la pregunta esté disponible nuevamente

CÓDIGOS DE FUNCIONES DE CONTROL DE APLICACION

15 (0x0E)	Initialize Data to Defaults	Inicializa los datos especificados con los valores predefinidos para el encendido el equipo. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación
16 (0x10)	Initialize Application	Prepara la(s) aplicación(es) para ser ejecutadas. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación
17 (0x11)	Start Application	Ejecuta la(s) aplicación(es) especificadas. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación
18 (0x12)	Stop Application	Detiene la(s) aplicación(es) especificadas. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación

CÓDIGOS DE FUNCIONES DE CONFIGURACION

19 (0x13)	Save Configuration	Graba la configuración especificada en memoria no volátil. Se debe responder con un objeto de tiempo indicando el tiempo que tomará para que la estación que recibe la pregunta esté disponible nuevamente
20 (0x14)	Enable Unsolicited Messages	Habilita en envío de mensajes espontáneos para los objetos de datos especificados. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación
21 (0x15)	Disable Unsolicited Messages	Deshabilita en envío de mensajes espontáneos para los objetos de datos especificados. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación
22 (0x16)	Assign Class	Asigna los objetos de datos especificados a una clase en particular. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación

CODIGOS DE FUNCIONES DE SINCRONIZACION		
23 (0x17)	Delay Measurement	Permite a la aplicación calcular el retraso de la trayectoria de comunicación (retraso de propagación de los datos) para una estación receptora en particular. El valor calculado (obtenido) para este código de función debe ser utilizado para ajustar la hora de la estación receptora cuando se hace una sincronización de tiempo de la misma. Se debe responder con el <i>status</i> de la operación

CÓDIGOS DE FUNCIONES RESERVADOS		
24 (0x18) al 120 (0x78)		Reservado para uso futuro
121 (0x79) al 128 (0x80)		Reservado para pruebas únicamente

Código	Función	Descripción (para Respuestas)
CODIGOS DE FUNCIONES DE RESPUESTA		
0 (0x00)	Confirm	Confirmación de recepción de un FRAGMENTO de algún MENSAJE. No se requiere una respuesta a estos mensajes
129 (0x81)	Response	Respuesta a una pregunta explícitamente realizada
130 (0x82)	Unsolicited Message	Respuesta NO SOLICITADA, (Reporte por Excepción); es decir que no fue solicitada de manera explícita por la estación <i>maestra</i> , sino generada por una estación <i>esclava</i>

8.4.12 EL CAMPO INDICACIONES INTERNAS (IIN):

Está formado por DOS BYTES, que se envían después del código de función en todas las respuestas.

Cuando existen errores en una solicitud en IIN se regresan los bits encendidos para indicar la condición de error ocurrida.



INDICACIONES INTERNAS PRIMER BYTE (IIN1):

Bit	Significado
BIT 0	Mensaje BROADCAST recibido por el dispositivo
BIT 1	Datos de EVENTOS DE CLASE 1 disponibles
BIT 2	Datos de EVENTOS DE CLASE 2 disponibles
BIT 3	Datos de EVENTOS DE CLASE 3 disponibles
BIT 4	Solicitud de SINCRONIZACION DE TIEMPO para el dispositivo
BIT 5	Operación LOCAL de punto(s) de Salida(s) Digital(es)
BIT 6	Problemas en Dispositivo
BIT 7	Reinicialización del Dispositivo



BIT IIN1.0

Mensaje BROADCAST recibido por el dispositivo.

El dispositivo lo enciende cuando recibe una solicitud broadcast (dirección destino = 0xFFFF).

Se borra después de la siguiente respuesta no broadcast.

BIT IIN1.1

Datos de EVENTOS DE CLASE 1 Disponibles.

El dispositivo lo enciende cuando los datos que han sido configurados como CLASE 1, están disponibles para ser enviados al dispositivo maestro.

La estación maestra debe solicitar los datos de CLASE 1, cuando este bit esté encendido en algún mensaje de respuesta del dispositivo esclavo.

BIT IIN1.2

Datos de EVENTOS DE CLASE 2 Disponibles.

El dispositivo lo enciende cuando los datos que han sido configurados como CLASE 2, están disponibles para ser enviados al dispositivo maestro.

La estación maestra debe solicitar los datos de CLASE 2, cuando este bit esté encendido en algún mensaje de respuesta del dispositivo esclavo.

BIT IIN1.3

Datos de EVENTOS DE CLASE 3 Disponibles.

El dispositivo lo enciende cuando los datos que han sido configurados como CLASE 3, están disponibles para ser enviados al dispositivo maestro.

La estación maestra debe solicitar los datos de CLASE 3, cuando este bit esté encendido en algún mensaje de respuesta del dispositivo esclavo.

BIT IIN1.4

Solicitud de SINCRONIZACIÓN DE TIEMPO.

El dispositivo esclavo lo enciende cuando requiere que el dispositivo maestro le actualice la fecha y hora.

El dispositivo maestro sincroniza la hora a través de la escritura de los objetos de Fecha y Tiempo.

Este bit se apaga cuando el maestro actualiza la fecha y hora del dispositivo esclavo, o bien si el maestro escribe un 0 (CERO) en este bit de las IIN del dispositivo esclavo.

BIT IIN1.5

Operación LOCAL de Salida(s) Digital(es).

El dispositivo esclavo lo enciende cuando alguna o todas las salidas digitales se encuentran en estado LOCAL.

En estado LOCAL las salidas digitales no se pueden OPERAR a través de los objetos del protocolo DNP3.

Este bit se apaga cuando el dispositivo esclavo regresa al estado REMOTO, y se pueden OPERAR las salidas digitales.

BIT IIN1.6

Problemas en Dispositivo.

El dispositivo esclavo lo enciende cuando existe alguna condición ANORMAL en su operación.

En el perfil del dispositivo se incluyen las condiciones que activan o afectan este bit.

Este bit se utiliza cuando la anomalía NO puede ser descrita por alguna combinación de otros bits de las IIN.

BIT IIN1.7

Reinicialización del Dispositivo.

El dispositivo esclavo lo enciende cuando las aplicaciones de usuario se reinician (por ejemplo al encender el dispositivo).

Este bit se apaga cuando el dispositivo maestro escribe un 0 (CERO) en este bit de las IIN del dispositivo esclavo.

INDICACIONES INTERNAS SEGUNDO BYTE (IIN2):

Bit	Significado
BIT 0	Código de Función NO IMPLEMENTADO
BIT 1	Objeto(s) solicitado(s) DESCONOCIDO(S)
BIT 2	Parámetros (CAL, Rango, o Datos) INVALIDOS o FUERA RANGO
BIT 3	DESBORDAMIENTO de Buffers (Eventos y aplicaciones)
BIT 4	Solicitud en PROCESAMIENTO, nueva solicitud ignorada
BIT 5	Configuración del dispositivo CORROMPIDA
BIT 6	RESERVADO (Siempre en CERO)
BIT 7	RESERVADO (Siempre en CERO)

IIN2.7	IIN2.6	IIN2.5	IIN2.4	IIN2.3	IIN2.2	IIN2.1	IIN2.0
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

BIT IIN2.0

Código de Función NO IMPLEMENTADO

El dispositivo esclavo lo enciende cuando recibe una solicitud de datos con un código de función no implementado o soportado por él.

BIT IIN2.1

Objeto(s) Solicitado(s) DESCONOCIDO(S).

El dispositivo esclavo lo enciende cuando recibe una solicitud de datos de un objeto no soportado, o cuando no hay

objetos asignados a la clase de datos solicitada.

Este Bit de IIN debe ser utilizado para propósitos de depuración.

Típicamente indica discrepancia en los perfiles de los dispositivos o problemas en la configuración del dispositivo.

BIT IIN2.2

Parámetros INVÁLIDOS o FUERA DE RANGO.

Los parámetros de los campos CALIFICADOR, RANGO o DATOS no son válidos o se encuentran fuera de rango.

Este Bit es un error genérico para indicar errores de formato en las solicitudes de datos de aplicación.

Este Bit de IIN debe ser utilizado para propósitos de depuración.

Típicamente indica problemas en la configuración del dispositivo.

BIT IIN2.3

DESBORDAMIENTO de Buffers.

El dispositivo esclavo lo enciende cuando los buffers de EVENTOS o de otras aplicaciones se han desbordado. Por ejemplo los buffers de COS/SOE han llegado a su límite.

El dispositivo maestro debe intentar recolectar la mayor cantidad de datos posible e indicar al usuario la pérdida de datos.

El usuario es responsable de determinar el procedimiento de recuperación de la información perdida.

BIT IIN2.4

Solicitud en PROCESAMIENTO.

El dispositivo esclavo lo enciende cuando recibe una solicitud de información y no la puede procesar por estar ejecutando alguna operación solicitada previamente.

BIT IIN2.5

Configuración del Dispositivo CORROMPIDA.

El dispositivo esclavo lo enciende cuando la configuración del mismo ha sido corrompida, de tal forma que el usuario sepa esta condición anormal de operación.

El dispositivo maestro puede descargar una nueva configuración al dispositivo esclavo.

Es posible que en algunos casos la configuración corrompida no permita la comunicación entre el dispositivo maestro y el dispositivo esclavo.

BIT IIN2.6

RESERVADO (Siempre en CERO).

Este bit está reservado para utilizarse de común acuerdo por el grupo de usuarios DNP3.

El dispositivo esclavo siempre reporta este bit apagado en todas las respuestas que envía.

BIT IIN2.7

RESERVADO (Siempre en CERO).

Este bit está reservado para utilizarse de común acuerdo por el grupo de usuarios DNP3.

El dispositivo esclavo siempre reporta este bit apagado en todas las respuestas que envía.

8.4.13 ENCABEZADO DEL NIVEL DE APLICACIÓN:

ENCABEZADO DE OBJETO:

Especifica los objetos de datos que están contenidos en el mensaje o que son usados para responder el mensaje.

El formato es igual para solicitudes y respuestas

La interpretación depende si es solicitud o respuesta y que función viene en el encabezado.

OBJETO	CUALIFICADOR (QUALIFIER)	RANGO
--------	-----------------------------	-------

OBJETO, especifica el grupo de objeto y la variación que se solicitan ó responden en un mensaje, es un campo de 2 octetos.

CUALIFICADOR, especifica el significado y como debe interpretarse el rango de datos solicitados y enviados, es un campo de un octeto.

RANGO, Indica la cantidad de objetos, índice de inicio y fin ó identifica los objetos en cuestión, el campo del rango puede ir de 0 a 8 octetos.

Objeto:

Identifica el grupo del objeto y la variación dentro del grupo del objeto.

La combinación del objeto y la variación dan una única solicitud ó respuesta al cual el mensaje se refiere.

El primer octeto especifica el tipo general de datos.

El segundo octeto especifica la variación del tipo de dato.

Con una variación de 0 en la pregunta se solicita todos los tipos de variaciones en un grupo.

OBJETO	0 ó VARIACION DE OBJETO (PARA SOLICITUDES)
OBJETO	VARIACION DE OBJETO (PARA RESPUESTAS)

Cualificador:

Especifica el significado del Rango.

El Octavo Bit siempre será 0 (cero).

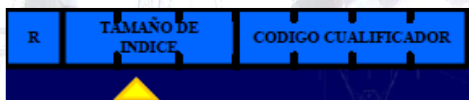
Es utilizado como un índice de datos ó un identificador.

Tiene un tamaño de índice de 3 bits (Index Size).

Tiene un código cualificador de 4 bits (Qualifier Code).



Tamaño de índice (index size):



En solicitudes el tamaño del índice es válido solo cuando el código cualificador es igual a 11.

Estos bits indican el tamaño en octetos de cada entrada en el campo del rango.

0 = no válido con cualificador 11, 1 = 1 octeto, 2 = 2 octetos, 3 = 4 octetos, 4, 5, 6 y 7 Reservados.

En solicitudes y respuestas que contengan datos, especifica el tamaño de los índices ó el tamaño del objeto precediendo cada objeto.

0= Objetos son empaquetados sin prefijo

1= Objetos prefijados con 1 octeto de índice

2= Objetos prefijados con 2 octetos de índice

3= Objetos prefijados con 4 octetos de índice

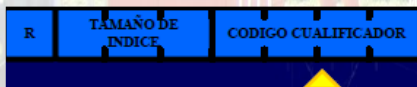
4= Objetos prefijados con tamaño de 1 objeto de octeto

5= Objetos prefijados con tamaño de 2 objeto de octeto

6= Objetos prefijados con tamaño de 4 objeto de octeto

7= Reservado.

CÓDIGO CUALIFICADOR (QUALIFIER CODE).



Es utilizado para especificar el significado del campo de Rango.

Para códigos cualificadores de 0,1,2,3,4 y 5 se utilizan rangos de comienzo y fin.

0 = Indices de comienzo y fin de 8 bits

1 = Indices de comienzo y fin de 16 bits

- 2 = Indices de comienzo y fin de 32 bits
- 3 = Identificadores de dirección absolutos de 8 bits
- 4 = Identificadores de dirección absolutos de 16 bits
- 5 = Identificadores de dirección absolutos de 32 bits.

Cuando el cualificador es igual a 6, la longitud del campo de rango es cero (0).

Todos los objetos de datos del tipo especificado son solicitados.

Este cualificador sólo puede ser usado en mensajes con encabezados de objeto.

Código Cualificador 6 = No campo de rango (implica solicitud de todos los datos).

Cuando el Cualificador es igual a 7,8 ó 9 indica un rango con un número específico de datos.

El rango será el número total solicitado empezando en 0.

- 7 = Cantidad de 8 bits
- 8 = Cantidad de 16 bits
- 9 = Cantidad de 32 bits.

Cuando el Cualificador es igual a 11 se utiliza para especificar objetos cuando otros códigos cualificadores son inadecuados o no proveen información de identificación.

Es utilizado cuando el campo del rango no puede especificar unúnico objeto de datos.

Códigos Cualificadores Reservdos para uso futuro en el protocolo DNP3.

- 10 = Reservado
- 12 = Reservado
- 13 = Reservado
- 14 = Reservado
- 15 = Reservado

Rango:

El significado del rango se define en el campo Cualificador (Qualifier).

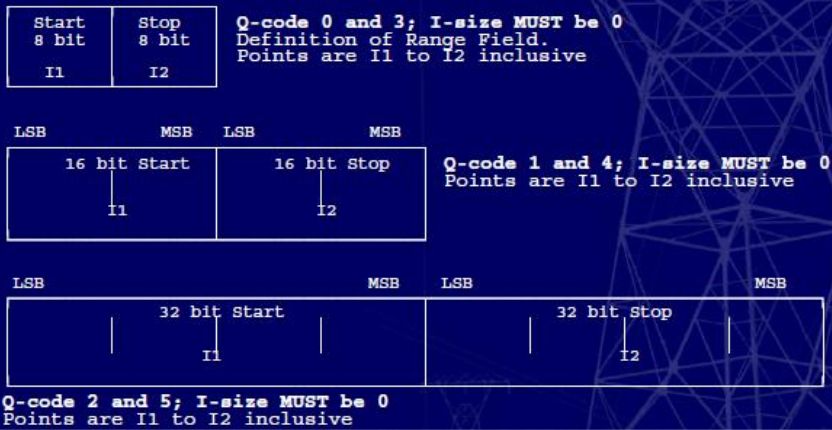
Para códigos cualificadores de 0-5 el campo del rango tiene 2 sub-campos que especifican el comienzo y fin del índice.

El campo del rango no está presente cuando el código cualificador es igual a 6.

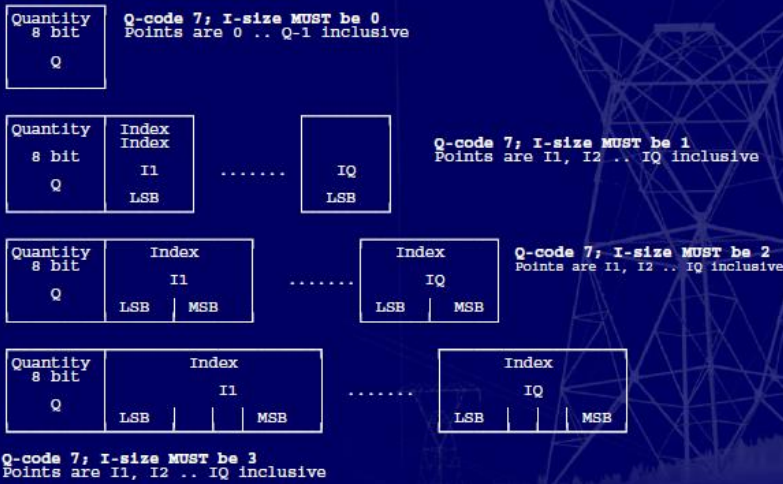
Para los cualificadores 7,8,9 y 11 el campo del rango es un solo campo que especifica la cantidad de puntos solicitados.

El tamaño del campo es variable según el cualificador.

RANGO, Cualificadores del 0-5



RANGO, Cualificador 7



8.5 DATOS GENERALES DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA BELISARIO DOMÍNGUEZ:

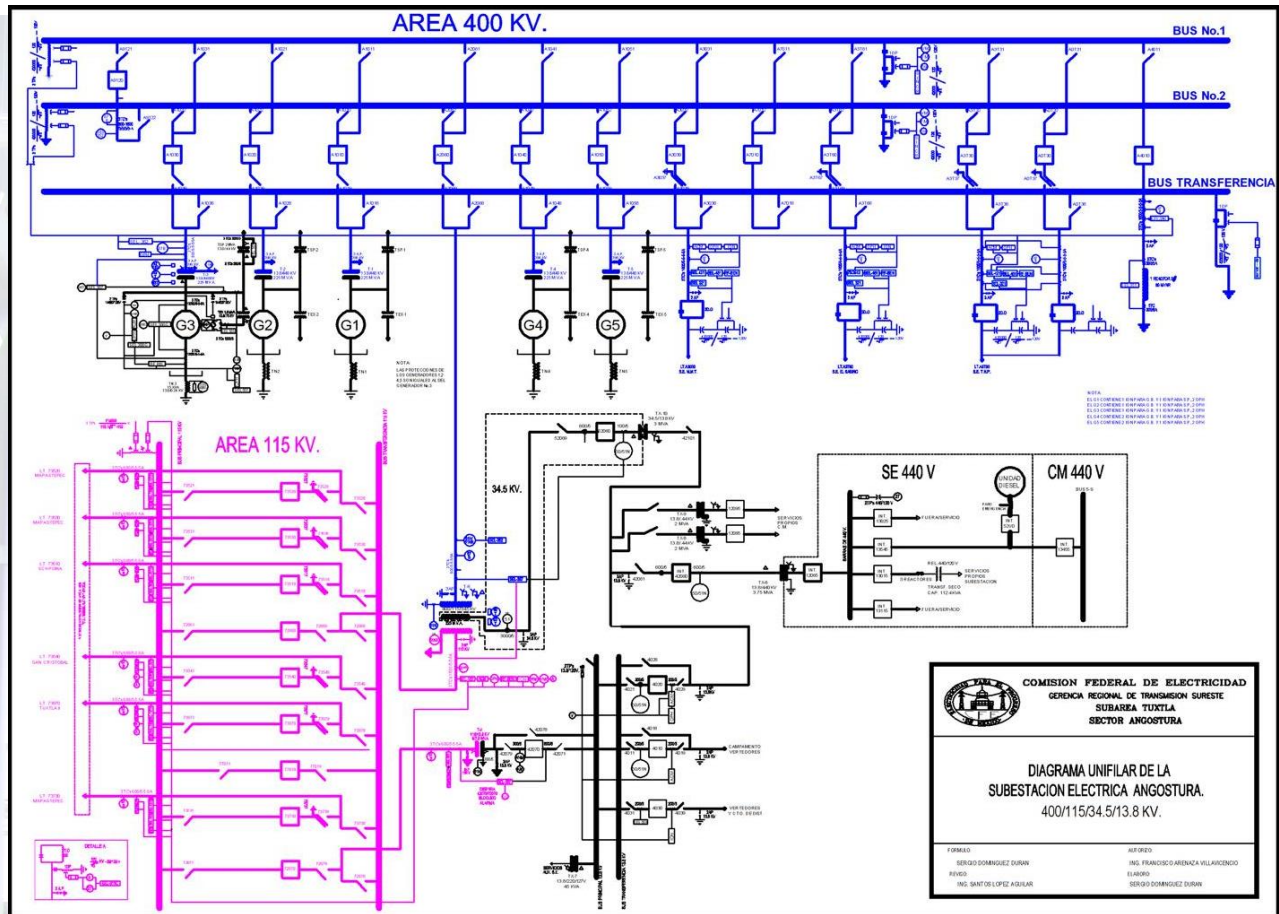


Diagrama unifilar de la Subestación angostura.

8.5.1 LOCALIZACION:

La central Hidroeléctrica Belisario Domínguez se localiza al Sureste de la República Mexicana. Partiendo de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas, sobre la carretera que va al poblado denominado Venustiano Carranza, se recorren 62 km. antes de llegar a la central. La central Hidroeléctrica, utiliza las aguas del Río Grijalva para generar energía eléctrica.

8.5.2 LINEAS DE TRANSMISION:

La Central Hidroeléctrica “Belisario Domínguez”, distribuye actualmente la energía eléctrica mediante líneas de Transmisión de 400 KV y 115 KV, conectadas a su vez a un sistema interconectado de líneas que recorren todo el territorio Nacional.

Las líneas de Transmisión que llegan y salen de la subestación Agustura son las siguientes:

L. T.	VOLTAJE	CIRCUITO
Angostura - Chicoasén	400 KV	A3030
Angostura - El Sabino	400 KV	A3T60
Angostura - Tuxtla II	115 KV	73970
Angostura - Mapastepec	115 KV	73520
Angostura - Mapastepec	115 KV	73530

Angostura - C. H. Schpoina	115 KV	73510
Angostura - San Cristóbal	115 KV	73540
Angostura - Tapachula	400 KV	A3T30
Angostura - Mapastepec	115 KV	73730

8.5.3 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES:

Concepto:	Característica:
Embalse	19,736 Mm3
Cortina	Enrocamiento
Altura Cortina	147 m
N° Unidades	5
Tipo turbina	Francis EW
Cap. Instalada	900 MW
Gasto	218 m3/seg
Inauguración	Año 1975

La planta es totalmente subterránea y tiene cinco unidades de 180,000KW cada una.

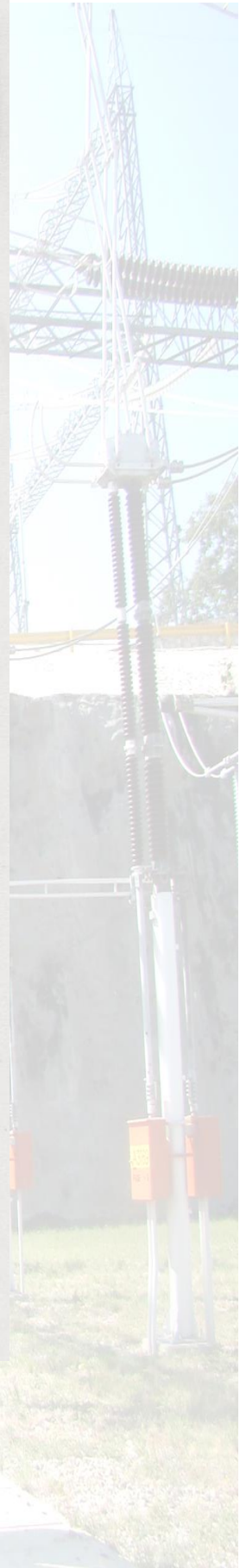
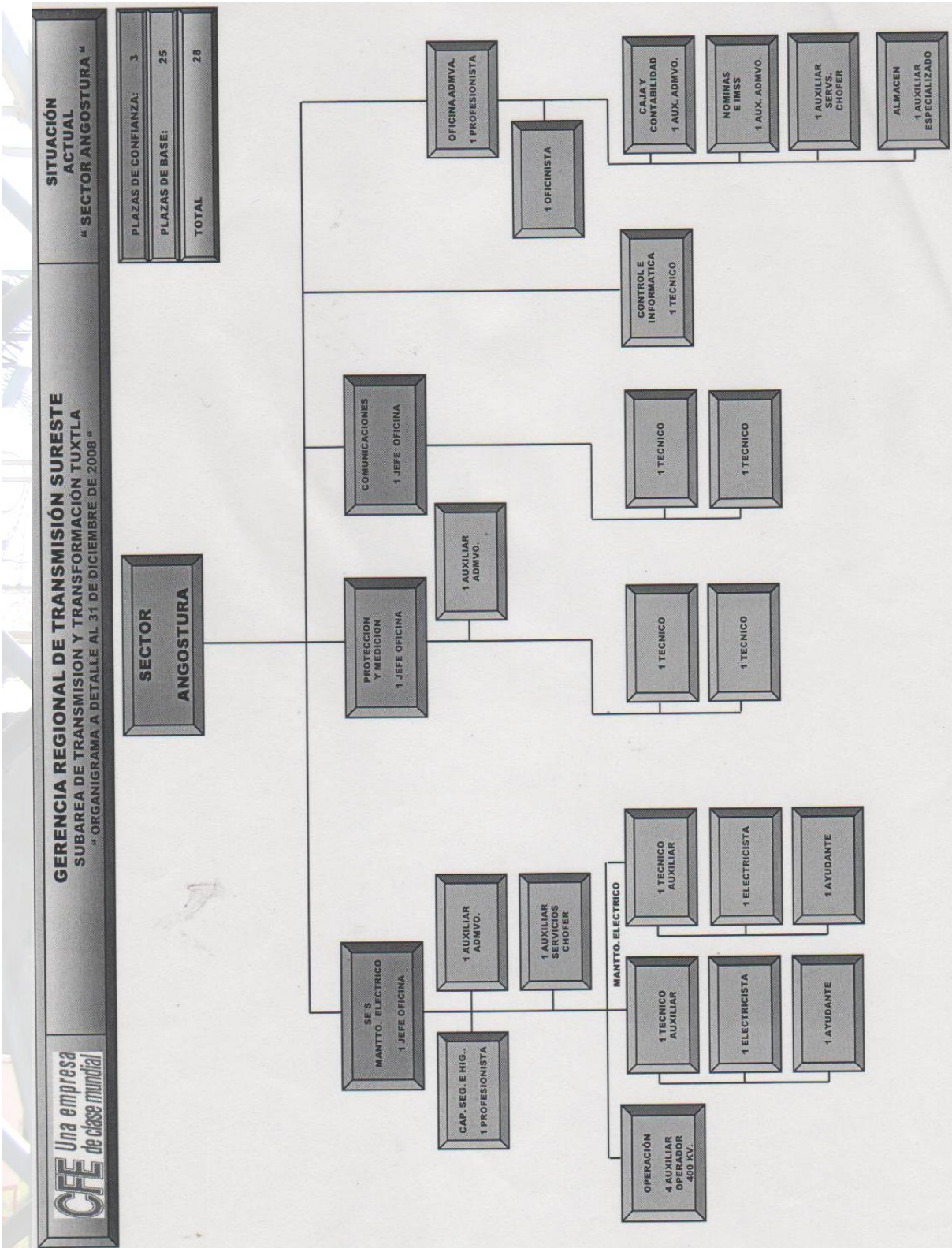
8.5.4 BUSES:

El área de 400 kV cuenta con 2 buses principales, Bus N° 1 y Bus N° 2, y con un Bus de Transferencia.

El área de 500 kV únicamente cuenta con un Bus Principal y un Bus de Transferencia.

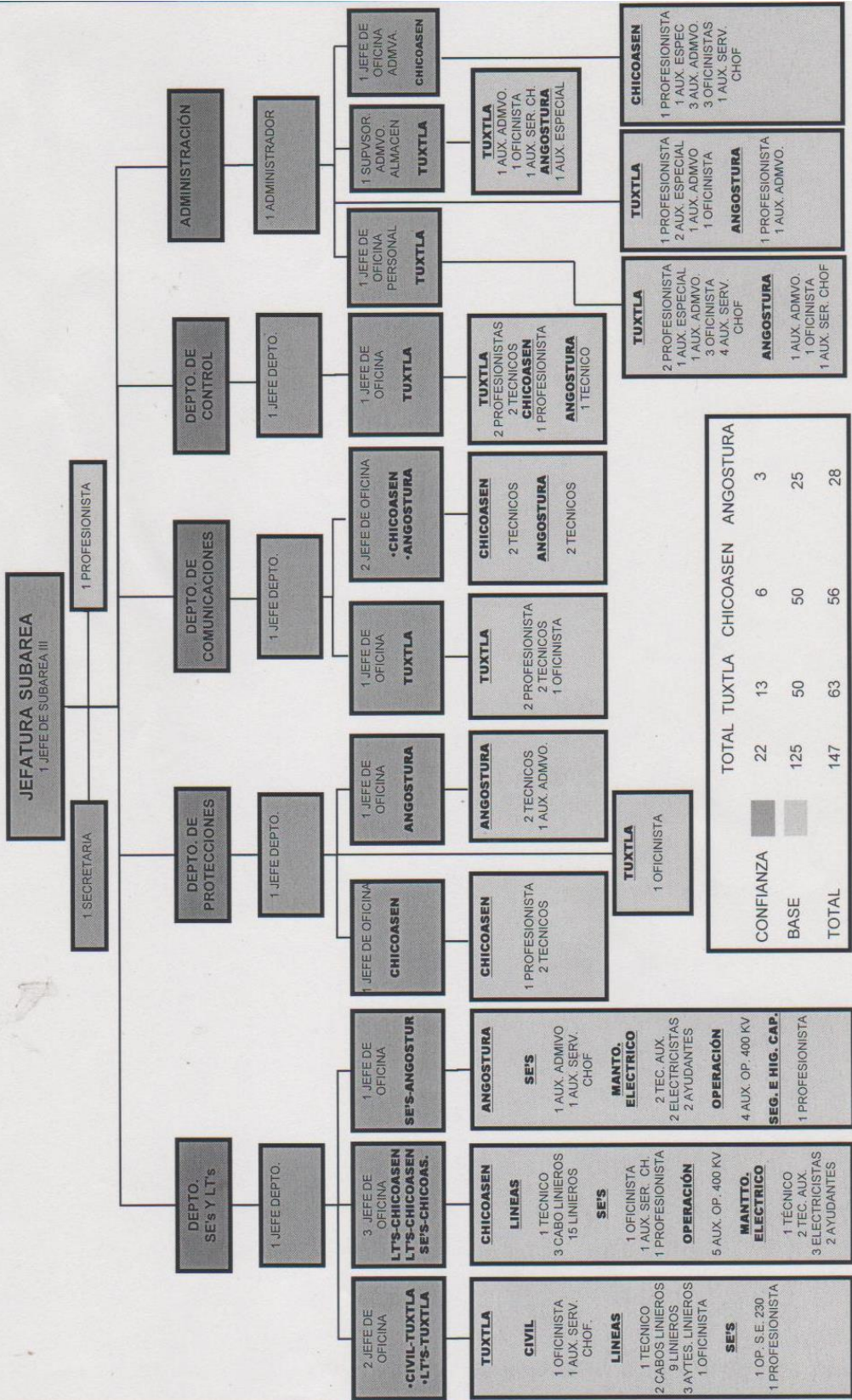
El área de 13.8 kV cuenta con un Bus Principal y un Bus de Transferencia.

8.5.5 ORGANIGRAMA DEL SECTOR ANGOSTURA:



8.5.6 ORGANIGRAMA DE LA SUBAREA DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN TUXTLA.

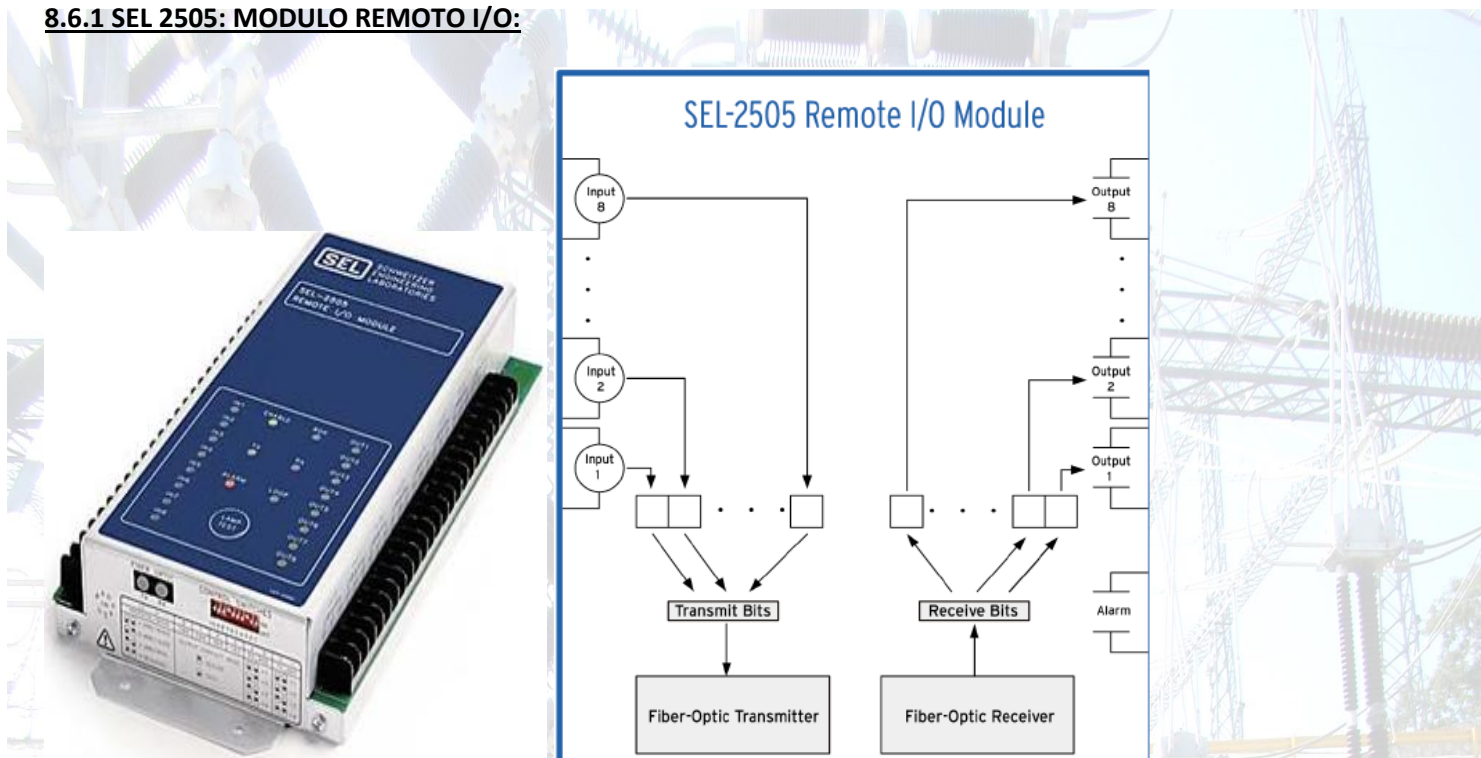
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISION SURESTE
 ESTRUCTURA ORGANICA SUBAREA DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION TUXTLA
 AL 31 DE DICIEMBRE DE 2008



8.6 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MODERNIZACIÓN:

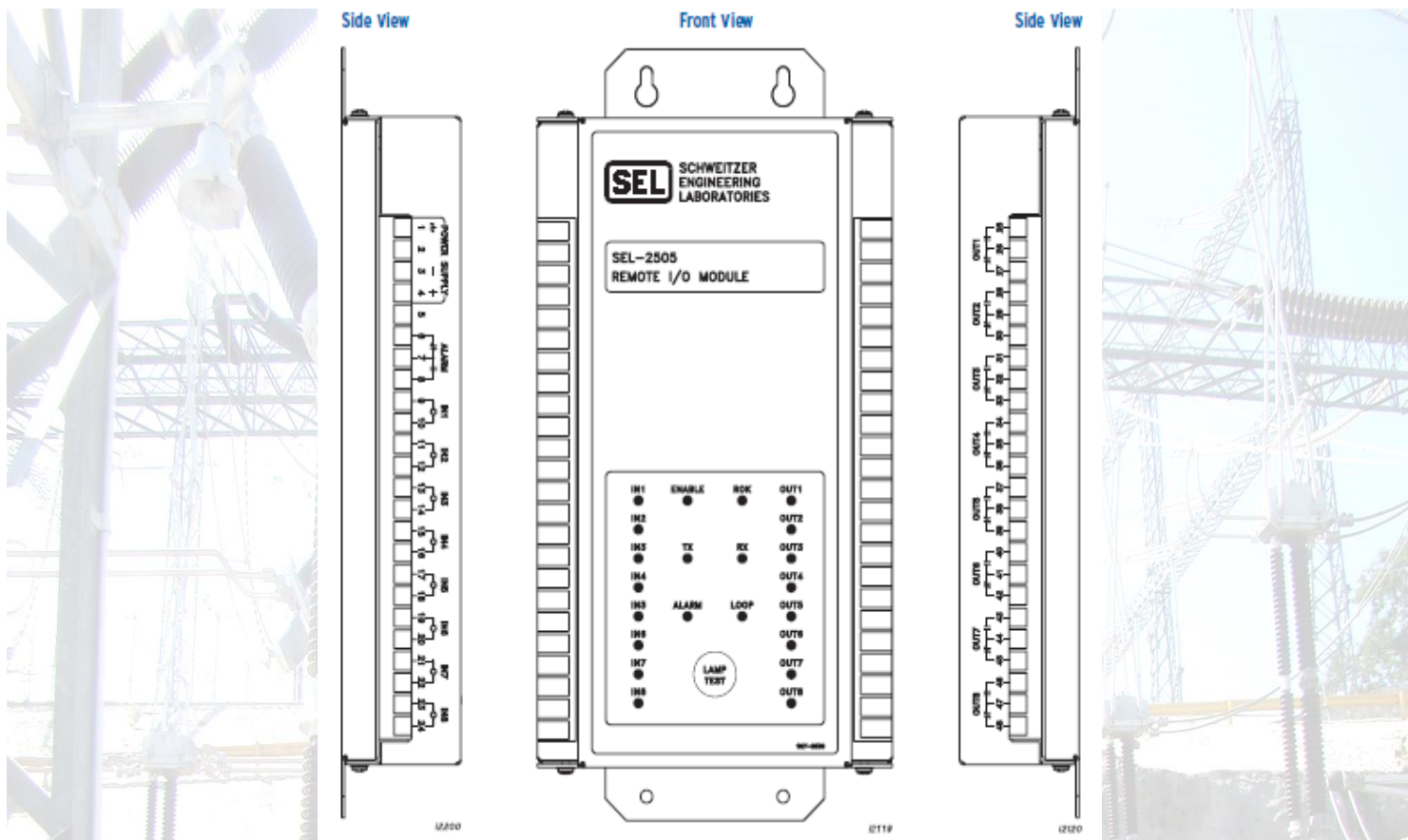


8.6.1 SEL 2505: MODULO REMOTO I/O:

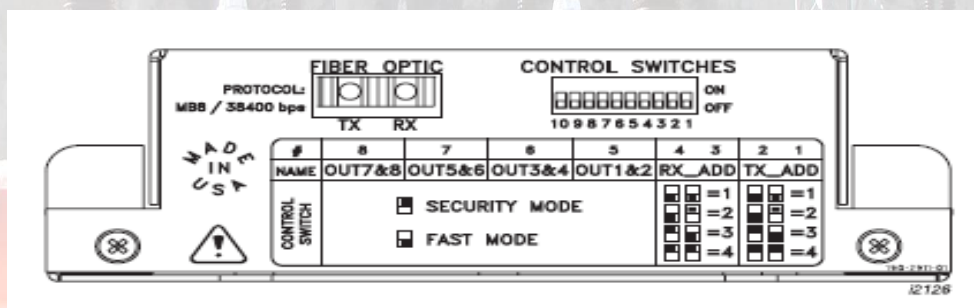


Características:

- Reduce el tiempo de operación.
- Agrega un diagnóstico propio.
- Simplifica el cableado para auxiliar entradas y salidas.
- Contiene 8 contactos para entradas digitales.
- Contiene 8 contactos para salidas digitales.
- 1 puerto de comunicación de Fibra Óptica.
- Conexión a fibra óptica seleccionable, V-pin o ST.
- Convierte directamente entradas/salidas de un dispositivo a comunicación Mirrored Bits.
- Cuenta con 22 leds para monitorear los estados del dispositivo, por ejemplo los estados de alarmas.
- Cuenta con una simple configuración, la cual es segura y es a través de un panel de dip-switch.
- Se pueden conectar dos SEL-2505s juntos para compartir información de contacto de entrada/salida digital entre dos IEDs.



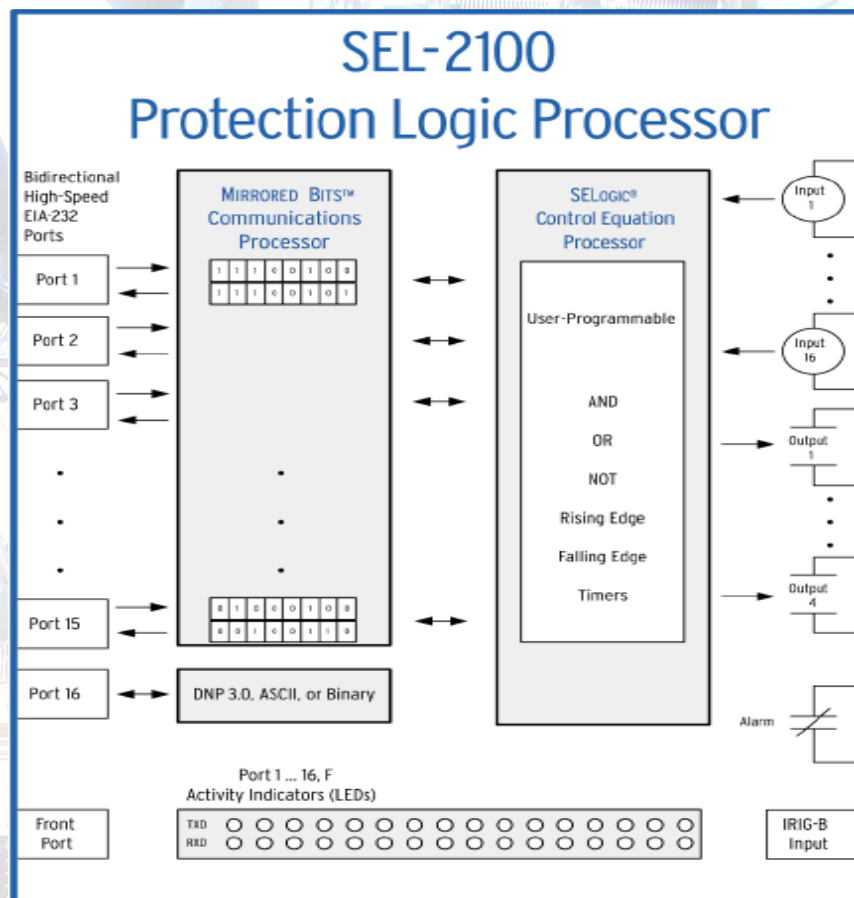
Vista de botones:



8.6.2 SEL 2100: PROCESADOR LÓGICO:



El SEL-2100 recupera el estado de dispositivo y la información de sistema remoto usando comunicaciones MIRROR BIT[®] y los combina con la entrada - salida opcional usando ecuaciones de control SELOGIC[®] para implementar la protección y el control avanzado.

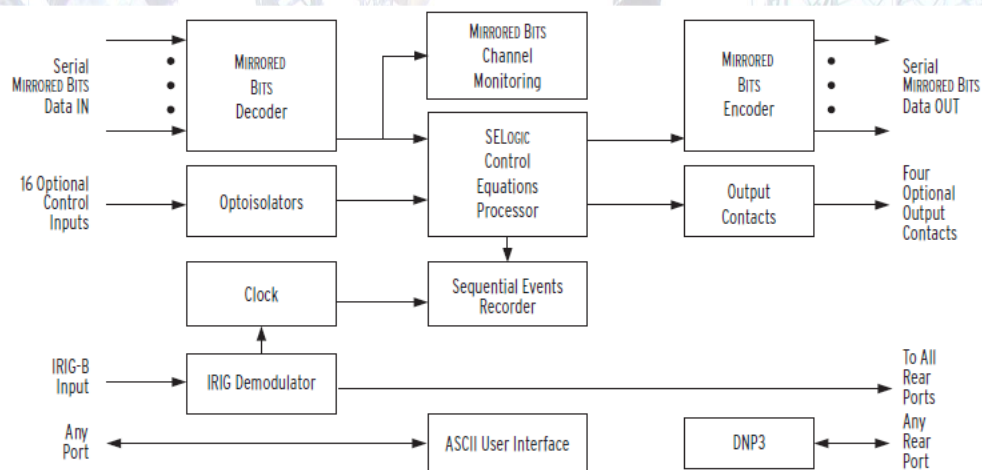


Características principales:

- Bajo costo.
- Ideal para cualquier aplicación de Protección, Control o Automatización, los cuales requieran colección y procesamiento, local o remoto, de elementos protectores, contactos de estados y puntos lógicos para protecciones rápidas.
- Alta velocidad en el bus de protección.
- Provee de un local central para control y monitoreo de todas las fallas.
- Es capaz de alarmar si el enlace de datos se degrada o falla por alguna razón.
- Terminal de múltiples líneas.
- Usa comunicaciones MIRRORED BITS y ecuaciones de control SELOGIC para crear aplicaciones de protección de bus poderoso.
- Transmite y recibe comunicaciones de MIRRORED BITS hasta en 15 puertos, facilitando una transferencia rápida de información digital entre varios dispositivos.
- Configura algunos puertos para acomodar ASCII, o un puerto para DNP3 (el Protocolo de Red Distribuida) para la conexión a sistemas de supervisión o remotos.
- Cuenta con 16 contactos de entrada.
- 4 contactos de salida.
- 64 bits remotos. Equivalentes a 32 controles (TRIP/CLOSE)
 - 32 variables SELOGIC. LV1....LV32

- Cuenta con 32 SELOGIC Variable/Timer: SV1–SV32; SV1T–SV32T32.
- Relevadores LATCH. LT1....LT32.
- El Registrador de Eventos Secuenciales (SER) almacena el estado de hasta 144 elementos seleccionados por el usuario en más de 36,000 registros permanentes.
- Compatible con convertidores de fibra óptica, eliminado así los rizados y reduciendo ruido en el canal.

Diagrama Funcional a bloques del 2100:



En el diagrama anterior observamos que las 16 entradas de control y las 4 salidas son opcionales y por tanto definidas por el propio usuario mediante ecuaciones Booleanas. Las tres primeras entradas son utilizadas para este interruptor. Y de los 16 puertos, 15 manejan el protocolo de comunicación MIRRORED BITS.

Vista de la parte de atrás:

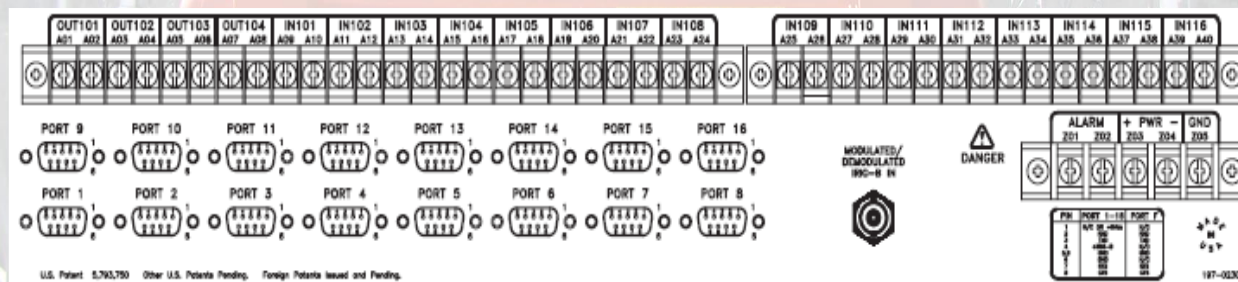
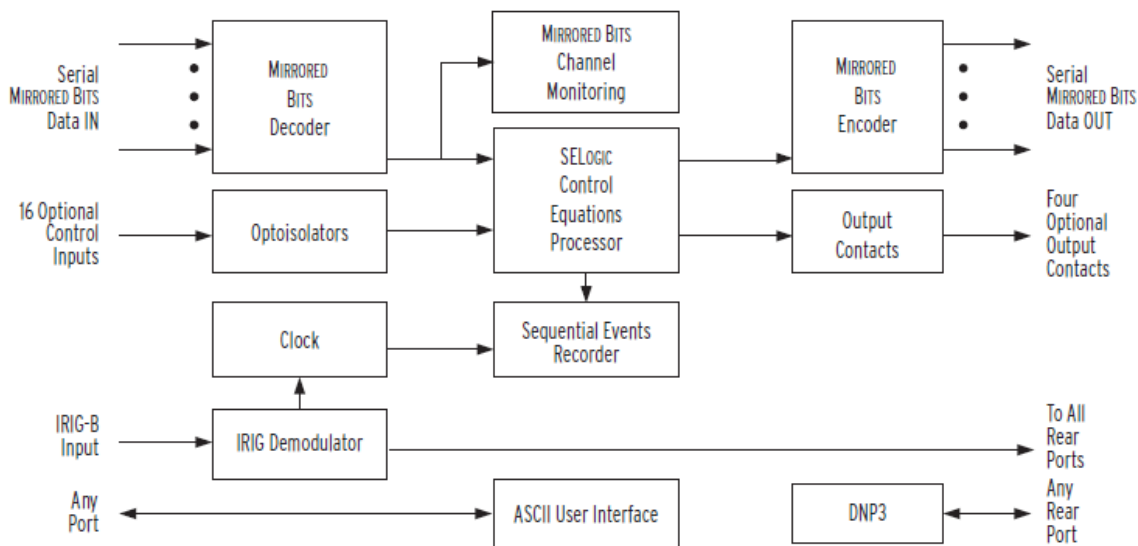


Diagrama a bloques Funcional:



Observamos que este equipo recibe y transmite datos MIRRORED BITS a través de 15 de los 16 puertos EIA-232. Las comunicaciones MIRRORED BITS intercambian 8 bits de información entre dispositivos con un mínimo costo y provee velocidad y seguridad adecuada para la fuente del sistema de protección.

Tabla de protocolos:

	SEL ASCII	DNP3	MIRRORED BITS
Front Port	≤ 9600 baud	No	No
Rear Port 16	Yes	Yes	No
Rear Ports 1-15	Yes	Yes	Yes

8.6.3 SEL 2032: PROCESADOR DE COMUNICACIONES:



Características principales:

- Elimina o reduce la necesidad de SCADA RTUs.
- Une todos los dispositivos inteligentes electrónicos (IEDs) de la subestación en un solo punto de contacto.
- Une múltiples procesadores de comunicaciones para proporcionar caminos de comunicaciones redundantes cuando sea necesario.
- Recibe mensajes SER de dispositivos SEL y pone al día la base de datos local SER.
 - Es capaz de comunicarse via RED.

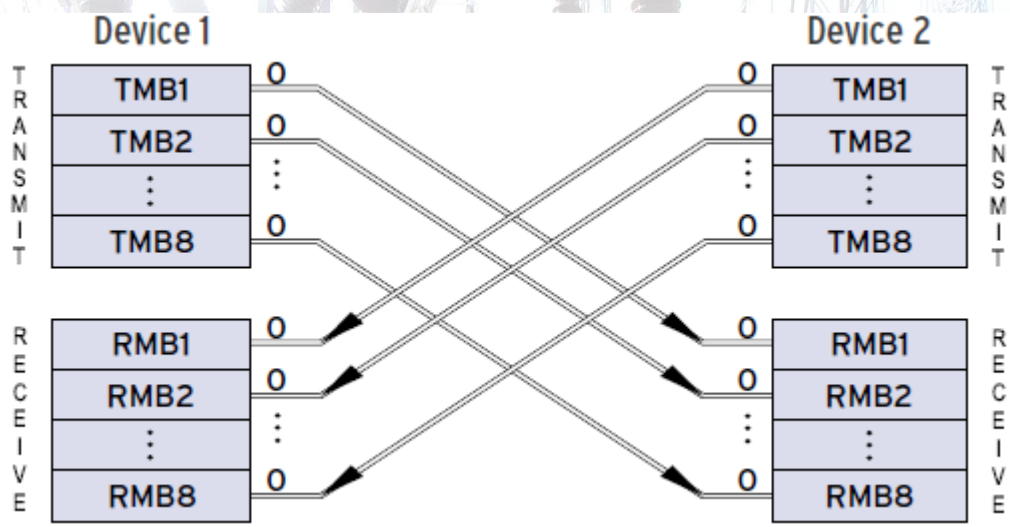
- Tiene la capacidad de ser una interface con una variedad de dispositivos, incluyendo RTU's y HMI's.
- Puede servir como un concentrador de datos, polear a la RTU local, o puede ser conectada para dedicarse al circuito de comunicación SCADA y ser poleada por un dispositivo central.
- El protocolo de comunicación es de la familia SEL.
- 16 Bits Remotos.
- 16 puertos.

8.6.4 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MIRRORED BITS:

La comunicación MIRRORED BITS es una innovación, su tecnología de comunicación es de relay-to-relay el cual envía internamente estados lógicos, codifica en un mensaje digital, de un dispositivo a otro.

Esta tecnología abre las puertas a numerosas protecciones, control y aplicación de monitoreo.

El receptor MIRRORED BITS (RMBs) de un relé sigue el estado de su respectivo transmisor MIRRORED BITS (TMBs) enviado de otro relé.



SEL desarrolla comunicaciones MIRRORED BITS para proveer alta velocidad, seguridad, comunicación punto a punto de bits real o virtual de contacto-estado.

8.6.5 SEL2800: CONVERTIDOR DE FIBRA ÓPTICA:



Características principales:

- Comunicaciones completamente aisladas, libres de interferencias.
- Bajo costo comparado con los cables de cobre.
- Conexión directamente al conector DB-9.
- Cubre una comunicación de 500 metros o más.
- Proporciona mayor velocidad en los relés de protección utilizando el protocolo MIRRORED BITS.

8.6.6 FIBRA ÓPTICA:

La fibra óptica, comienza a perfilarse como una óptima solución para la distribución de señales analógicas y digitales aplicadas en diversas áreas de la industria.

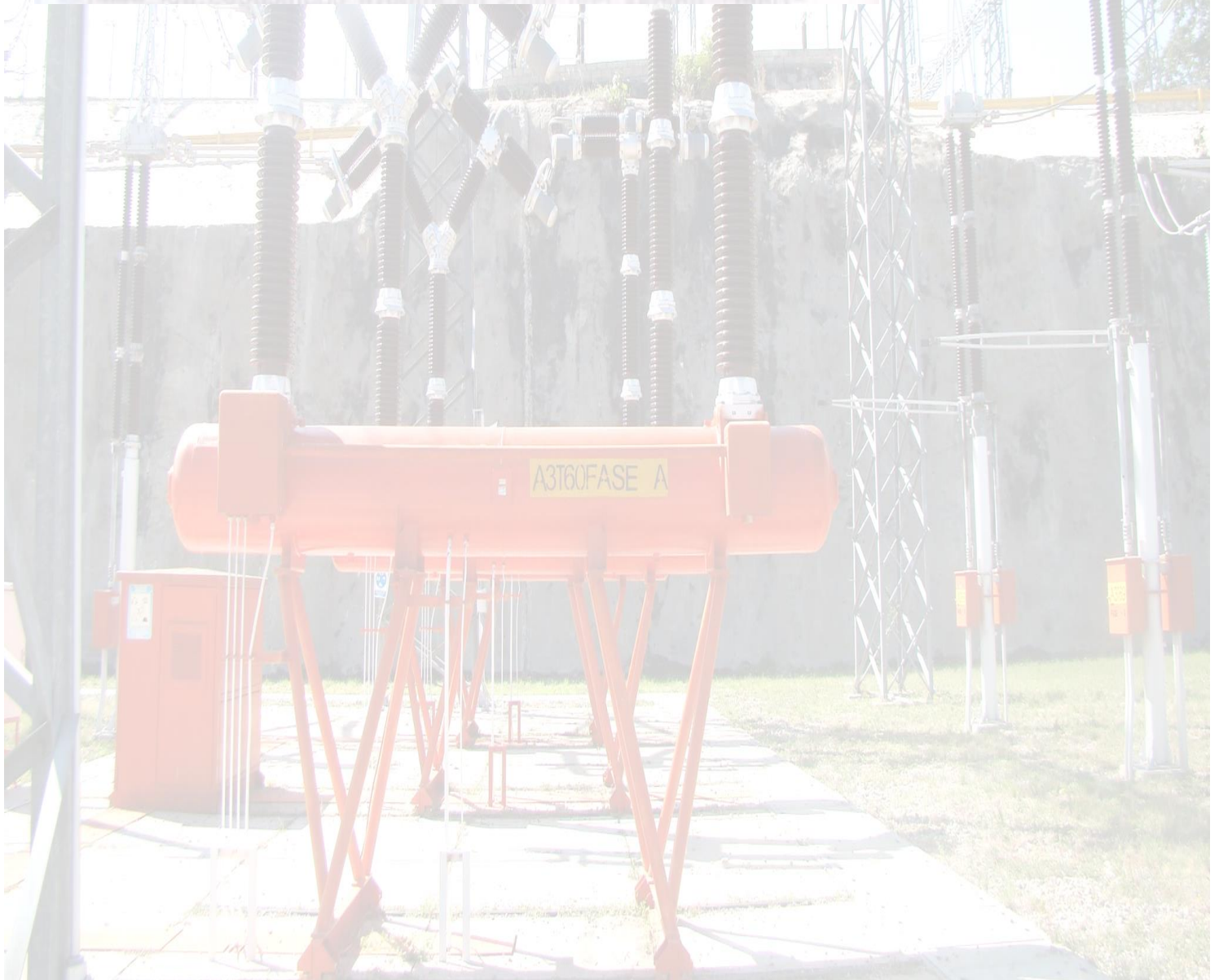
Dentro de algunas ventajas que encontramos en la fibra óptica podemos mencionar que presenta una muy baja atenuación, permite alcanzar grandes distancias con parámetros de calidad y es inmune a interferencias electromagnéticas.

Consciente de estas potencialidades de la fibra óptica en años recientes se han iniciado aplicaciones en todo el mundo en los sistemas de protección de redes eléctricas con una nueva solución basada en plataforma digital y fibra óptica la cual permite transportar, procesar y distribuir las diferentes señales con un muy alto grado de confiabilidad, económico y de calidad.

Las fibras ópticas, después del revestimiento (cladding), poseen unos recubrimientos que les sirven de protección,

denominados primario y secundario.

Estos recubrimientos están fabricados, por lo general, con polímeros que no afectan la propagación de la luz dentro de las fibras, ya que carecen de propiedades ópticas.

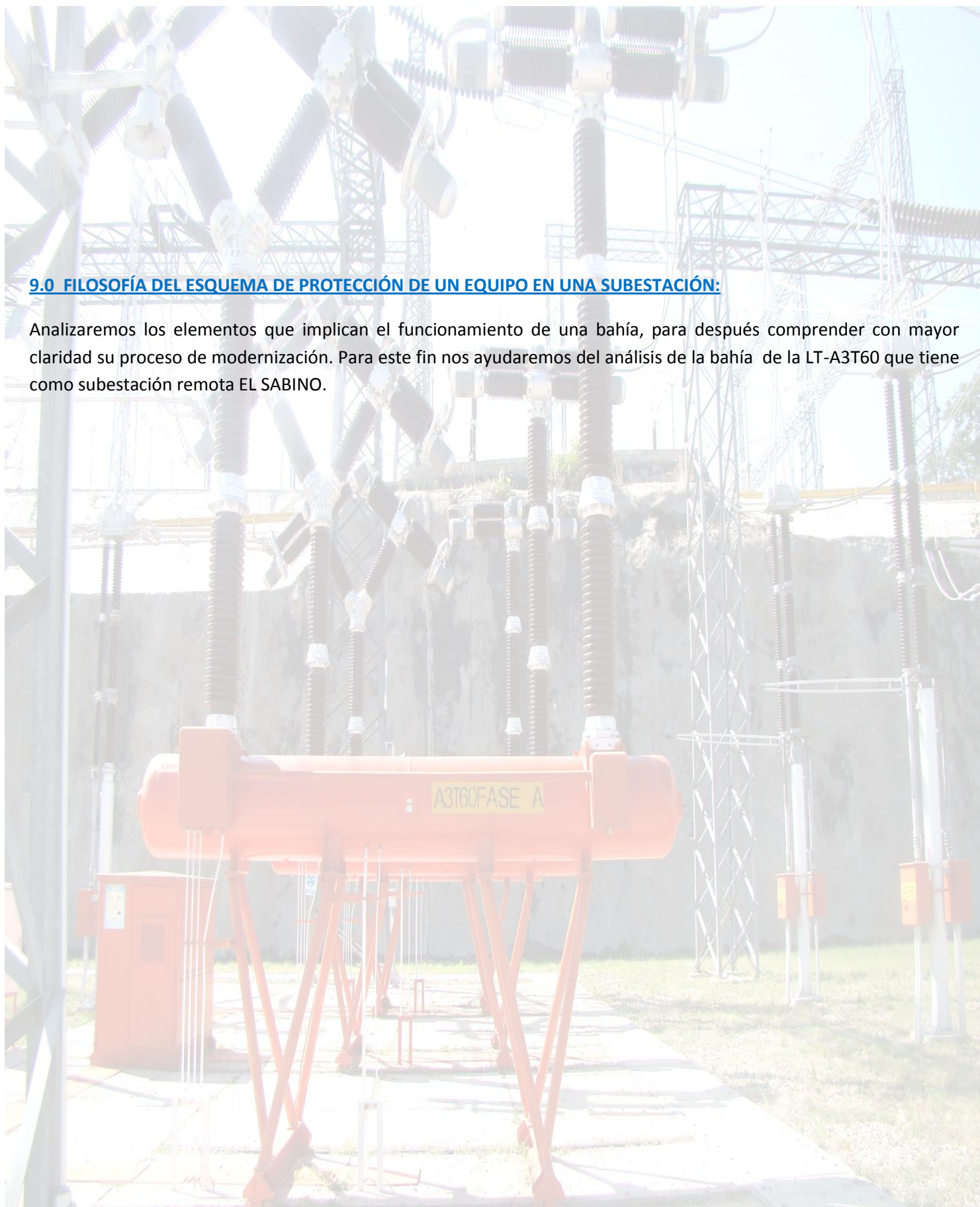




9.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS:

9.0 FILOSOFÍA DEL ESQUEMA DE PROTECCIÓN DE UN EQUIPO EN UNA SUBESTACIÓN:

Analizaremos los elementos que implican el funcionamiento de una bahía, para después comprender con mayor claridad su proceso de modernización. Para este fin nos ayudaremos del análisis de la bahía de la LT-A3T60 que tiene como subestación remota EL SABINO.



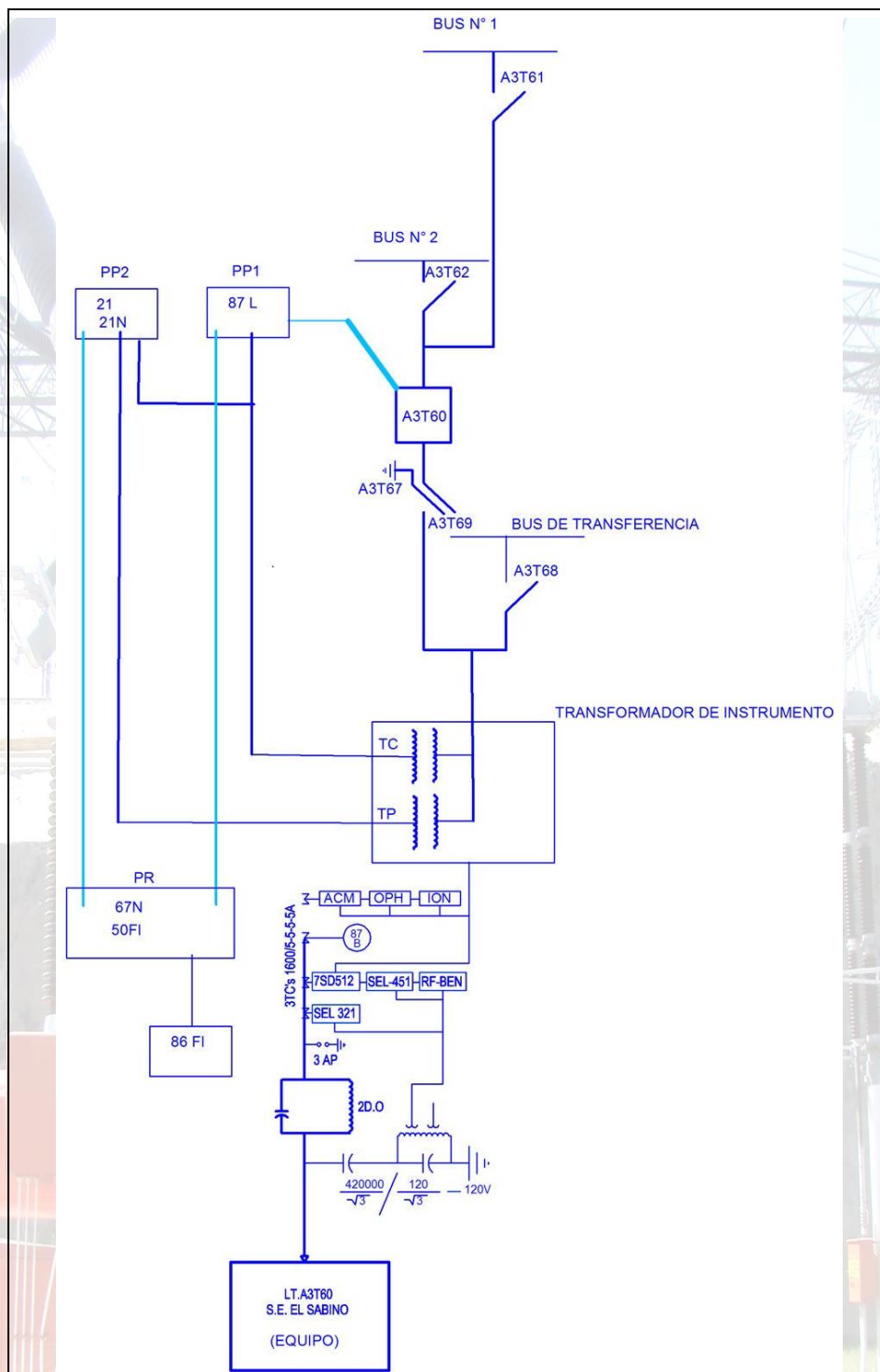


Figura 1: Esquema de protección en la bahía del I-A3T60.

Cada bahía cuenta principalmente con un equipo (al que se debe proteger) y dispositivos tales como interruptor, cuchillas, relés, transformadores de instrumento, que ayudan a la protección.

El equipo durante su funcionamiento está sujeto a fallas y estos dispositivos son necesarios para protegerlo, ya que la falla o daño de un Equipo representa un costo elevado en mantenimiento correctivo y como consecuencia una indisponibilidad prolongada.

Si existe alguna falla en el Equipo LT-A3T60 el único dispositivo capaz de protegerlo es el interruptor, ya que cuenta con el medio de extinción y medio de accionamiento apropiados, derivado de la necesidad de extinguir el arco eléctrico y la velocidad durante la falla. Ambos medios para este interruptor son de Aire a presión.

El dispositivo aun teniendo estas dos características, requiere de mandos que son proporcionados por relevadores de protecciones y que (algunos de estos) a su vez reciben la información de los transformadores de instrumentos conectados al equipo.

Los mandos al interruptor son programados en los Relés de Protecciones. Si el Equipo falló, el Relé que cuenta con protecciones PP1 (Protección Primaria 1) envía la operación TRIP al interruptor para abrirlo. Esta operación tarda activada alrededor de 80 ms, ya que la información desaparece una vez que el interruptor abre.

Si el mando de apertura se efectúa sin problema, en el Transformador de Corriente (TC) circula 0 Amper y la falla se ha liberado. Estas mediciones son captadas por los Relés de protección 87L, 21/21N, 67N y 50FI como se observa en la figura anterior.

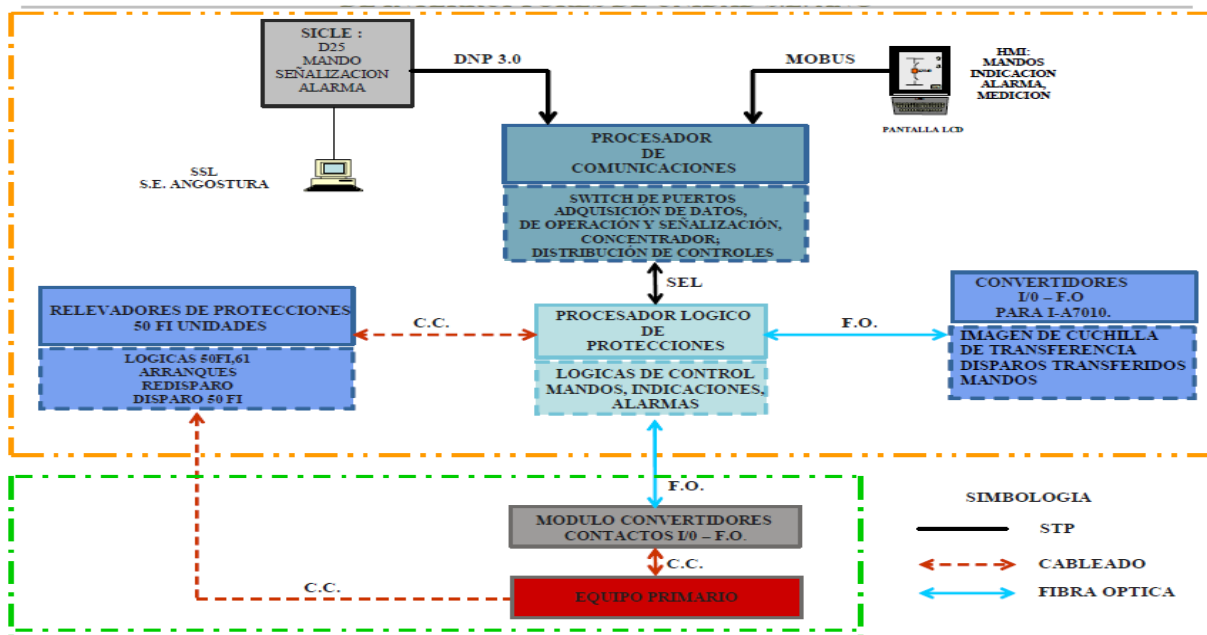
Todas las protecciones deben operar entre 60 y 80 ms, o en menos de 200 ms.

Si el interruptor no abrió, el relé de Protección de Respaldo (PR, 67N/50FI) recibe esta información de la medición del TC y del mando de apertura de los relés PP1 y PP2, esto último porque necesita saber que el mando de apertura de interruptor fue enviado y saber si aun sigue circulando corriente.

Por lo tanto el relé PR (67N/50FI) envía el aviso de la falla al relé 86FI (relé de disparo y bloqueo), para que éste mande a abrir todos los interruptores conectados al Bus de 400 kV al que se encuentra conectada esta bahía y liberar definitivamente la falla detectada inicialmente en el Equipo.

La misma analogía antes descrita siguen todas las bahías de la subestación Angostura.

En la modernización, para la comunicación entre los relés de protección es necesario el protocolo de comunicación MB. Los relés de protección son de la marca SEL y manejan éste protocolo. Y a continuación se muestra una figura con la Funcionalidad Elemental del Esquema de PCyM de los Interruptores de Unidad de la S.E. Angostura.



9.0.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS RELÉS DE PROTECCIÓN:

RELÉ DE PROTECCIÓN	SIMBOL	RELÉ DE PROTECCIÓN	SIMBOL
Elemento maestro	1	Relé térmico para Transform. o máquina.	49
Relé con retardo de tiempo al arrancar	2	Relé instantáneo de sobrecorriente.	50
Relé de chequeo.	3	Relé temporizado de sobrecorriente.	51
Relé maestro de arranque.	4	Interruptor de corriente alterna.	52
Relé maestro de parada.	5	Relé excitación o del generador cc.	53
Interruptor de arranque.	6	Disponible.	54
Interruptor anódico.	7	Relé de factor de potencia.	55
Disp. de desconexión de la pot. de control	8	Relé de aplicación del campo.	56
Dispositivo de inversión.	9	Dispositivo de cortocircuito.	57
Interruptor de control de secuencia.	10	Relé de falla de la rectificación.	58
Disponible.	11	Relé de sobretensión.	59
Dispositivo de sobrevelocidad.	12	Relé de desbalance de corriente.	60
Dispositivo de velocidad sincrónica.	13	Disponible.	61
Dispositivo de baja velocidad.	14	Relé temporizado para parada.	62
Dispositivo igualador de frecuencia.	15	Relé de presión.	63
Disponible.	16	Relé de falla a tierra.	64
Interruptor de descarga o punteo.	17	Regulador.	65
Dispositivo de aceleración o desaceleración.	18	Disp. de control o de avance lento.	66
Relé de transición de arranque o marcha.	19	R. direccional de sobrecorriente ac.	67
Válvula operadora eléctricamente.	20	Relé de bloqueo.	68
Relé de distancia.	21	Dispositivo permisivo de control.	69
Interruptor igualador.	22	Reóstato.	70
Dispositivo de control y temperatura.	23	Suiche nivel.	71
Relé de ondas viajeras.	24	Interruptor cc.	72

RELÉ DE PROTECCIÓN	SÍMBOLO
Contac. para la resistencia de carga	73
Relé de alarma.	74
Mecanis. para el cambio de posición	75
Relé de sobrecorriente de cc.	76
Transmisor de pulsos.	77
Relé de protección.	78
Relé de recierre de ca.	79
Relé de flujo.	80
Relé de frecuencia.	81
Relé de recierre de cc.	82
Relé de control selectivo automático	83
Mecanismo de operación.	84
Relé receptor de carrier o hilo piloto	85
Relé de disparo y bloqueo.	86
Relé de protección diferencial.	87
Motogenerador.	88
Seccionador de línea.	89
Dispositivo de regulación.	90
Relé direccional de tensión.	91
Relé direccional de potencia tensión	92
Contacto cambiador de campo.	93
Relé de disparo o disparo libre.	94
Disponible.	95
Detector de vibraciones.	96



Identificación de Dispositivos NEMA más Importantes:

- 21.- Relevador de distancia.
- 25.- Dispositivo de sincronización o de comprobación de sincronismo.
- 27.- Relevador de bajo voltaje.
- 30.- Dispositivo Anunciador
- 32.- Relevador Direccional de Potencia
- 40.- Relevador de Campo.
- 46.- Relevador de Corriente de Secuencia Negativa.
- 49.- Relevador térmico de máquinas o transformadores.
- 50.- Relevador instantáneo de sobrecorriente o de velocidades de aumento de corriente.
- 51.- Relevador temporizado de sobrecorriente alterna.
- 52.- Interruptor de C.A.
- 59.- Relevador de Sobrevoltaje.
- 61.- Relevador de Desequilibrio de Corrientes.
- 63.- Relevador de presión, de nivel o de flujo (de líquido o de gas).
- 67.- Relevador direccional de sobrecorriente alterna.
- 79.- Relevador de recierre de A.C.
- 81.- Relevador de frecuencia
- 86.- Relevador de bloqueo definitivo
- 87.- Relevador de protección diferencial
- 89.- Cuchilla Operada eléctricamente.

9.1 PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES PARA LA MODERNIZACIÓN DEL AREA DE 400 kv DE LA SUBESTACIÓN ANGOSTURA:

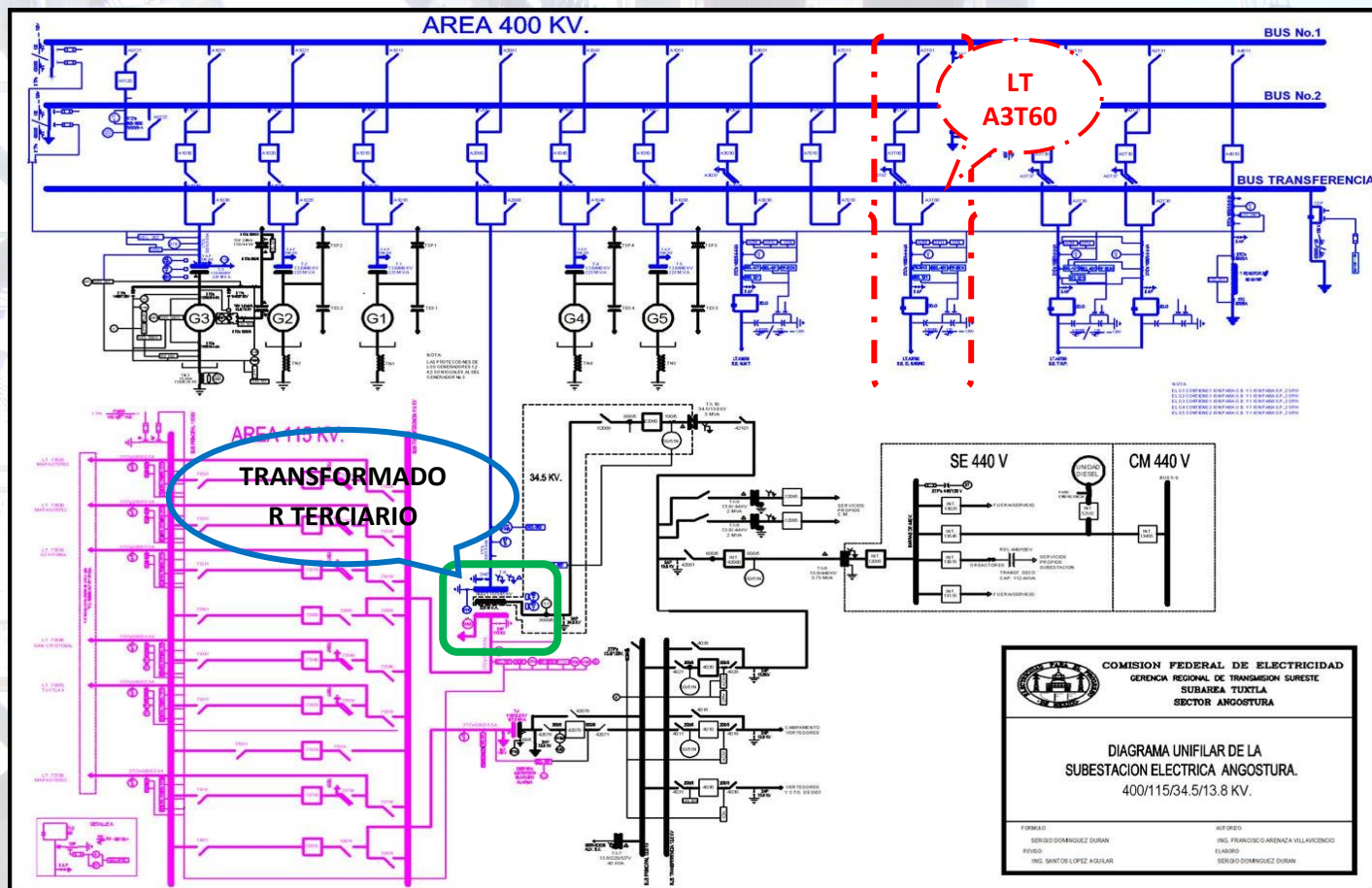


Figura 9.1: Diagrama Unifilar de Subestación Angostura.

Para llevar a cabo el estudio y análisis de la Modernización del Área de 400 kv de la SUBESTACIÓN ANGOSTURA, tomaremos una bahía modernizada, la cual será la LT A3T60 que tiene como Subestación Remota El SABINO. Cabe mencionar que el sistema de modernización es para PCyM (Protección, Control y Medición) y además es redundante, ya que cuenta con Sistema 1 y Sistema 2.

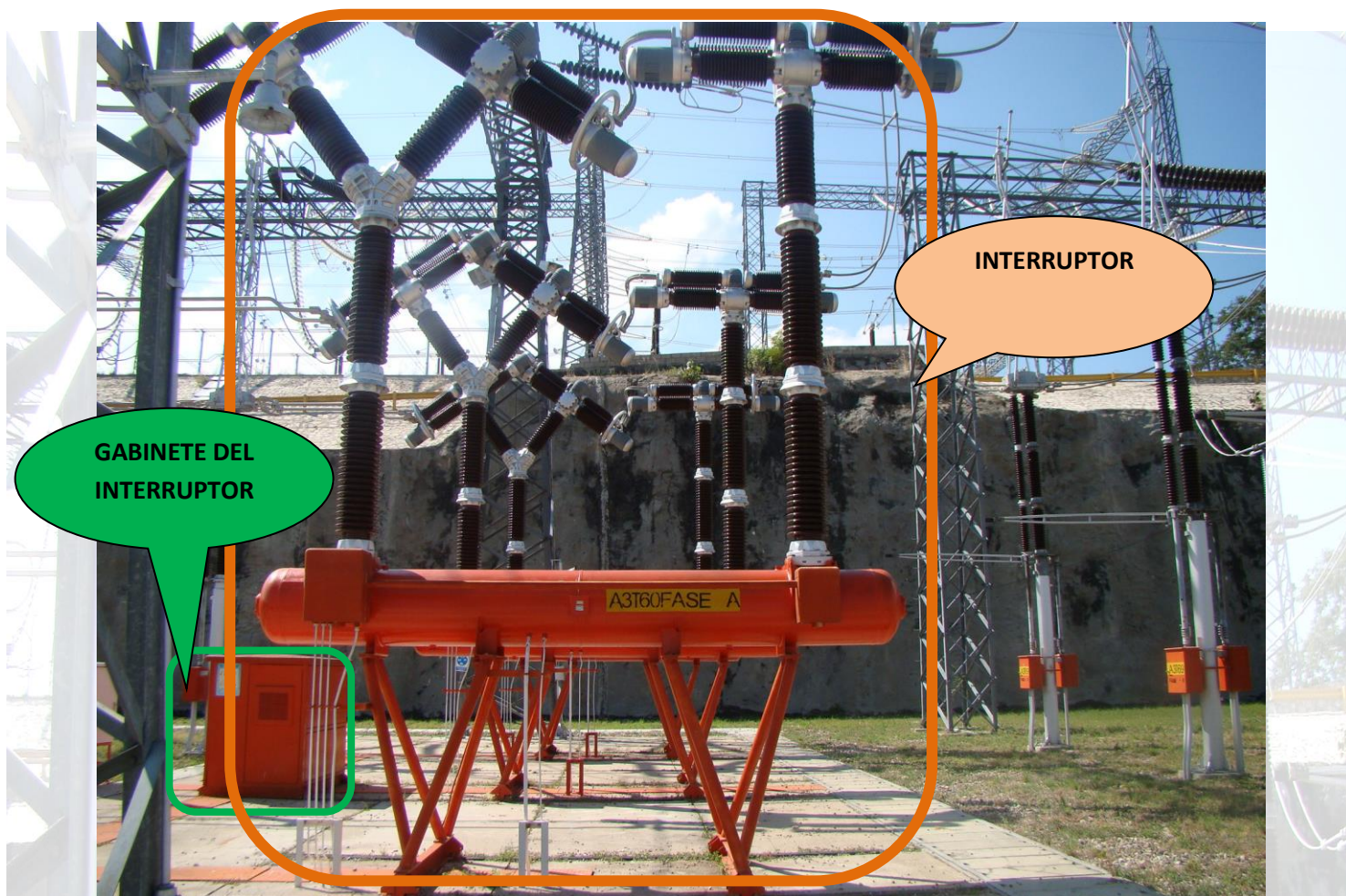


Figura 9.2: Interruptor A3T60, fase A.

La protección, control y medición de todos los equipos y dispositivos del área de 400 kV se realiza con 2 SCADA's diferentes, con el Sistema 1 a través del SSL de Subestación (SSL S.E.) y el equipamiento necesario proporcionado por el Departamento de Control e Informática. Y con el Sistema 2, que cuenta con una Pantalla Táctil marca Mapple, la cual es atendida por el Departamento de Protección y Medición.

Iniciaremos con el análisis del Interruptor A3T60 en estado Cerrado. Describiremos la trayectoria de la señal desde que sale de campo hasta llegar a la IHM llamada SSL S.E., para luego analizar la trayectoria inversa, es decir, cuando se ejercen controles desde el SSL S.E. hasta accionar un mando en un contacto de salida del Módulo Remoto I/O SEL2505.

La visualización de la siguiente tabla es con el objetivo de mostrar una parte de todas las señales de la bahía de la LT-A3T60 que son procesadas para la modernización. Tomaremos la señal número 1 de la lista para ilustrar todo el fenómeno de la modernización del área de 400 kV.

BASE DE DATOS DNP PARA SEÑALES DIGITALES LT A3T60					
No	DESCRIPCION	DISPOSITIVO FUENTE	TIPO DATO	REGISTRO	BR PARA FIJAR ALARMA
1	I-A3T60 CERRADO	SEL-2100	1x	RO B0	1:TAR:LV3
2	I-A3T60 ABIERTO	SEL-2100	1x	RO B1	1:TAR:LV4
3	ESTADO CU-A3T61	SEL-2100	1x	RO B2	1:TAR:R4P2
4	ESTADO CU-A3T62	SEL-2100	1x	RO B3	1:TAR:R5P2
5	ESTADO CU-A3T69	SEL-2100	1x	RO B4	1:TAR:R7P2
6	ESTADO CU-A3T68	SEL-2100	1x	RO B5	1:TAR:R6P2
7	ESTADO CU-A3T67	SEL-2100	1x	RO B6	1:TAR:R8P2
8	DRM LT-A3T60 DENTRO	SEL-2100	1x	RO B7	2:TAR:PLT03
9	DISPARO I-A3T60 POR 87B	SEL-2100	1x	RO B8	1:TAR:SV6T
10	OPERO TPA PP1 87L 7SA512 LT A3T60	SEL-321	1x	RO B9	14:F800H:0=2:TAR:IN1
11	OPERO TPB PP1 87L 7SA512 LT A3T60	SEL-321	1x	RO B10	14:F800H:1=2:TAR:IN2
12	OPERO TPC PP1 87L 7SA512 LT A3T60	SEL-321	1x	RO B11	14:F800H:2=2:TAR:IN3
13	OPERO 3PT PP1 87L 7SA512 LT A3T60	SEL-321	1x	RO B12	14:F800H:3=2:TAR:IN4
14	OPERO PP1 87L 7SA512 LT A3T60	SEL-321	1x	RO B13	14:F800H:4=2:TAR:IN1+IN2+IN3+IN4
15	FALLA EN PP1 87L LT-A3T60	SEL-321	1x	RO B14	14:F800H:5=2:TAR:IN8
16	OPERO TPA PP2 SEL 321 LT A3T60	SEL-321	1x	RO B15	14:F800H:6=2:TAR:TPA
17	OPERO TPB PP2 SEL 321 LT A3T60	SEL-321	1x	R1 B0	14:F800H:7=2:TAR:TPB
18	OPERO TPC PP2 SEL 321 LT A3T60	SEL-321	1x	R1 B1	14:F800H:8=2:TAR:TPC
19	OPERO 3PT PP2 SEL 321 LT A3T60	SEL-321	1x	R1 B2	14:F800H:9=2:TAR:3PT
20	OPERO PP2 SEL 321 LT A3T60	SEL-321	1x	R1 B3	14:F800H:10=2:TAR:TPA+TPB+TPC+3PT
21	OPERO TX POTT PP2 SEL 321 LT A3T60	SEL-321	1x	R1 B4	14:F800H:11=2:TAR:KEY(OUT9)
22	OPERO RX POTT PP2 SEL 321 LT A3T60	SEL-321	1x	R1 B5	14:F800H:12=2:TAR:IN5+2:TAR:IN6
23	FALLA EN PP2 SEL-321 LT-A3T60	SEL-321	1x	R1 B6	14:F800H:13=2:TAR:ALARM
24	OPERO PR SEL 451 LT A3T60	SEL-451	1x	R1 B7	2:TAR:TRIPLED
25	OPERO REDISPARO DE I-A3T60	SEL-451	1x	R1 B8	2:TAR:RT1
26	OPERO 50FI DE I-A3T60	SEL-451	1x	R1 B9	1:TAR:R2P3
27	OPERO DESBALANCE (61) I-A3T60	SEL-451	1x	R1 B10	2:TAR:PCT03Q+PCT04Q
28	OPERO 59L LT A3T60	SEL-451	1x	R1 B11	2:TAR:PCT06Q
29	FALLA EN DP FASE A LT-A3T60	SEL-451	1x	R1 B12	2:TAR:ASV013
30	FALLA EN DP FASE B LT-A3T60	SEL-451	1x	R1 B13	2:TAR:ASV014
31	FALLA EN DP FASE C LT-A3T60	SEL-451	1x	R1 B14	2:TAR:ASV015
32	FALLA EN DP BUS 2 400 KVS	SEL-451	1x	R1 B15	2:TAR:ASV018
33	FALLA EN DPS GENERAL LT-A3T60	SEL-451	1x	R2 B0	2:TAR:ASV017
34	OPERO RECIERRE LT-A3T60	SEL-451	1x	R2 B1	1:TAR:R3P3
35	OPERO TX DPL LT A3T60	SEL-451	1x	R2 B2	2:TAR:OUT105+OUT108
36	OPERO RX DPL LT A3T60	SEL-451	1x	R2 B3	2:TAR:IN104+IN105
37	FALLA EN PR SEL451 LT-A3T60	SEL-451	1x	R2 B4	2:TAR:TARGET:SALARM
38	ALARMA BANCO 250 VCD SISTEMA 1	SEL-451	1x	R2 B5	2:TAR:DC1F+DC1G
39	ALARMA BANCO 48 VCD	SEL-451	1x	R2 B6	2:TAR:DC2F+DC2G
40	FALLA EN ESQUEMA PROT A3T60	SEL-2100	1x	R2 B7	1:TAR:ALARM+2:TAR:ALARM+14:F800H:14=2:TAR:ALARM

SEÑALES PROVENIENTES DE CAMPO

Tabla 9.1: BD 1/2 DNP para Señales Digitales de la LT-A3T60.

9.1.1 ANÁLISIS DEL INTERRUPTOR A3T60 CERRADO DESDE CAMPO HACIA LA IHM SSL S.E.:

9.1.1.1 Procesamiento de la Señal del Interruptor A3T60 en estado Cerrado en el Departamento de Protección y Medición:

La siguiente tabla también nos muestra la ubicación de las señales de interés para este primer análisis.

SEL2100/469 SISTEMA 1				
	2505-1		2505-2	
Input	R1P1	bus disp bob1 A3T60	R1P2	A3T60/b A
	R2P1	disparidad de polos	R2P2	A3T60/b B
	R3P1	alarma baja presion	R3P2	A3T60/b C
	R4P1	bloqueo cierre	R4P2	A3T61/b
	R5P1	bloqueo disparo	R5P2	A3T62/b
	R6P1	conmutador en local	R6P2	A3T68/b
	R7P1	bus cierre	R7P2	A3T69/b
	R8P1	27 c	R8P2	A3T67/b
Output	T1P1	disparo fase A BOB1	T1P2	perm CU-A3T61
	T2P1	disparo fase B BOB1	T2P2	cierre CU-A3T61
	T3P1	disparo fase C BOB1	T3P2	apertura CU-A3T61
	T4P1	cierre remoto	T4P2	perm CU-A3T62
	T5P1	perm cierre local	T5P2	cierre CU-A3T62
	T6P1	perm CU-A3T69	T6P2	apertura CU-A3T62
	T7P1	cierre CU-A3T69	T7P2	cierre CU-A3T68
	T8P1	apertura CU-A3T69	T8P2	apertura CU-A3T68

Tabla 9.2: Las señales del I-A3T60 son ingresadas en el equipo SEL2505 número 2, para ser procesadas y programadas por el SEL2100 número 4, correspondiente al sistema 1.

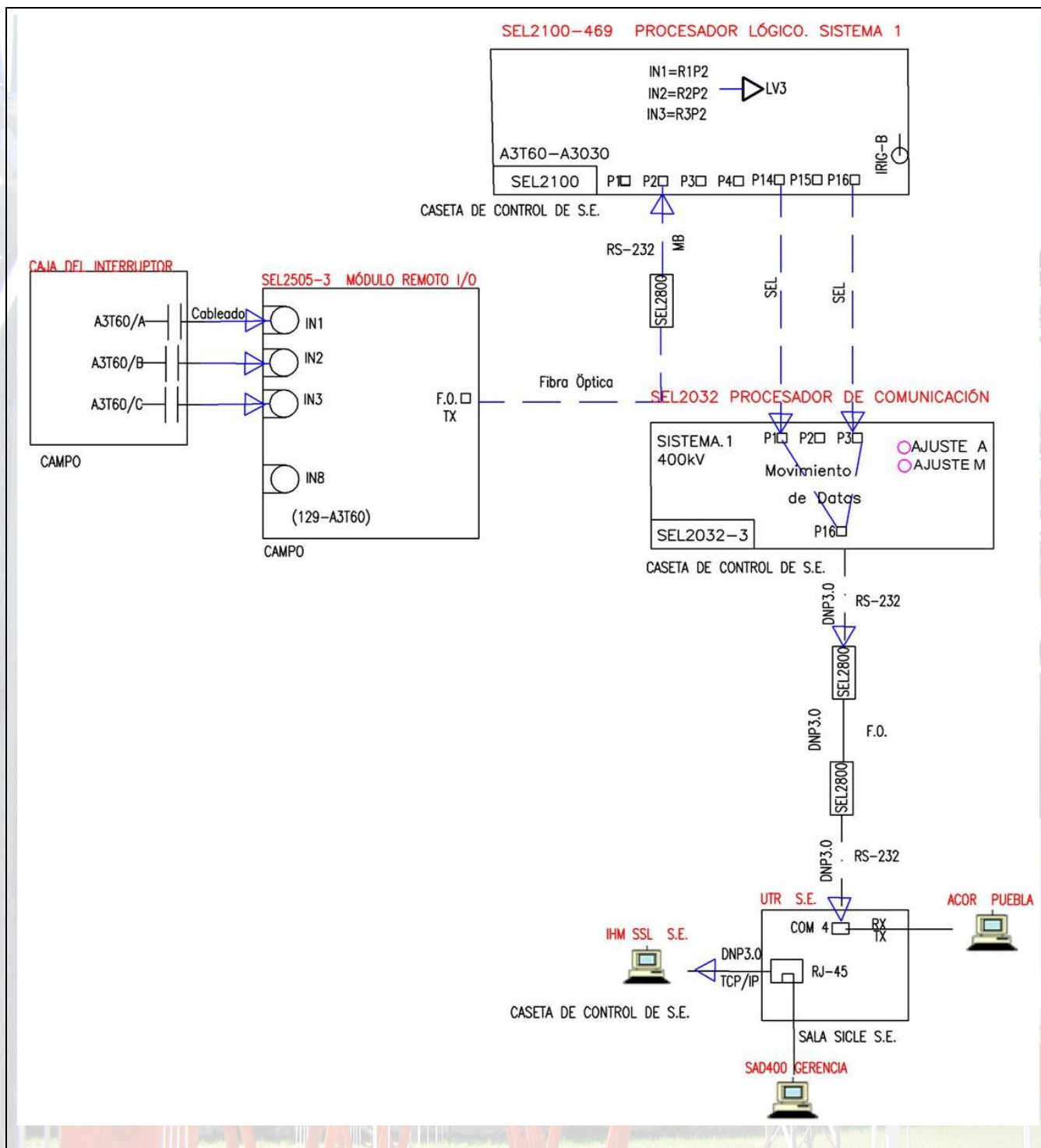


Figura 9.3: Diagrama a bloques del análisis del Interruptor A3T60 Cerrado para el Sistema 1.

En la anterior podemos observar que del campo tomamos la señal del I-A3T60 en sus tres fases, A, B, y C, cada una de las cuales se conectan al Módulo Remoto de Entradas/Salidas SEL2505, que tiene el propósito de digitalizar las señales y convertirlas directamente al protocolo de comunicación MIRRORRED BITS. Dentro de este equipo la señal del I-A3T60 fase A recibe el nombre de IN1, la fase B el nombre de IN2 y la señal de la fase C el nombre de IN3.

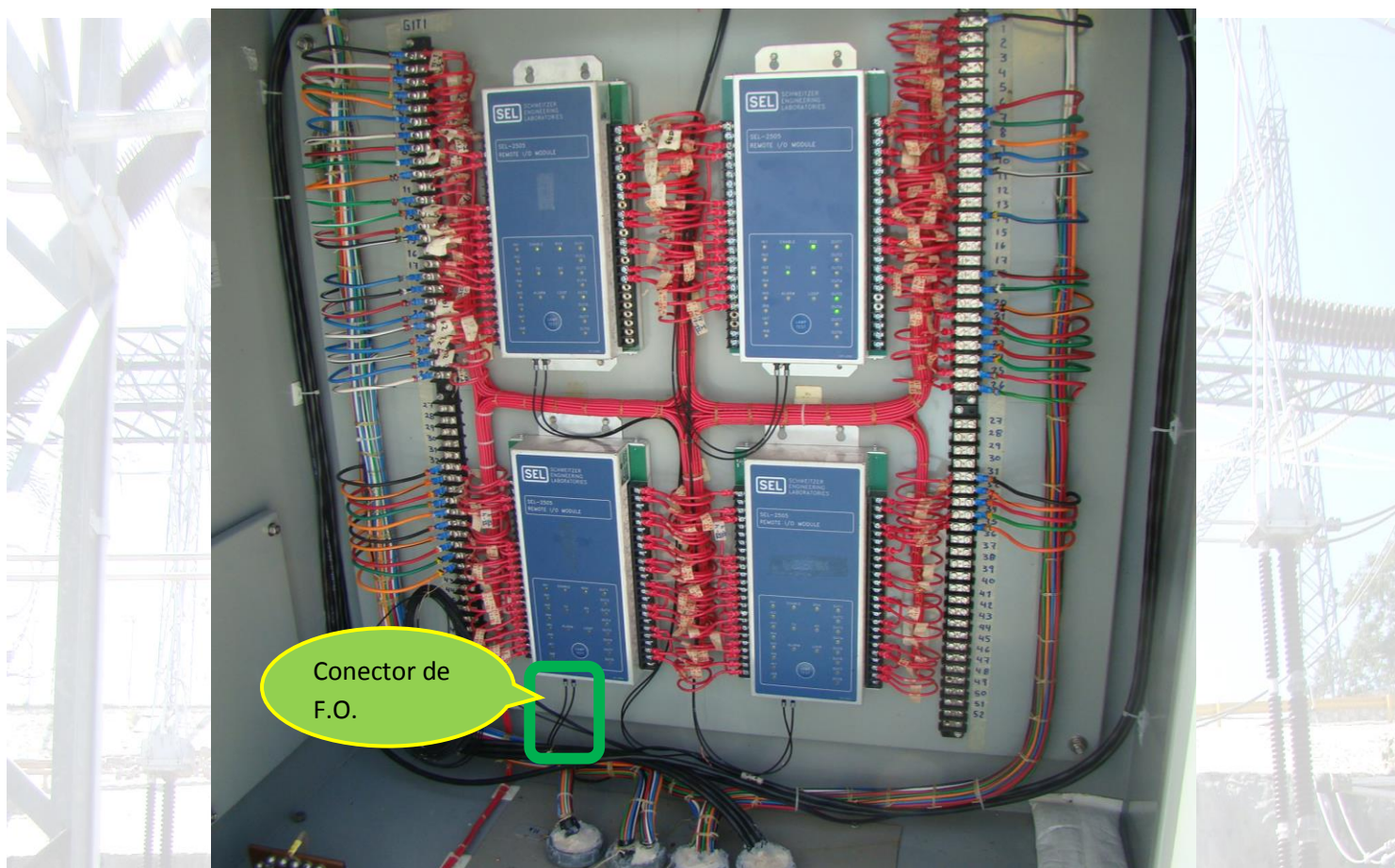
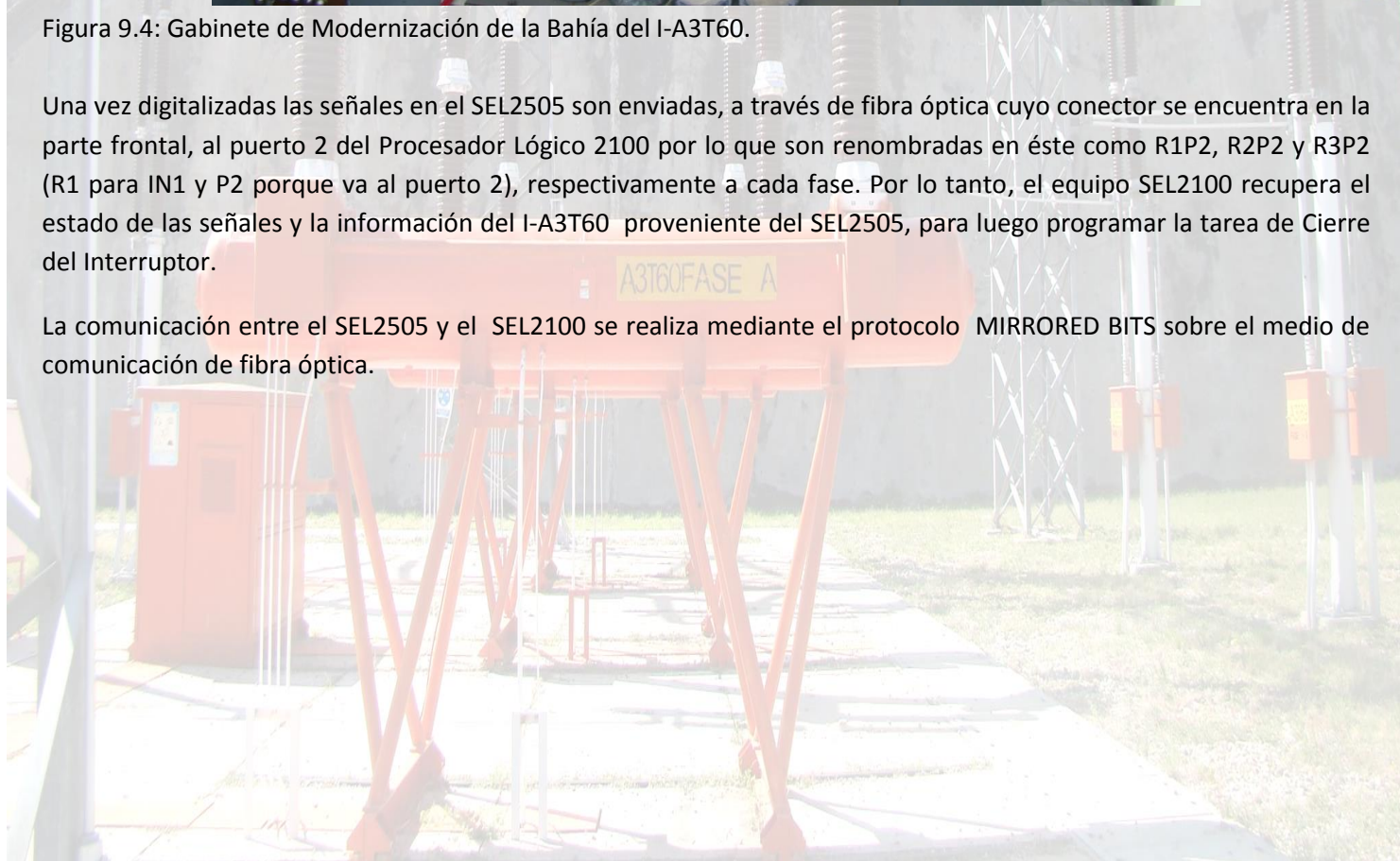


Figura 9.4: Gabinete de Modernización de la Bahía del I-A3T60.

Una vez digitalizadas las señales en el SEL2505 son enviadas, a través de fibra óptica cuyo conector se encuentra en la parte frontal, al puerto 2 del Procesador Lógico 2100 por lo que son renombradas en éste como R1P2, R2P2 y R3P2 (R1 para IN1 y P2 porque va al puerto 2), respectivamente a cada fase. Por lo tanto, el equipo SEL2100 recupera el estado de las señales y la información del I-A3T60 proveniente del SEL2505, para luego programar la tarea de Cierre del Interruptor.

La comunicación entre el SEL2505 y el SEL2100 se realiza mediante el protocolo MIRRORRED BITS sobre el medio de comunicación de fibra óptica.



SEL 2100/469			SEL 2032-3		
Puerto	SERVICIO	PTO 2032	Puerto	SERVICIO	PTO 2100
1	SEL2505-1 A3T60		1	SEL2100/469	14
2	SEL2505-2 A3T60		2	SEL451 A3T60	F
3	SEL451 A3T60	2	3	SEL2100/469	16
4	SEL2505-1 A3030		4	SEL451 A3030	F
5	SEL2505-2 A3030		5	SEL2100/669	14
6	SEL451 A3030	2	6	SEL421-0 A3T30	3
7	SEL 321 A3T60	2	7	SEL2100/669	16
8	SEL2505-5 A3T60		8	SEL2100/869	14
9	SEL2100/569	9	9	SEL451 A3T30	F
10	SEL2100/569	10	10	SEL2100/869	16
11	SEL2100 A7010-1 S1	11	11	SEL351-1 A4010	F
12	SEL 2100 A7010-2 S1	13	12	SEL 421-0 A3030	2
13	DISPONIBLE	12	13	SEL2020 PRINCIPAL	9
14	SEL2032-3	1	14	MOXA PORT 7	7
15	DISPONIBLE		15	SEL2032-4 SIST. 2	15
16	SEL2032-3	3	16	DNP SICLE	

Tabla 9.3: Servicios de los equipos SEL2100 y SEL2032, resaltadas con rojo los correspondientes a la señal del I-A3T60 del Sistema 1.



Figura 9.5: Ubicación de los equipos SEL2032-3 y SEL2100-4 en el tablero simplex.

Ahora bien, dentro del Procesador Lógico 2100 se crea una variable intermedia llamada LV3 mediante Ecuaciones de Algebra Booleana. Esta variable intermedia ayuda a llegar al objetivo, que es enviar las señales a la UTR (e inmediatamente al SSL S.E.), pasando antes por el Procesador de Comunicaciones SEL2032. En la siguiente figura se observa cómo están estructuradas las ecuaciones Booleanas para el estado del I-A3T60 Cerrado.

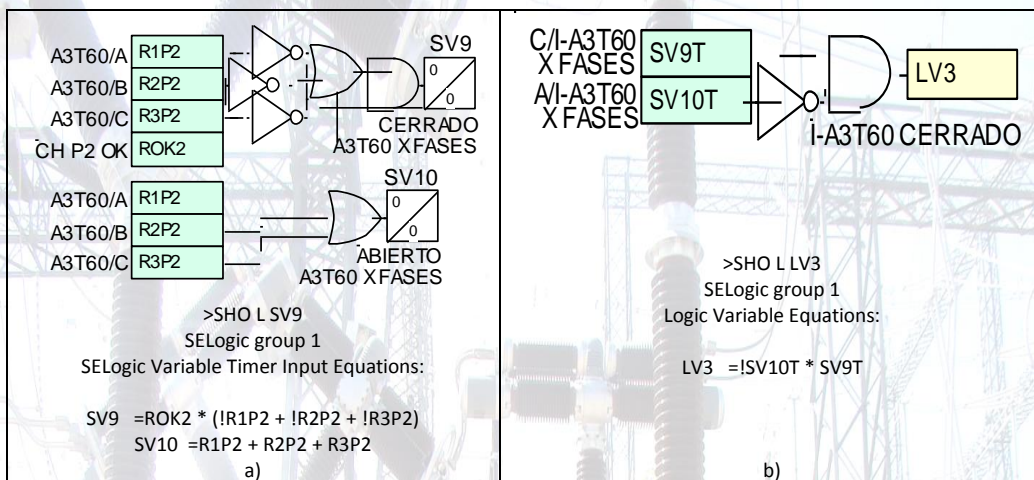


Figura 9.6. Programación para el estado del I-A3T60 Cerrado mediante Ecuaciones Booleanas.

Analizando la figura anterior, concluimos que, mientras no se encuentren en un 1 lógico las tres fases del interruptor (R1P2, R2P2, R3P2) el elemento LV3 tampoco cambia al estado lógico 1 para que de esta manera se accione el mando de cierre del I-A3T60.

Las tareas programadas son enviadas por los puertos 14 y 16 del SEL2100 a los puertos 1 y 3 del Procesador de Comunicaciones SEL2032. El protocolo de comunicación entre estos dos equipos es SEL. Realmente para el envío de tareas basta 1 solo puerto en ambos equipos, la razón de utilizar dos puertos en cada equipo es porque en la ejecución de mandos es necesario como se explicará más adelante.

Hablaremos ahora del Procesador de Comunicaciones SEL2032 que tiene la función de adquirir y procesar en tiempo real la información de los DEI's conectados a los 16 puertos de comunicación con los que cuenta, información como las señales de campo, a través del procesador de protecciones, y las señales de los relevadores que conforman los esquemas de falla de interruptor, esto con la finalidad de escalar y concentrar datos hacia un equipo maestro IHM SSL y Pantalla Táctil, y realizar la distribución de los controles para la operación del interruptor y las cuchillas de cada una de la bahías de unidad.

Para el caso de nuestro análisis específico, I-A3T60, que funciona también como un concentrador de información, dicha información es ingresada en sus puertos 1 y 3 de donde se realiza un Movimiento de Datos para ser transferidos al puerto 16 del mismo equipo.

Pero, ¿cómo se lleva a cabo este Movimiento de Datos? Para esto, analizaremos la programación de los equipos SEL. Primeramente ingresamos al SEL2032 para ver qué equipos tiene conectado en cada puerto, y localizar los que son de nuestro interés, para luego ver los detalles de estos últimos.

```

>>>>>WHO
COMMUNICATIONS PROCESSOR-S/N 2005327270 Date: 10/22/09 Time: 12:36:24
FID=SEL-2032-R103-V0-Z000000-D20041222 FID=SLBT-2030-R103-V0-Z000000-D20010122

Port# Device Protocol Parameters Identification
1 SEL-2100 SEL 19200,8,1,N 2100/469 A3T60-A3030 SISTEMA 1
    
```

2	SEL-451	SEL	19200,8,1,N	ANG-A3T60 PR-50FI-79-25_27
3	<u>SEL-2100</u>	<u>SEL</u>	<u>19200,8,1,N</u>	<u>2100/469 A3T60-A3030 SISTEMA 1</u>
4	SEL-451	SEL	19200,8,1,N	ANG-A3030 PR-50FI-79-25_27
5	SEL-2100	SEL	19200,8,1,N	2100/669 A3T30-A3U00 SISTEMA 1
6	SEL-421	SEL	2400,8,1,N	L.T. A3T30 THP
7	SEL-2100	SEL	19200,8,1,N	2100/669 A3T30-A3U00 SISTEMA 1
8	SEL-2100	SEL	19200,8,1,N	2100/869 REACTORES SISTEMA 1
9	SEL-451	SEL	19200,8,1,N	ANG-A3T30 PR-50FI-79-25_27
10	SEL-2100	SEL	19200,8,1,N	2100/869 REACTORES SISTEMA 1
11	SEL-351	SEL	19200,8,1,N	SEL 351-1 A4010 REACTOR 1
12	SEL-421	SEL	19200,8,1,N	LT ANG-A3030-MMT
13*	Master	SEL	19200,8,1,N	ENLACE 2020
14	Master	SEL	38400,8,1,N	ENLACE MOXA
15	Master	SEL	19200,8,1,N	
16	<u>Master</u>	<u>DNP</u>	<u>9600,8,1,N</u>	<u>ENLACE DNP SICLE</u>
F	Master	SEL	9600,8,2,N	

>>>>>**SHO A 1** // Ajuste A

Automatic message settings for Port 1

AUTOBUF = N
 STARTUP = HIDDEN AT CURRENT ACCESS LEVEL
 SEND_OPER = YP
 REC_SER = Y
 NOCONN = NA

MSG_CNT = 9

ISSUE1 = P00:00:00.5

MESG1 = 20TARGET

ISSUE2 = 2:RB1
 MESG2 = "\0A5\0E0\006PA\01C"
 PARSE2 = 0 DELAY2 = OFF
 ISSUE3 = 2:RB2
 MESG3 = "\0A5\0E0\006QE!"
 PARSE3 = 0 DELAY3 = OFF
 ISSUE4 = 2:RB3
 MESG4 = "\0A5\0E0\006RI&"
 PARSE4 = 0 DELAY4 = ON
 ISSUE5 = 2:RB4
 MESG5 = "\0A5\0E0\006SM+"
 PARSE5 = 0 DELAY5 = ON
 ISSUE6 = 2:RB5
 MESG6 = "\0A5\0E0\006TQ0"
 PARSE6 = 0 DELAY6 = ON
 ISSUE7 = 2:RB6
 MESG7 = "\0A5\0E0\006UU5"
 PARSE7 = 0 DELAY7 = ON
 ISSUE8 = 2:RB7
 MESG8 = "\0A5\0E0\006VY:"
 DELAY8 = ON
 ISSUE9 = 2:RB8
 MESG9 = "\0A5\0E0\006W]?"
 DELAY9 = ON
 ARCH_EN = N
 USER = 100

>>>>>**SHO M 16** // Ajuste M

Mathematical/move equation settings for Port 16

1 000h:0: B:A3T60 CERRADO = 1:TARGET:LV3 EQUIVALENTE A LA INPUT DIGITAL Nº 1 DE LA UTR
 2 000h:1; B:A3T60_ABIERTO = 1:TARGET:LV4 Equivalente a la Input Digital Nº 2 de la UTR
 3 000h:2; B:A3T61 = !1:TARGET:R4P2 Equivalente a la Input Digital Nº 3 de la UTR
 4 000h:3; B:A3T62 = !1:TARGET:R5P2
 5 000h:4; B:A3T69 = !1:TARGET:R7P2
 6 000h:5; B:A3T68 = !1:TARGET:R6P2
 7 000h:6; B:A3T67 = !1:TARGET:R8P2
 8 000h:7; B:DRM_DENTRO_A3T60 = 2:TARGET:PLT03
 9 000h:8; B:DISP_87B_A3T60 = 1:TARGET:SV6T
 10 000h:9; B:OP_TPA_87L_A3T60 = 14:F800h:0
 11 000h:10; B:OP_TPB_87L_A3T60 = 14:F800h:1
 12 000h:11; B:OP_TPC_87L_A3T60 = 14:F800h:2

13 000h:12; B;OP_3PT_87L_A3T60 = 14:F800h:3	
14 000h:13; B;OP_87L_A3T60 = 14:F800h:4	
15 000h:14; B;FALLA_87L_A3T60 = 14:F800h:5	
16 000h:15; B;OP_TPA_321_A3T60 = 14:F800h:6	
17 001h:0;B;OP_TPB_321_A3T60 = 14:F800h:7	.
18 001h:1;B;OP_TPC_321_A3T60 = 14:F800h:8	.
19 001h:2;B;OP_3PT_321_A3T60 = 14:F800h:9	.
20 001h:3;B; OP_321_A3T60 = 14:F800h:10	Equivalente a la Input Digital N° 20 de la UTR

Tabla 9.4. Programación del SEL2100.

En la primera parte de la programación, se observa que en los puertos 1 y 3 del SEL2032 se encuentran en comunicación con el SEL2100 del Sistema 1, en donde radica la programación para las tareas de las LT's A3T60 y A3030. La razón por la cual se usan 2 puertos con la misma configuración será explicada más adelante, en el análisis de los controles ejercidos desde el SSL S.E hacia el campo.

En la segunda parte de la programación observamos el Ajuste Automático (Ajuste A) para el puerto 1, que se muestra como SHO A, en donde se resalta el periodo en el cual el SEL2032 polea o pregunta por datos al SEL2100 y cuál es el mensaje por el que pregunta. Para la primera señal dicho periodo es de 0.5 segundos y el mensaje por el que pregunta es **"20TARGET"**.

Cuando se conecta a un Relé SEL y se tiene una Auto-configuración, podemos recolectar datos desde el relé usando mensajes "20". El SEL2032 crea automáticamente preguntas, ordena los datos de entrada y etiqueta los datos en este mismo equipo. **20TARGET** reúne *los datos de estados binarios de los Relés de protección*, conocidos como **RELAY WORD**, que es la colección de alrededor de 500 puntos lógicos o bits almacenados en el SEL2100.

```

MAP 1:TARGET:BL // Es el Relay Word del 2100 sistema 1

Port 1, Data Region TARGET Map
Data Item Starting Address Type Bit Labels
_YEAR 2000h int
DAY_OF_YEAR 2001h int
TIME(ms) 2002h int[2]
TARGET 2004h char[69]
2004h * * * STSET * * * *
2005h RB1 RB2 RB3 RB4 RB5 RB6 RB7 RB8
2006h RB9 RB10 RB11 RB12 RB13 RB14 RB15 RB16
2007h RB17 RB18 RB19 RB20 RB21 RB22 RB23 RB24
2008h RB25 RB26 RB27 RB28 RB29 RB30 RB31 RB32
2009h IN108 IN107 IN106 IN105 IN104 IN103 IN102 IN101
200Ah IN116 IN115 IN114 IN113 IN112 IN111 IN110 IN109
200Bh ROK8 ROK7 ROK6 ROK5 ROK4 ROK3 ROK2 ROK1
200Ch * ROK15 ROK14 ROK13 ROK12 ROK11 ROK10 ROK9
200Dh LBOK8 LBOK7 LBOK6 LBOK5 LBOK4 LBOK3 LBOK2 LBOK1
200Eh * LBOK15 LBOK14 LBOK13 LBOK12 LBOK11 LBOK10 LBOK9
200Fh R8P1 R7P1 R6P1 R5P1 R4P1 R3P1 R2P1 R1P1
2010h R8P2 R7P2 R6P2 R5P2 R4P2 R3P2 R2P2 R1P2
2011h R8P3 R7P3 R6P3 R5P3 R4P3 R3P3 R2P3 R1P3
2012h R8P4 R7P4 R6P4 R5P4 R4P4 R3P4 R2P4 R1P4
2013h R8P5 R7P5 R6P5 R5P5 R4P5 R3P5 R2P5 R1P5
2014h R8P6 R7P6 R6P6 R5P6 R4P6 R3P6 R2P6 R1P6
2015h R8P7 R7P7 R6P7 R5P7 R4P7 R3P7 R2P7 R1P7
2016h R8P8 R7P8 R6P8 R5P8 R4P8 R3P8 R2P8 R1P8
2017h R8P9 R7P9 R6P9 R5P9 R4P9 R3P9 R2P9 R1P9
2018h R8P10 R7P10 R6P10 R5P10 R4P10 R3P10 R2P10 R1P10
2019h R8P11 R7P11 R6P11 R5P11 R4P11 R3P11 R2P11 R1P11
201Ah R8P12 R7P12 R6P12 R5P12 R4P12 R3P12 R2P12 R1P12
201Bh R8P13 R7P13 R6P13 R5P13 R4P13 R3P13 R2P13 R1P13
201Ch R8P14 R7P14 R6P14 R5P14 R4P14 R3P14 R2P14 R1P14
201Dh R8P15 R7P15 R6P15 R5P15 R4P15 R3P15 R2P15 R1P15
201Eh * * * * *
201Fh SV1 SV2 SV3 SV4 SV1T SV2T SV3T SV4T
2020h SV5 SV6 SV7 SV8 SV5T SV6T SV7T SV8T
2021h SV9 SV10 SV11 SV12 SV9T SV10T SV11T SV12T
2022h SV13 SV14 SV15 SV16 SV13T SV14T SV15T SV16T
2023h SV17 SV18 SV19 SV20 SV17T SV18T SV19T SV20T
    
```

2024h	SV21 SV22 SV23 SV24 SV21T SV22T SV23T SV24T
2025h	SV25 SV26 SV27 SV28 SV25T SV26T SV27T SV28T
2026h	SV29 SV30 SV31 SV32 SV29T SV30T SV31T SV32T
2027h	LV1 LV2 LV3 LV4 LV5 LV6 LV7 LV8
2028h	LV9 LV10 LV11 LV12 LV13 LV14 LV15 LV16
2029h	LV17 LV18 LV19 LV20 LV21 LV22 LV23 LV24
202Ah	LV25 LV26 LV27 LV28 LV29 LV30 LV31 LV32
202Bh	OUT101 OUT102 OUT103 OUT104 ** * *
202Ch	* * * * * * * *
202Dh	SS1 SS2 SS3 SS4 SS5 SS6 ALARM IRIGOK
202Eh	SG1 SG2 SG3 SG4 SG5 SG6 * *
202Fh	T8P1 T7P1 T6P1 T5P1 T4P1 T3P1 T2P1 T1P1
2030h	T8P2 T7P2 T6P2 T5P2 T4P2 T3P2 T2P2 T1P2
2031h	T8P3 T7P3 T6P3 T5P3 T4P3 T3P3 T2P3 T1P3
2032h	T8P4 T7P4 T6P4 T5P4 T4P4 T3P4 T2P4 T1P4
2033h	T8P5 T7P5 T6P5 T5P5 T4P5 T3P5 T2P5 T1P5
2034h	T8P6 T7P6 T6P6 T5P6 T4P6 T3P6 T2P6 T1P6
2035h	T8P7 T7P7 T6P7 T5P7 T4P7 T3P7 T2P7 T1P7
2036h	T8P8 T7P8 T6P8 T5P8 T4P8 T3P8 T2P8 T1P8
2037h	T8P9 T7P9 T6P9 T5P9 T4P9 T3P9 T2P9 T1P9
2038h	T8P10 T7P10 T6P10 T5P10 T4P10 T3P10 T2P10 T1P10
2039h	T8P11 T7P11 T6P11 T5P11 T4P11 T3P11 T2P11 T1P11
203Ah	T8P12 T7P12 T6P12 T5P12 T4P12 T3P12 T2P12 T1P12
203Bh	T8P13 T7P13 T6P13 T5P13 T4P13 T3P13 T2P13 T1P13
203Ch	T8P14 T7P14 T6P14 T5P14 T4P14 T3P14 T2P14 T1P14
203Dh	T8P15 T7P15 T6P15 T5P15 T4P15 T3P15 T2P15 T1P15
203Eh	* * * * * * * *
203Fh	LT1 LT2 LT3 LT4 LT5 LT6 LT7 LT8
2040h	LT9 LT10 LT11 LT12 LT13 LT14 LT15 LT16
2041h	LT17 LT18 LT19 LT20 LT21 LT22 LT23 LT24
2042h	LT25 LT26 LT27 LT28 LT29 LT30 LT31 LT32
2043h	RBAD8 RBAD7 RBAD6 RBAD5 RBAD4 RBAD3 RBAD2 RBAD1
2044h	* RBAD15 RBAD14 RBAD13 RBAD12 RBAD11 RBAD10 RBAD9
2045h	CBAD8 CBAD7 CBAD6 CBAD5 CBAD4 CBAD3 CBAD2 CBAD1
2046h	* CBAD15 CBAD14 CBAD13 CBAD12 CBAD11 CBAD10 CBAD9
2047h	* * * * * * * *
2048h	* * * * * * * *

Tabla 9.5. Relay Word del SEL2100 del Sistema 1.

Y finalmente en la tercera parte de la tabla 9.4 encontramos el ajuste Matemático del movimiento de las ecuaciones al puerto 16, en donde está la información que es transferida a la UTR mediante el protocolo DNP3.0. Se observa que la primera entrada digital enviada a la UTR es la del I-A3T60 en conjunto, no por fases.

Una manera de realizar la programación de las tareas es por medio del software llamado *Hyper Terminal* a través del cual se ingresa desde la PC al equipo SEL2032, y luego se enlaza al 2100 para realizar la programación de los mandos o tareas.



Figura 9.7: Equipos SEL para la modernización de la LT-A3T60.

9.1.1.2 Adquisición de la Señal del Interruptor A3T60 en estado Cerrado en la UTR y SSL, en el departamento de Control e Informática.

Analizaremos ahora la adquisición de la señal digital de estado del I-A3T60 al llegar a la UTR. Para comprender muy bien este proceso, comenzaremos con saber cómo se adquieren, procesan y transmiten los datos dentro de la UTR, para después continuar con el proceso de la modernización.

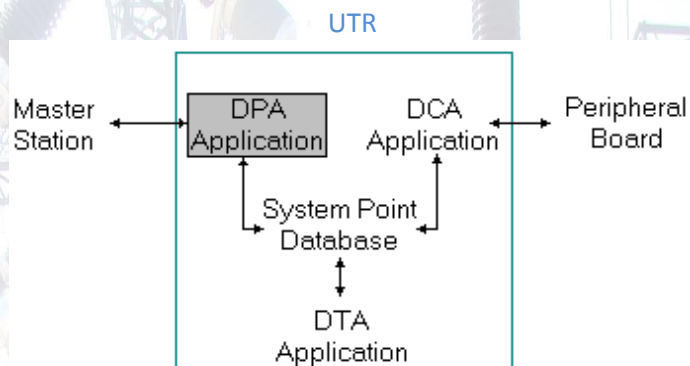


Figura 9.8: Diagrama a bloques de la estructura de la UTR Harris.

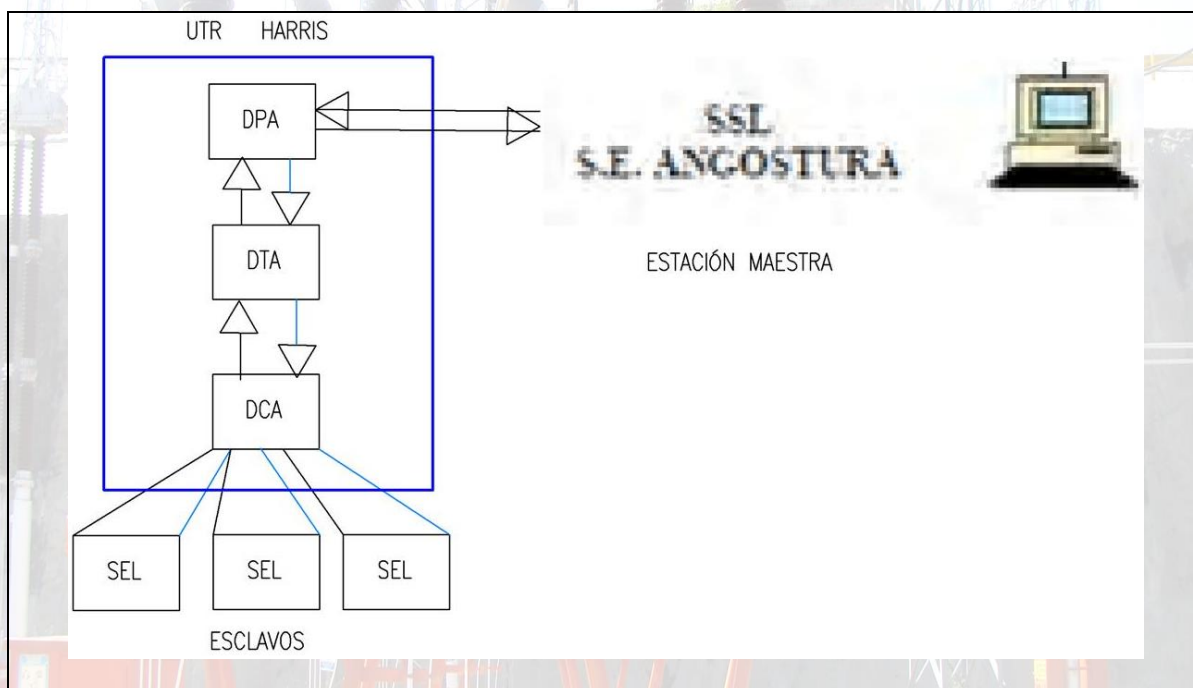


Figura 9.9: Una ilustración más para la comprensión de la aplicación de la UTR.



Figura 9.10: UTR de la Subestación Angostura y sus módulos Periféricos D20s.

La UTR consta esencialmente de tres bloques o tres aplicaciones. La primera es la DCA (Data Collection Application) y es aplicación responsable de recolectar los datos de una fuente externa, como módulo periférico o DEI, o una aplicación separada como las D25 Plant I/O, y además se encarga del mapeo de éstos en el Sistema de Puntos de Base de Datos, para su almacenaje. Como se encarga de interrogar a los dispositivos esclavos, se puede considerar como una aplicación submaestra, en la cual se le indican el tipo y cantidad de información a interrogar y cada cuándo se solicitará por dicha información, cuántos dispositivos y qué direcciones se van a interrogar.

La aplicación DTA (Data Translation Application), combinando elementos de la DPA y PCA, puede copiar datos existentes del "System Point Database", procesar éstos y generar puntos de salida de regreso a la BD. Los puntos de datos creados por la DTA son frecuentemente llamados "Pseudo Puntos", dado que no son puntos físicos. Por lo tanto tiene la función de cambiar los datos de una forma a otra y usualmente tiene una interface no directa con los dispositivos externos.

La tabla System Point Database es el corazón del Sistema de DEI's, ya que guarda los datos que son recolectados o reenviados por todas las aplicaciones DCA, DTA y DPA.

Y finalmente la aplicación DPA (Data Processing Application) toma copia de cualquier dato disponible en la BD del Sistema y lo procesa en un formato compatible con el protocolo de alguna Estación Maestra. Es quien se comunica con la estación maestra y se encarga del movimiento de datos hacia ella cuando sea solicitada. Por tanto se encarga de disponer la información de la remota para ser interrogada por las maestras o SSL. Esta información puede ser digital, analógica y acumuladores.

Una estación maestra interrogando a un concentrador de datos (UTR) a través de una DPA solamente podrá acceder a los puntos más actuales que estén en la BD de puntos del Sistema de los Datos del concentrador. La estación maestra no podrá interrogar directamente ningún DEI conectado al concentrador de datos.

La siguiente figura muestra el proceso de comunicación básica entre DCAs, WIN y DPAs.

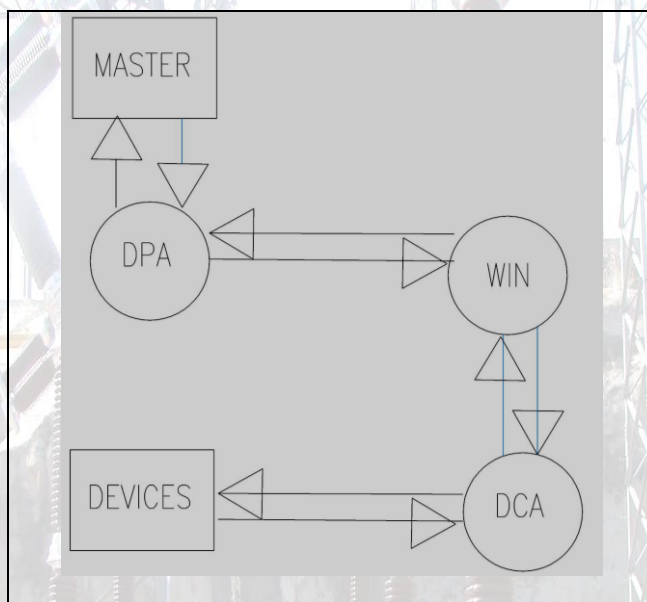


Figura 9.11: Proceso de comunicación entre DCAs, WIN y DPAs.

Ahora bien continuando con el tema de la modernización, tenemos que la señal digital de estado del I-A3T60 es adquirida del SEL2032 a la UTR a través de un enlace de Fibra Óptica en protocolo DNP3.0 (Protocolo para Red Distribuida), como se observa en la siguiente figura. Para esto se utilizan los transceiver SEL2800M para convertir el medio de comunicación de RS232 a Fibra Óptica.

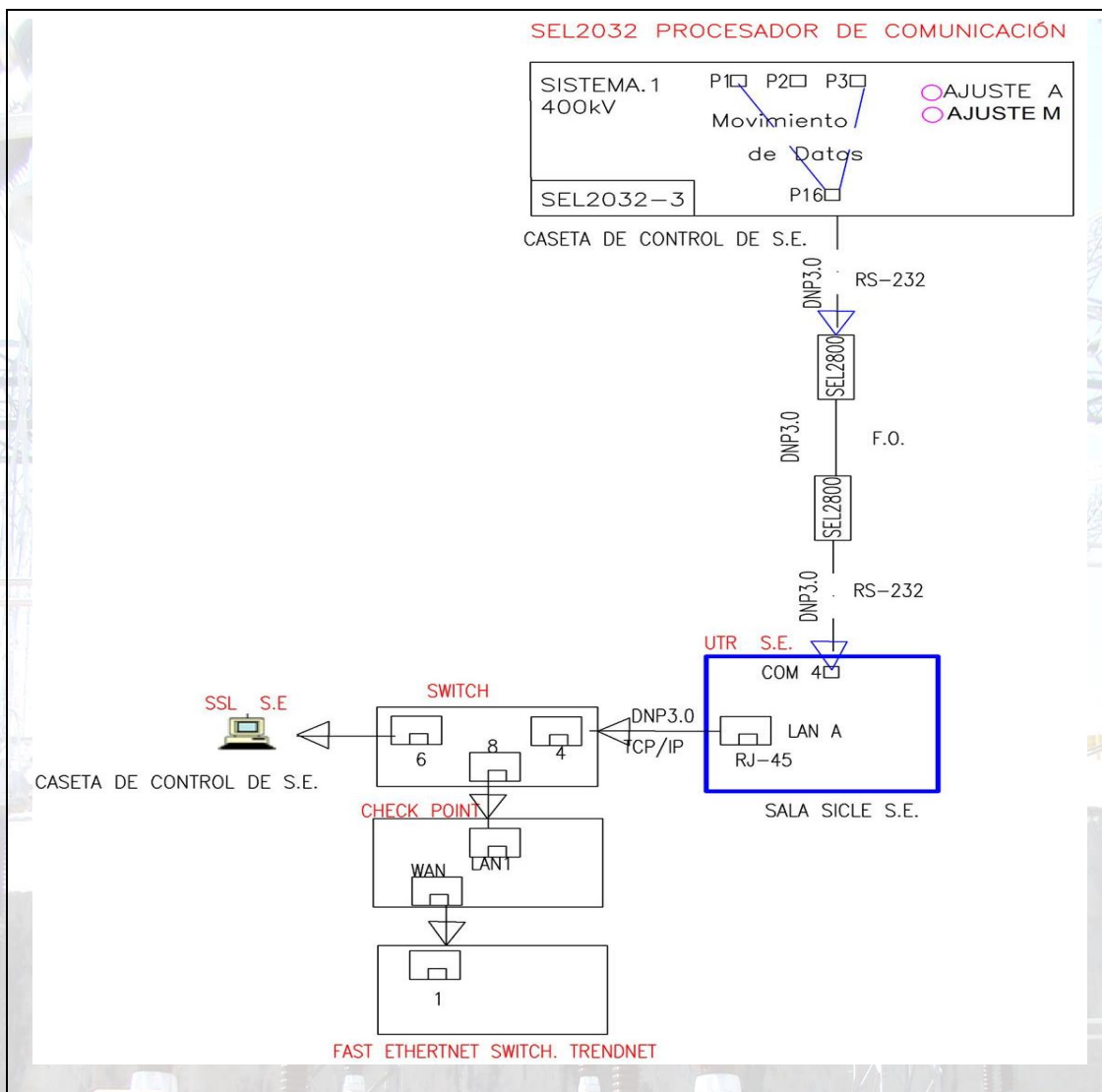


Figura 9.12: Adquisición de la señal I-A3T60 en la UTR.

DNP3.0 es un protocolo para transmisión de datos de un punto A hacia un punto B, usando comunicación serial e IP. Este protocolo fue diseñado para optimizar la transmisión de datos adquiridos y controlar los mandos desde una PC a otra.

Creamos entonces una Base de Datos en protocolo DNP3.0, de la misma manera que el área de Protección y Medición la creó.

Esta BD es configurada en el software ConfigPro6, propio de la UTR marca Harris. Dicho software es una herramienta que ayuda a organizar toda la información asociada con nuestra UTR, tanto recepción de datos como la ejecución de controles. En el ConfigPro se configuran las tres aplicaciones antes mencionadas.

Este software cuenta con una Terminal Emulador, la cual es un Acceso Remoto de Comunicación con la UTR, es decir, con los módulos periféricos y DEIs mediante la aplicación TELNET (Servicio de Sesión Terminal Remota del Protocolo Internet), que provee acceso remoto desde clientes TELNET, en nuestro caso desde una PC o desde el SSL. De esta manera podemos ver el estado de todas las señales adquiridas en la UTR, además de poder forzar sus estados con el

fin de realizar pruebas.

```


NO_COM NODE:2 SYNC:NONE Digital Input Display 30-10-09 19:16:30
PNT STATE DESCRIPTION
502 OFF SEL *IIN Local Bit State
503 OFF SEL *IIN Buffer overflow Bit State
504 OFF SEL *IIN Config Corrupt Bit State
505 OFF D20ME *Devices Globally disabled
506 OFF D20ME *Polling Globally disabled
507 OFF D20ME *Uns Resp Globally disabled
508 ON IN-A3T60 SAB
509 OFF DNPV3.00 DCA
510 OFF CU-A3T61 BARRA 1
511 ON CU-A3T62 BARRA 2
512 ON CU-A3T69 LADO LT
513 OFF CU-A3T68 TRANSFE
514 OFF CU-A3T67 TIERRA
515 ON DRM A3T60 SAB DENTRO/FUERA
516 OFF DISPARO I-A3T60 POR 87B
517 OFF OPERO TPA PP1 87L7SA512 LT-A3T60
518 OFF OPERO TPB PP1 87L7SA512 LT-A3T60
519 OFF OPERO TPC PP1 87L7SA512 LT-A3T60
520 OFF OPERO 3PT PP1 87L7SA512 LT-A3T60
[Q]-Logout [R]-Redraw [O]-Open window [B]-Beginning [E]-End [D]-Detail [F]-Force [U]-Unforce
[T]-Top_menu [G]-Goto_point [N]-Next [P]-Previous
Use cursor keys to select a point and to scroll the display


NO_COM NODE:2 SYNC:NONE Digital Input Detail Display 30-10-09 19:19:58

SYSTEM POINT NUMBER: 508
DESCRIPTION: IN-A3T60 SAB
POINT STATUS: 1000 0001
STATE: ON
ON/OFF LINE: ON-LINE LOCAL FORCE: OFF
COMMUNICATION: OK REMOTE FORCE: OFF

[Q]-Logout [R]-Redraw [O]-Open window [B]-Beginning [E]-End [T]-Top_menu [G]-Goto_point
[N]-Next_point [P]-Previous_point [F]-Force
Use cursor keys to select a point and to scroll the display
    
```

Figura 9.13: Pantallas de la Terminal Emulador del software ConfigPro6.

Ahora bien, primeramente en la aplicación DCA y en la tabla B023  (llamada Distributed Network Protocol V3.00 DCA Configuration) asignamos las direcciones que utilizaremos para la comunicación de datos. Al departamento de PCyM le asignamos la Dirección Esclava 34, y a la UTR la Dirección Maestra 36. Cabe mencionar que también se deben hacer otras configuraciones básicas como ya se mencionó anteriormente.

En la Aplicación DTA y en la tabla B013  (llamada Distributed Network Protocol V3.00 Data Link Configuration) configuramos el puerto por donde serán adquiridos los datos. La señal de nuestro interés se encuentra dentro de la BD programada en el puerto COM4, como se observa en la siguiente figura.

Application C:\cfgpro\Proyecto \ ANGOSTURA \ D200(1) \ DNP V3.00 Data Link

Config	Port	Baud Rate	Reset Link on Rx NACK	DCD	RTS	CTS	D
0	COM5	9600	Enabled	Disabled	Disabled	Disabled	10
1	COM4	9600	Enabled	Disabled	Disabled	Disabled	10

The serial i/o port used to read and write data.

Port Configuration Device Configuration

Figura 9.14: Asignación del puerto serial.

La BD de Entradas Digitales, Salidas Digitales y Entradas Analógicas son dadas de alta en la tabla B008-1 llamada System Point Database Application, tabla en donde se recibe información de todas las señales a procesar, se actualiza la información de la BD de ser necesario y después se distribuye a la aplicación que lo necesite.

The screenshot shows the 'System Point Database Properties' window with the 'DCA/DTA List' tab selected. It displays a table with columns: Processor Number, Application, Instance, Digital Inputs, Digital Outputs, Counters, Analog Inputs, Analog Outputs, Devices, Complex Objects, and Advanced Data. The first row is highlighted, showing processor 1 for 'DNP V3.00 DCA' with 346 digital inputs and 99 digital outputs.

Below this, the 'Point Descriptors' dialog box is open, showing a list of points with their descriptions. The first three points are reserved, and the fourth point is 'IN-A3T60 SAB', which is highlighted in blue.

Processor Number	Application	Instance	Digital Inputs	Digital Outputs	Counters	Analog Inputs	Analog Outputs	Devices	Complex Objects	Advanced Data
2	D.20 Peripheral Link	0	272	104	0	64	0	11	0	0
2	Communication Watchdo	0	43	0	0	0	0	0	0	0
1	DNP V3.00 DCA	0	189	115	0	24	0	1	0	0
1	DNP V3.00 DCA	1	346	99	0	44	0	1	0	0
2	Analog Reference	0	0	0	1	4	1	0	0	0
2	DNP V3.00 DCA	0	102	67	0	26	0	1	0	0

Point	Description
1	D20ME *Devices Globally disabled
2	D20ME *Polling Globally disabled
3	D20ME *Uns Resp Globally disabled
4	IN-A3T60 SAB
5	DNPV3.00 DCA
6	CU-A3T61 BARRA 1
7	CU-A3T62 BARRA 2
8	CU-A3T69 LADO LT
9	CU-A3T68 TRANSFE
10	CU-A3T67 TIERRA
11	DRM A3T60 SAB DENTRO/FUERA
12	DISPARO HA3T60 POR 87B
13	OPERO TPA PP1 87L7SA512 LT-A3T60
14	OPERO TPB PP1 87L7SA512 LT-A3T60
15	OPERO TPC PP1 87L7SA512 LT-A3T60
16	OPERO 3PT PP1 87L7SA512 LT-A3T60
17	OPERO PP1 87L7SA512 LT-A3T60
18	FALLA EN PP1 87L LT-A3T60
19	OPERO TPA PP2 SEL 321 LT-A3T60
20	OPERO TPB PP2 SEL 321 LT-A3T60
21	OPERO TPC PP2 SEL 321 LT-A3T60
22	OPERO 3PT PP2 SEL 321 LT-A3T60
23	OPERO PP2 SEL 321 LT-A3T60
24	OPERO TV DOTT PP2 SEL 321 LT-A3T60

Figura 9.15: Base de Datos de las Entradas Digitales programadas en la UTR y recibidas del SEL2032.

Si observamos en la figura anterior, la primera entrada digital enviada del SEL2032 a la UTR, nombrada para el departamento de PCyM como "1:000h:0; B;A3T60 CERRADO=1:TARGET:LV3", es para la UTR el punto 4, ya que las primeras tres son reservadas por regla. Si comparamos esta BD con la tabla 9.4, nos daremos cuenta que son exactamente las mismas 20 señales, aunque con nombres similares, ya que cada departamento le asigna un nombre adecuado.

Por lo tanto, la señal que se recibe del departamento de PCyM llamada en un principio como "I-A3T60 CERRADO", es renombrada dentro de la UTR por medio del software ConfigPro como "IN-A3T60 SAB" y ayuda al monitoreo tanto para el estado abierto como para el estado cerrado del interruptor A3T60, y corresponde al Punto 480 de la DPA y al Punto 508 del Sistema o de la tabla WIN, del procesador 1.

Point	Binary Input Point	Invert Status	COS	SOE	Event Class
480	(000508) IN-A3T60 SAB	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
481	(000509) DNPV3.00 DCA	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
482	(000510) CU-A3T61 BARRA 1	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
483	(000511) CU-A3T62 BARRA 2	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
484	(000512) CU-A3T68 LADO LT	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
485	(000513) CU-A3T68 TRANSFE	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
486	(000514) CU-A3T67 TIERRA	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
487	(000515) DRM A3T60 SAB DENTRO/FUERA	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
488	(000516) DISPARO I-A3T60 POR 87B	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
489	(000517) OPERO TPA PP1 87L7SA512 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
490	(000518) OPERO TPB PP1 87L7SA512 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
491	(000519) OPERO TPC PP1 87L7SA512 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
492	(000520) OPERO 3PT PP1 87L7SA512 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
493	(000521) OPERO PP1 87L7SA512 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
494	(000522) FALLA EN PP1 87L LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
495	(000523) OPERO TPA PP2 SEL 321 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
496	(000524) OPERO TPB PP2 SEL 321 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
497	(000525) OPERO TPC PP2 SEL 321 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
498	(000526) OPERO 3PT PP2 SEL 321 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1
499	(000527) OPERO PP2 SEL 321 LT-A3T60	Disabled	Disabled	Enabled	Class 1

Figura 9.16: Ubicación de la señal IN-A3T60 SAB en la tabla DNPV3.0 DPA en el procesador 1.

Las bases de datos creadas y configuradas se sirven hacia al SSL S.E. para que finalmente se mantenga la comunicación con la IHM llamada SSL S.E. para que el Operador en turno pueda visualizar el estado del Interruptor A3T60 (en conjunto no por fases), y de todos los equipos, dispositivos y alarmas dados de alta en el SSL S.E.

Para llevar a cabo la tarea anterior, nos ayudamos de 3 software más que son: IOserver, OPCLink e InTouch.

El IOserver barre o polea la base de datos de la UTR cada 3,000 ms. El protocolo de comunicación usado entre ellos es DNP sobre TCP/IP. El OPCLink es un programa de aplicación que actúa como un convertidor de protocolo de comunicación, en nuestro caso convierte de DNP3 a OPC, permitiendo al InTouch el acceso a los datos desde un servidor OPC remoto o local, llamado para nosotros SSL S.E. Por lo tanto el InTouch, que maneja el protocolo de comunicación OPC, nos ayuda a crear las aplicaciones para el SSL S.E.

Time	Delta(ms)	Source	Error	Status	Length	Data
2009 10 26 14h30m29.518	118.300	Rx			541	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 7E C1 81 02 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 E0 19 06 00 09
2009 10 26 14h30m29.887	368.687	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 DA C2 01 01 00 06 FD FD
2009 10 26 14h30m29.942	55.013	Rx			541	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 40 C2 81 06 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 00 21 06 00 09
2009 10 26 14h30m29.949	6.590	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 DB C3 01 0A 00 06 14 8C
2009 10 26 14h30m30.176	227.620	Rx			130	05 64 6F 44 01 00 02 00 8C ED C2 C3 81 06 00 0A 02 01 00 00 5D 00 01 01 01 00 54 9A 00 01 01
2009 10 26 14h30m30.177	0.456	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 DC C4 01 1E 00 06 21 0B
2009 10 26 14h30m26.381	0.212	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 CB C6 01 01 00 06 C3 BC
2009 10 26 14h30m26.490	109.214	Rx			541	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 6B C6 81 06 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 DC F9 06 00 09
2009 10 26 14h30m26.498	7.497	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 CC C7 01 0A 00 06 F3 A6
2009 10 26 14h30m26.657	159.601	Rx			130	05 64 6F 44 01 00 02 00 8C ED ED C7 81 06 00 0A 02 01 00 00 5D 00 01 01 01 00 C1 39 00 01 01
2009 10 26 14h30m26.658	0.539	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 CD C8 01 1E 00 06 56 1F
2009 10 26 14h30m26.892	234.662	Rx			356	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 6E E8 81 02 00 1E 04 01 00 00 0C 00 00 00 00 32 73 FA 0F FE
2009 10 26 14h30m26.896	3.129	Tx			15	05 64 0B C4 02 00 01 00 D3 B7 CE C8 00 F7 61
2009 10 26 14h30m26.896	0.123	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 CF C9 01 01 00 06 F6 4D
2009 10 26 14h30m27.228	332.394	Rx			541	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 70 C9 81 06 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 FD 99 06 00 09
2009 10 26 14h30m27.405	176.931	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D0 CA 01 01 00 06 DF 14
2009 10 26 14h30m27.447	41.964	Rx			541	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 72 CA 81 06 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 CD 80 06 00 09
2009 10 26 14h30m27.453	6.524	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D1 CB 01 0A 00 06 36 65
2009 10 26 14h30m27.568	114.354	Rx			130	05 64 6F 44 01 00 02 00 8C ED F4 CB 81 06 00 0A 02 01 00 00 5D 00 01 01 01 00 D0 70 00 01 01
2009 10 26 14h30m27.568	0.468	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D2 CC 01 1E 00 06 6D AF
2009 10 26 14h30m27.707	139.132	Rx			356	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 75 EC 81 02 00 1E 04 01 00 00 0C 00 00 00 00 70 06 FA 0F FE
2009 10 26 14h30m27.715	7.609	Tx			15	05 64 0B C4 02 00 01 00 D3 B7 D3 CC 00 5C 32
2009 10 26 14h30m27.715	0.157	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D4 CD 01 01 00 06 A3 B0
2009 10 26 14h30m27.985	269.525	Rx			541	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 77 CD 81 02 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 AC F0 06 00 09
2009 10 26 14h30m28.855	870.445	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D5 CE 01 01 00 06 4E 60
2009 10 26 14h30m28.928	73.266	Rx			541	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 79 CE 81 06 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 D2 65 06 00 09
2009 10 26 14h30m28.942	13.406	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D6 CF 01 0A 00 06 10 37
2009 10 26 14h30m29.210	268.227	Rx			130	05 64 6F 44 01 00 02 00 8C ED FB CF 81 06 00 0A 02 01 00 00 5D 00 01 01 01 00 86 DE 00 01 01
2009 10 26 14h30m29.210	0.405	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D7 C0 01 1E 00 06 B5 8E
2009 10 26 14h30m29.397	186.633	Rx			356	05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 7C E0 81 02 00 1E 04 01 00 00 0C 00 00 00 00 3C EF FA 0F FE
2009 10 26 14h30m29.400	2.923	Tx			15	05 64 0B C4 02 00 01 00 D3 B7 D8 C0 00 0A 8D
2009 10 26 14h30m29.400	0.135	Tx			18	05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 D9 C1 01 01 00 06 A7 0B

Figura 9.17: IOServer barriendo la BD de la UTR.

En el IOServer se programan Boards para el polleo de datos mediante el protocolo TCP/IP, para la S.E. Angostura es llamado **UTR**, como se observa en la figura anterior. Dentro de él se encuentra nuestra señal de interés. Para monitorear solamente la señal del I-A3T60 debemos crear un nuevo dispositivo diciéndole en sus propiedades que pollee a esta única señal.

El polleo de esta única señal también se puede realizar a través del software ASE2000. Desde el SSL S.E. realizamos la configuración necesaria para pollear a la UTR. Para esta prueba configuramos en el ASE2000 la dirección 1 para la estación maestra (SSL) y la dirección 2 para la estación esclava (UTR), entre otras configuraciones. Al preguntar por el estado del I-A3T60 obtuvimos la siguiente respuesta. El interruptor en ese momento se encontraba cerrado.

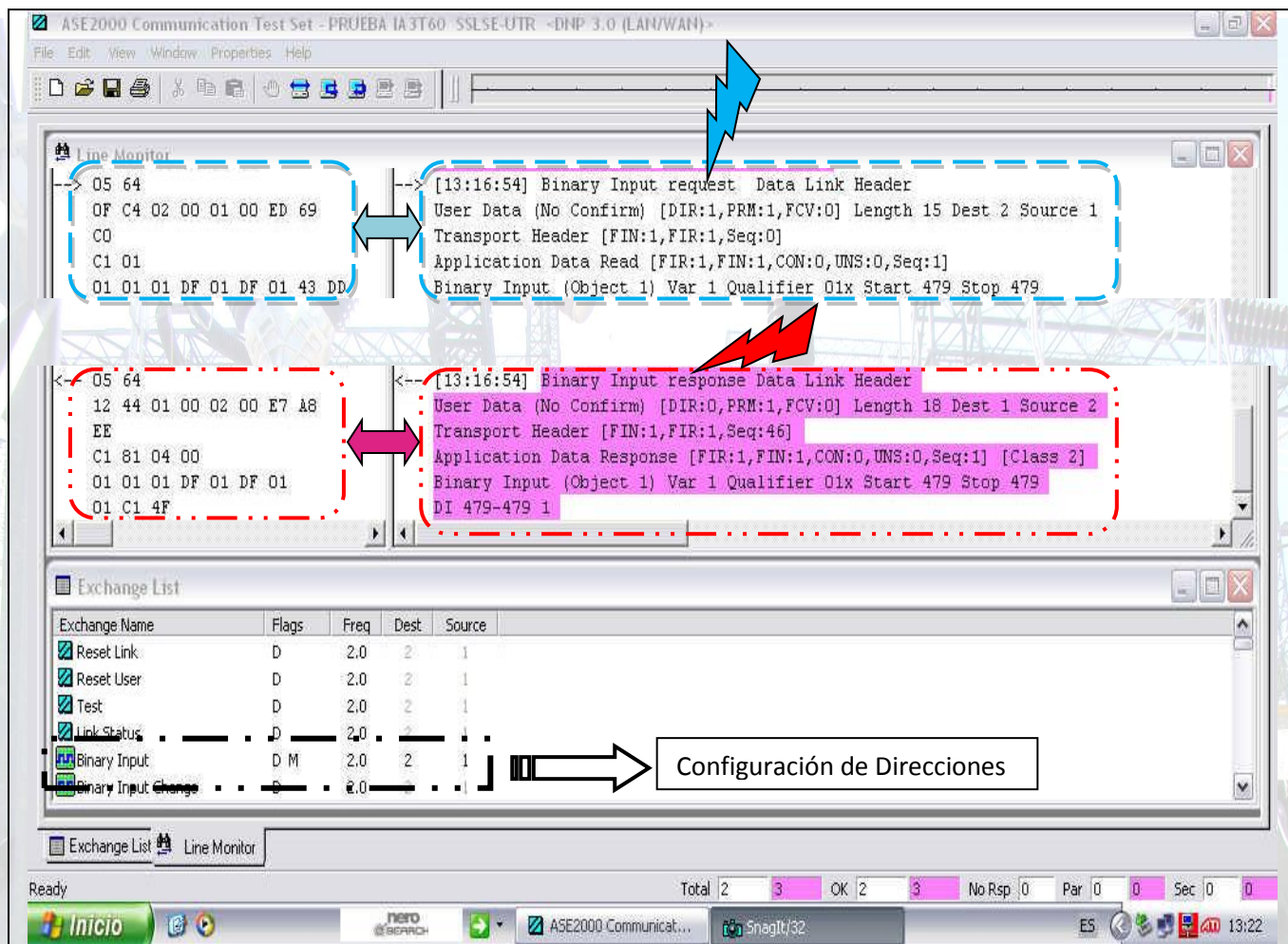


Figura 9.18: Polleo del estado del I-A3T60 en el ASE2000 Communication Test Set.

El significado a grandes rasgos de la respuesta se muestra en la siguiente tabla. Estos mensajes son llamados Frames y es la forma de comunicación del Protocolo DNP3. Para mayores detalles, consultar el marco teórico.

05	64	12	44	01	00	02	00	E7	A8	EE	C1	81	04	00	01	01	01	DF	01	01	DF	01	C1	4F
Inicio	Longitud	Control	Destino	Fuente	CRC	TH	AC	FC	IIN BYTE1	IIN BYTE2	Objeto	Variación	Calificador	Rango		CRC								
Encabezado de respuesta																								
INICIO: El primer byte es 5 (0x05) y el segundo es 100 (0x64). Se utiliza para indicar el inicio de TODOS los mensajes del protocolo DNP3.																								
Longitud = 0x12 = 18 Bytes																								
CONTROL = 0x44 = 01000100																								
DESTINO = 0x0001 = 1																								
FUENTE = 0x0002 = 2																								
ENCABEZADO DE TRANSPORTE TH = 0xEE = 11101110																								
CONTROL DE APLICACIÓN AC = 0xC1 = 11000001																								
CODIGO DE FUNCIÓN FC = 0x81 = RESPUESTA A UNA PREGUNTA EXPLÍCITA REALIZADA																								
INDICACIONES INTERNAS IIN = 0x0400																								
OBJETO: 0x01 Y VARIACIÓN: 0x01 = ÚNICO BIT DE ENTRADA BINARIA																								
CALIFICADOR = 0x01 = 00000001																								
RANGO. Para códigos cualificadores de 0-5 el campo del rango tiene 2 sub-campos que especifican el comienzo y fin del índice.																								
RANGO COMIENZO = 0xDF01																								

RANGO FIN = 0X01DF

CONTROL:							
DIR	PRM	FCB	FCV	RES	DFC	CODIGO DE FUNCION	
0	1	0	0	0	1	0	0
De esclavo a Maestro	Mensaje de la estación iniciadora	Cambia de estado	Bit FCB ignorado	bit reservado		Enviar Confirmación Eperada	

TH:				AC:			
FIN	FIR	SECUENCIA		FIR	FIN	CON	SECUENCIA
1	1	1	0	1	1	0	0 0 0 0 1
Fin secuencia	Es 1a Trama	Sec N° 46		1er Frame del mensaje	Ultimo fragmento	No confirmación	Fragmento N°1 Pregunta Maestra Responde UTR

IIN PRIMER BYTE								IIN SEGUNDO BYTE								CALIFICADOR								
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Tamaño de Índice				CódigoCualificador				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
Maestro escribe 0 en IIN	Operación normal del Esclavo	Dispositivo esclavo regresa al estado Remoto	Sin tiempo de sincron	Indisponible Class3	Disponible Class2	Indisponible Class1	Mensaje BROADCAST recibido por el dispositivo	Reservado	Reservado	Configuración del Dispositivo NO Corrompida	No ha recibido solicitud de información	Sin desbordamiento de Buffers	Dentro del rango	Solicitud de datos de un objeto soportado	CF No implementado	Reservado	Objetos son empaquetados sin prefijo				Indices de comienzo y fin de 16 bits			

Figura 9.19: Descripción de los Frames de Respuesta obtenidos en el SSL a través de ASE2000.

Topic	Status	Items	Errors	Write Status
SORIANGA3T6081	GOOD	3	0	complete
SORIANGA3T3080	GOOD	2	0	complete
SORIANGA303081	GOOD	0	0	complete
SORIANG7207030	GOOD	0	0	complete
SORIANG7206072	GOOD	0	0	complete
SORIANG0401030	GOOD	0	0	complete
CORIANG0402018	GOOD	4	0	complete
CORIANG05SP	GOOD	0	0	complete
CORIANG05GN	GOOD	0	0	complete
CORIANG05GB	GOOD	0	0	complete
CORIANG04SP	GOOD	0	0	complete
CORIANG04GN	GOOD	0	0	complete
CORIANG04GB	GOOD	0	0	complete
CORIANG03SP	GOOD	3	0	complete
CORIANG03GN	GOOD	3	0	complete
CORIANG03GB	GOOD	3	0	complete
CORIANG02SP	GOOD	3	0	complete
CORIANG02GN	GOOD	3	0	complete
CORIANG02GB	GOOD	3	0	complete
CORIANG01GN	GOOD	3	0	complete
CORIANG01GB	GOOD	3	0	complete
dnp3	GOOD	865	0	complete
IONT7	GOOD	11	2	complete
LT73510	GOOD	9	0	complete
LT73540	GOOD	9	0	complete
LT73520	GOOD	4	0	complete
LT73530	GOOD	4	0	complete
LT73730	GOOD	4	0	complete
LT73970	GOOD	4	0	complete
IONT6	GOOD	4	0	complete

Figura 9.20: En OPCLink se encuentra un grupo llamado “dnp3” dentro del cual se encuentra la señal del I-A3T60.

En la figura anterior observamos el diseño de la conversión del protocolo de comunicación de DNP a OPC. Dentro del grupo “dnp3” se encuentran todas las señales que son comunicadas con este protocolo, por tanto, nuestra señal de análisis se encuentra dentro del mismo.

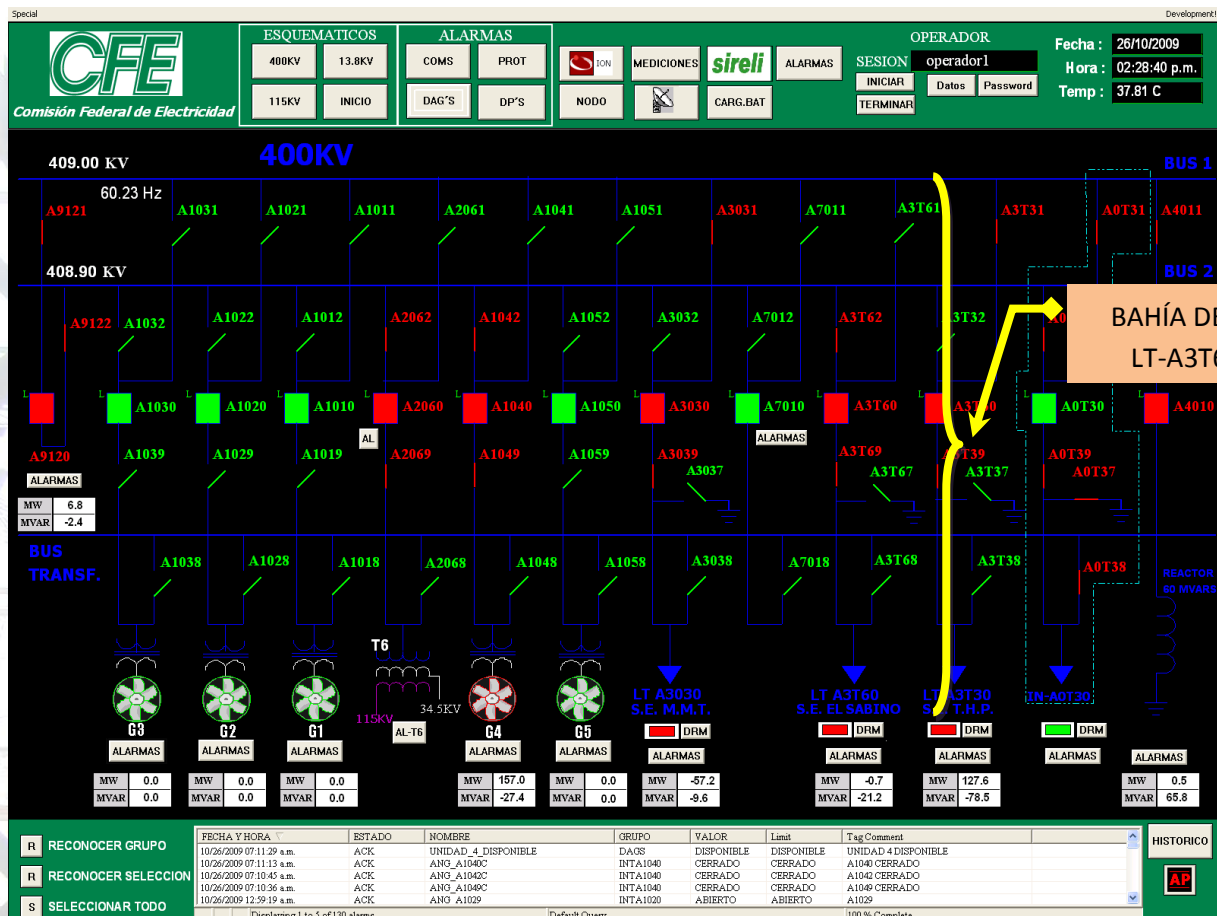


Figura 9.21: SubSistema Local (SSL) de la Subestación programado en Intouch.

Intouch es un software adquirido de forma independiente para realizar la programación de la IHM que ayuda principalmente al Operador de subestación en turno. Se puede observar que es un diseño adecuado a la necesidad de nuestra subestación. En esta IHM visualizamos los estados de todos los dispositivos (a través de los esquemáticos) y de las alarmas, tanto del área de 400 kV como del área de 115 kV. Además de contar con otras aplicaciones de gran importancia que se muestran en la parte superior de la pantalla.

Hasta aquí termina la primera etapa del análisis de la señal del interruptor A3T60 en su estado Cerrado proveniente del campo y hasta llegar a la interface Hombre-Máquina SSL de la Subestación.

9.1.2 ANÁLISIS DEL CONTROL DEL MANDO DE CIERRE DEL INTERRUPTOR A3T60 DESDE LA IHM SSL S.E. HACIA EL CAMPO DE S.E.:

Ahora bien, desde el SSL S.E. podemos ejercer un control para el interruptor A3T60, ya sea para accionar el mando de Abrir o de Cerrar. En este apartado analizaremos el control del cierre del interruptor.

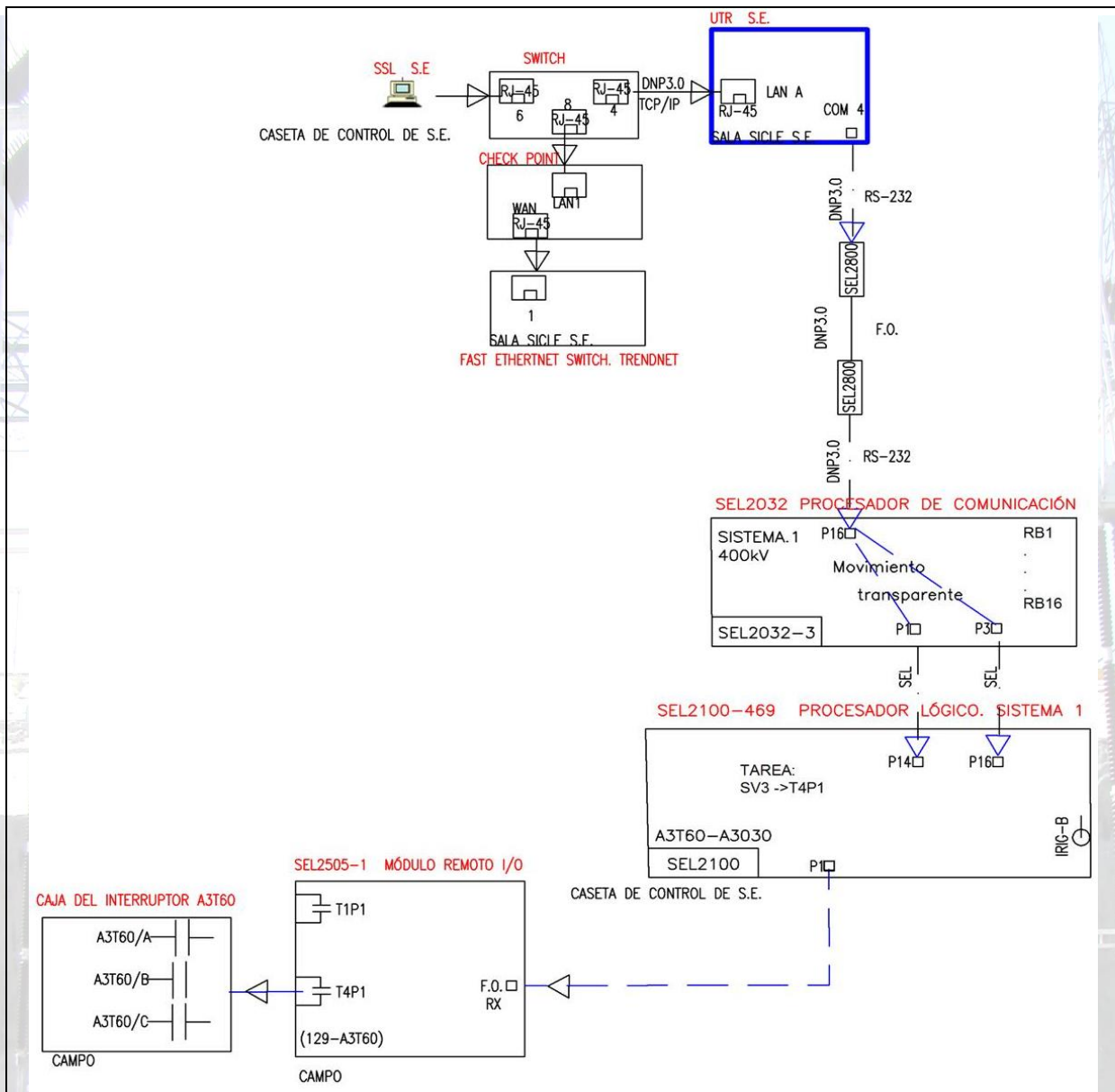


Figura 9.22: Diagrama a bloques del Proceso del Control del Mando de Cierre del Interruptor A3T60 desde el SSL S.E. hacia el Campo.

9.1.2.1 Procesamiento del Control del Mando de Cierre del Interruptor A3T60 en el Departamento de Control e Informática.

El proceso de esta tarea es observada en la figura anterior. El control que se ejecuta desde el SSL es enviada a la UTR para que inmediatamente sea enviada al SEL2032, luego al SEL2100 y finalmente al SEL2505, es decir, es el proceso inverso del análisis anterior, apartado 9.1.1. Como se trata de una salida binaria el Frame (del control del mando) tiene Objeto 10 y Variación 1.

Antes de ejercer un control el Operador o la persona responsable debe conocer el Candado configurado en la programación del SSL mediante InTouch. La creación de este candado es con el fin de que una persona ajena no ejecute una maniobra mal o inoportuna. Este candado es escrito en el área de SESSION como se señala en la figura 18.

Una vez escrito el Candado, damos clic en el cuadro que representa al I-A3T60 y se abre un nuevo recuadro para ejercer el mando del cierre de dicho interruptor. Y finalmente se abre un nuevo recuadro preguntando la confirmación de dicho control. Todo esto se observa en las figuras siguientes.

Cuando el Control del Mando de Cierre es confirmado por el Operador, este control es enviado a la UTR para que en el puerto COM4 tenga salida hacia el SEL2032.

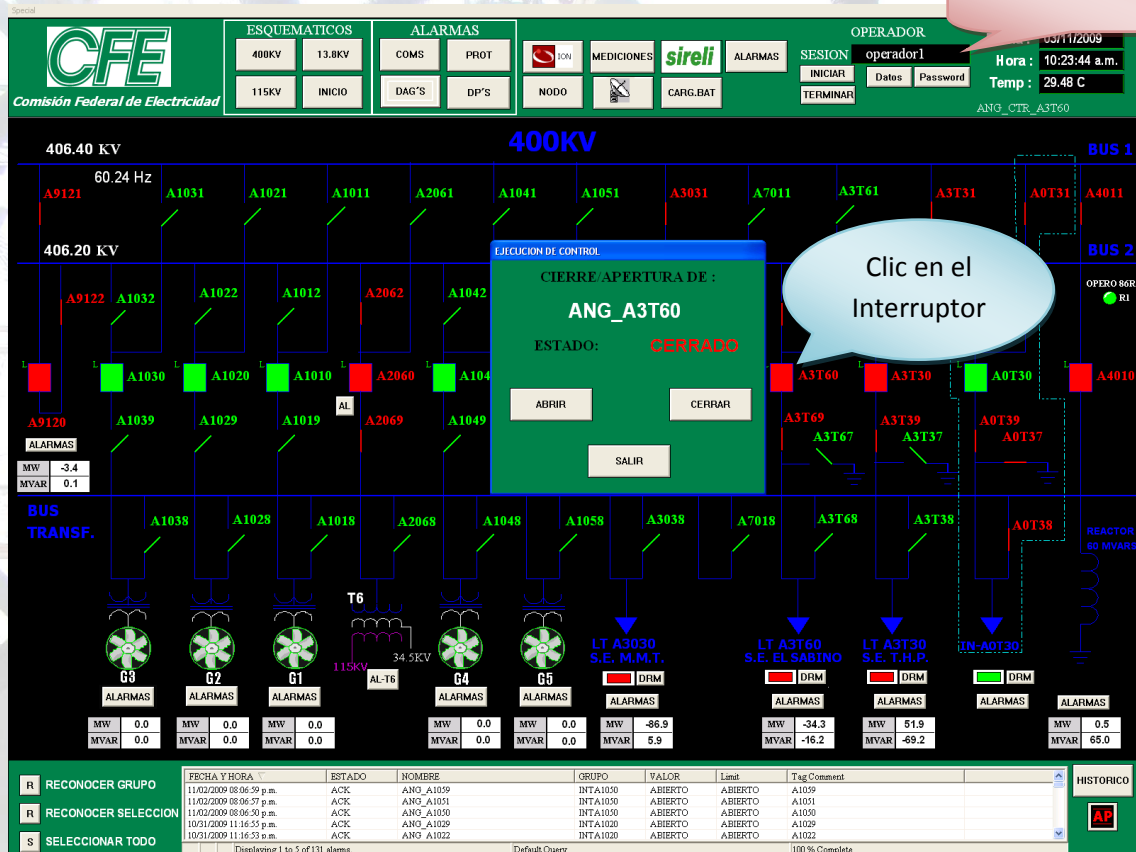


Figura 9.23: Envío de control desde el SSL al campo.



Figura 9.24: Confirmación del mando de Cierre del Interruptor A3T60.

Es necesario aclarar que para fines de seguridad se eligió analizar el mando de Cierre del Interruptor ya que se encontraba cerrado, para que de esta manera se evitara en un mayor porcentaje una apertura, que para ese

momento era innecesario y hasta peligroso. Por lo tanto, en el SSL el color del Interruptor debió ser Verde para simular que en ese momento estaba abierto.

¿Pero como sabe la UTR cuándo se trata de una Salida Digital? La respuesta es debido al protocolo de comunicación DNP3, al analizar un Frame o Mensaje como el siguiente, nos damos cuenta de si se trata de una entrada o una salida binaria. El análisis es de manera similar a la respuesta antes analizada, **figura 9.19.**

Data
05 64 FF 44 01 00 02 00 CE 84 7E C1 81 02 00 01 01 01 00 00 05 00 28 01 02 01 E0 19 06 00 09
05 64 0B C4 02 00 01 00 83 24 DA C2 01 01 00 06 FD FD

Figura 9.25: Un Frame del mando de Cierre del I- A3T60 en protocolo DNP3.

Suponemos que la BD en la UTR sobre las Salidas Binarias fue creada en un principio, como se muestra a continuación.

The screenshot shows the 'System Point Database Properties' window. It contains two main tables:

Processor Number	Application	Instance	Digital Inputs	Digital Outputs	Counters	Analog Inputs	Analog Outputs	Devices	Com Obj
2	D.20 Peripheral Link	0	272	104	0	64	0	11	
2	Communication Watchdog	0	43	0	0	0	0	0	
1	DNP V3.00 DCA	0	189	115	0	24	0	1	
1	DNP V3.00 DCA	1	346	99	0	44	0	1	
2	Analog Reference	0	0	0	1	4	1	0	
2	DNP V3.00 DCA	0	102	67	0	26	0	1	

Point	Description
1	D20ME *Disable All Devices
2	D20ME *Disable Poll All Devices
3	D20ME *Disable All Unsol. Resp.
4	D20ME *Poll All Devices Class data
5	D20ME *Poll All Devices Integrity data
6	D20ME *Restart All Devices
7	D20ME *Timesync All Devices
8	D20ME *Clear Channel
9	D20ME *Clear Comm Statistics
10	DNP V3.00 DCA
11	DNP V3.00 DCA
12	DNP V3.00 DCA
13	DNP V3.00 DCA
14	DNP V3.00 DCA
15	DNP V3.00 DCA
16	DNP V3.00 DCA
17	DNP V3.00 DCA
18	IN-A3030 MMT
19	TRIP/CLOSE CU-A3031
20	TRIP/CLOSE CU-A3032
21	TRIP/CLOSE CU-A3039
22	TRIP/CLOSE CU-A3038
23	RECLT- A3030
24	IN-A3T60 SAB
25	TRIP/CLOSE CU-A3T61
26	TRIP/CLOSE CU-A3T62
27	TRIP/CLOSE CU-A3T69
28	TRIP/CLOSE CU-A3T68
29	RECLT- A3T60
30	DNP V3.00 DCA
31	DNP V3.00 DCA
32	DNP V3.00 DCA
33	REPOSICION 86FIA3030_A3T60
34	DNP V3.00 DCA
35	DNP V3.00 DCA
36	DNP V3.00 DCA
37	DNP V3.00 DCA
38	DNP V3.00 DCA
39	DNP V3.00 DCA
40	DNP V3.00 DCA

Primera Salida Binaria

Figura 9.26: Base de Datos en la UTR.

9.1.2.2 Procesamiento del Control del Mando de Cierre del Interruptor A3T60 en el Departamento de Protección y Medición:

Los primeros 17 puntos de la BD de Salidas Digitales de la UTR se dejan libres. El punto 18 es realmente la primera Salida Binaria enviada al SEL2032-3 por el puerto 16 de manera transparente, de la siguiente forma.

		OUTPUT DIGITAL					
N° SALIDA	POINT DPA	DESCRIPCIÓN DEL CONTROL	MANDOS U	SEL2032 -3		N° RB PARA	
HACIA PCyM	UTR		OPERACIONES	N° RB	PORT	SEL2100	
	1	D20ME *Disable All Devices					
	2	D20ME *Disable Poll All Devices					
	3	D20ME *Disable All Unsol. Resp.					
	4	D20ME *Poll All Devices Class data					
	5	D20ME *Poll All Devices Integrity data					
	6	D20ME *Restart All Devices					
	7	D20ME *Timesync All Devices					
	8	D20ME *Clear Channel					
	9	D20ME *Clear Comm Statistics					
	10	DNP V3.00 DCA					
	11	DNP V3.00 DCA					
	12	DNP V3.00 DCA					
	13	DNP V3.00 DCA					
	14	DNP V3.00 DCA					
	15	DNP V3.00 DCA					
	16	DNP V3.00 DCA					
	17	DNP V3.00 DCA					
1	18	IN-A3030 MMT	TRIP CLOSE	RB1 RB2	1	RB1 RB2	
2	19	TRIP/CLOSE CU-A3031	TRIP/CLOSE	RB3/RB4		RB3/RB4	
3	20	TRIP/CLOSE CU-A3032	TRIP/CLOSE	RB5/RB6		RB5/RB6	
4	21	TRIP/CLOSE CU-A3039	TRIP/CLOSE	RB7/RB8		RB7/RB8	
5	22	TRIP/CLOSE CU-A3038	TRIP/CLOSE	RB9/RB10		RB9/RB10	
6	23	REC LT- A3030	TRIP/CLOSE	RB11/RB12		RB11/RB12	
7	24	IN-A3T60 SAB	TRIP/CLOSE	RB13/RB14		RB13/RB14	
8	25	TRIP/CLOSE CU-A3T61	TRIP/CLOSE	RB15/RB16		RB15/RB16	
9	26	TRIP/CLOSE CU-A3T62	TRIP/CLOSE	RB1/RB2	2	RB17/RB18	
10	27	TRIP/CLOSE CU-A3T69	TRIP/CLOSE	RB3/RB4		RB19/RB20	
11	28	TRIP/CLOSE CU-A3T68	TRIP/CLOSE	RB5/RB6		RB21/RB22	
12	29	REC LT- A3T60	TRIP/CLOSE	RB7/RB8		RB23/R24	
13	30	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB9/RB10		RB25/RB26	
14	31	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB11/RB12		RB27/RB28	
15	32	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB13/RB14		RB29/RB30	
16	33	REPOSICION 86FI A3030_A3T60	TRIP/CLOSE	RB15/RB16		RB31/RB32	
17	34	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB1/RB2	3		
18	35	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB3/RB4			
19	36	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB5/RB6			
20	37	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB7/RB8			
21	38	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB9/RB10			
22	39	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB11/RB12			
23	40	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB13/RB14			
24	41	DNP V3.00 DCA	TRIP/CLOSE	RB15/RB16			

Tabla 9.6: Operaciones o mandos correspondientes al SEL2032 y la Transmisión de Operaciones de manera

Transparente o Directa entre el SEL2032 y SEL2100.

Los primeros 8 controles enviados desde la UTR, que corresponden a los 16 primeros mandos (TRIP/CLOSE), activan a los 16 primeros RB's (Remote Bit) en el SEL2032 del puerto 1. Como se observa en la tabla anterior.

Vemos que cada puerto del SEL2032 cuenta con una BD de 16 Bits Remotos, por lo tanto los siguientes 8 controles, del punto 9 AL 16, les corresponde al puerto 2 del SEL2032.

Principalmente son 24 señales entre las bahías de la LT-A3T60 y la LT-A3030, 12 para cada una, como se resalta con recuadro amarillo en la tabla anterior.

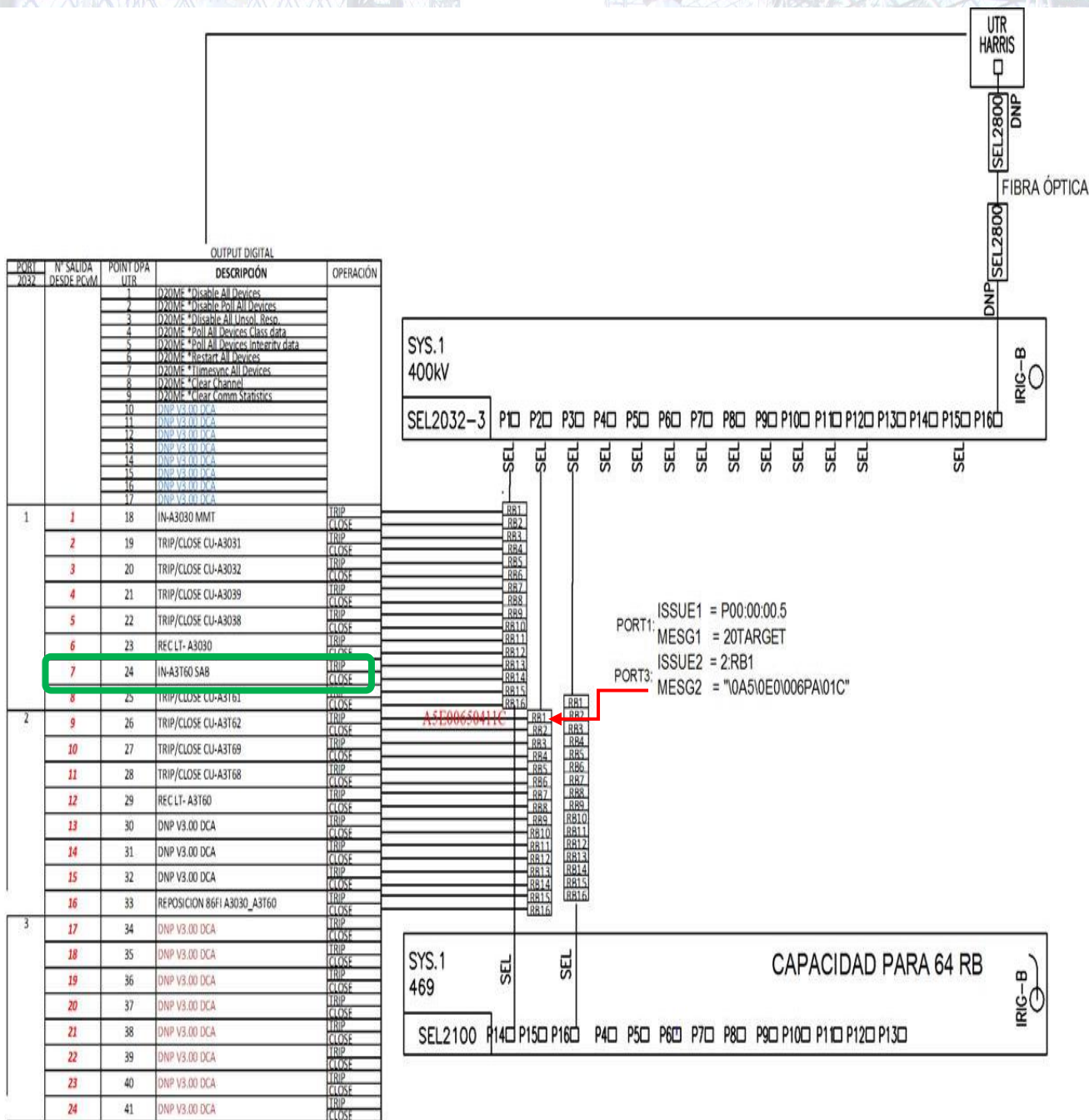


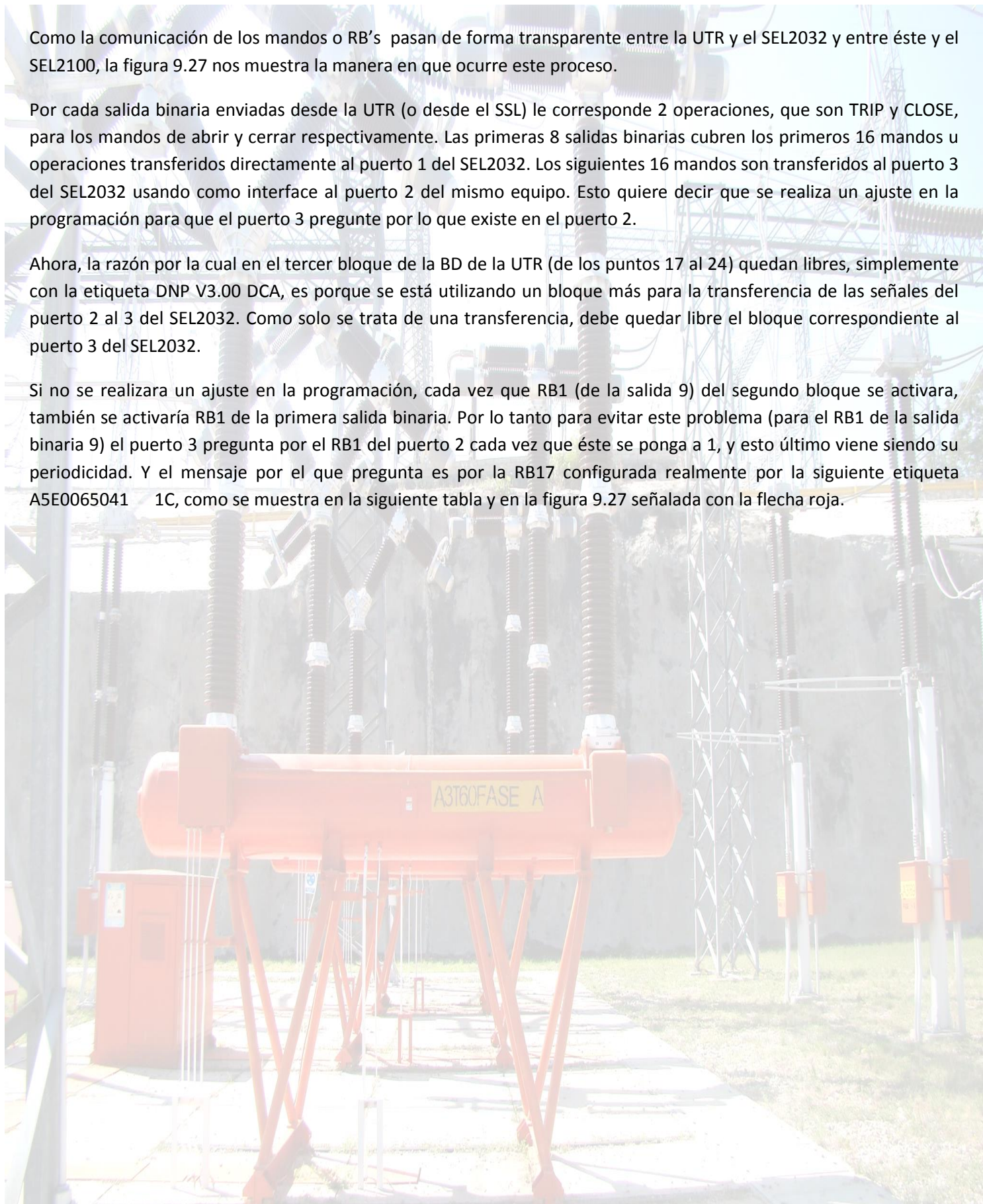
Figura 9.27: Envío transparente de las salidas digitales desde la UTR hacia el SEL2100.

Como la comunicación de los mandos o RB's pasan de forma transparente entre la UTR y el SEL2032 y entre éste y el SEL2100, la figura 9.27 nos muestra la manera en que ocurre este proceso.

Por cada salida binaria enviadas desde la UTR (o desde el SSL) le corresponde 2 operaciones, que son TRIP y CLOSE, para los mandos de abrir y cerrar respectivamente. Las primeras 8 salidas binarias cubren los primeros 16 mandos u operaciones transferidos directamente al puerto 1 del SEL2032. Los siguientes 16 mandos son transferidos al puerto 3 del SEL2032 usando como interface al puerto 2 del mismo equipo. Esto quiere decir que se realiza un ajuste en la programación para que el puerto 3 pregunte por lo que existe en el puerto 2.

Ahora, la razón por la cual en el tercer bloque de la BD de la UTR (de los puntos 17 al 24) quedan libres, simplemente con la etiqueta DNP V3.00 DCA, es porque se está utilizando un bloque más para la transferencia de las señales del puerto 2 al 3 del SEL2032. Como solo se trata de una transferencia, debe quedar libre el bloque correspondiente al puerto 3 del SEL2032.

Si no se realizara un ajuste en la programación, cada vez que RB1 (de la salida 9) del segundo bloque se activara, también se activaría RB1 de la primera salida binaria. Por lo tanto para evitar este problema (para el RB1 de la salida binaria 9) el puerto 3 pregunta por el RB1 del puerto 2 cada vez que éste se ponga a 1, y esto último viene siendo su periodicidad. Y el mensaje por el que pregunta es por la RB17 configurada realmente por la siguiente etiqueta A5E0065041 1C, como se muestra en la siguiente tabla y en la figura 9.27 señalada con la flecha roja.



Remote Bit	Fast operate Comand	Longitud	Código de Operación (CD)	Código de Validación (VC)	Checksum	
RB01	A5	E0	06	40	01	CC
RB02	A5	E0	06	41	05	D1
RB03	A5	E0	06	42	09	D6
RB04	A5	E0	06	43	0D	DB
RB05	A5	E0	06	44	11	E0
RB06	A5	E0	06	45	15	E5
RB07	A5	E0	06	46	19	EA
RB08	A5	E0	06	47	1D	EF
RB09	A5	E0	06	48	21	F4
RB10	A5	E0	06	49	25	F9
RB11	A5	E0	06	4A	29	FE
RB12	A5	E0	06	4B	2D	03
RB13	A5	E0	06	4C	31	08
RB14	A5	E0	06	4D	35	0D
RB15	A5	E0	06	4E	39	12
RB16	A5	E0	06	4F	3D	17
RB17	A5	E0	06	50	41	1C
RB18	A5	E0	06	51	45	21
RB19	A5	E0	06	52	49	26
RB20	A5	E0	06	53	4D	2B
RB21	A5	E0	06	54	51	30
RB22	A5	E0	06	55	55	35
RB23	A5	E0	06	56	59	3A
RB24	A5	E0	06	57	5D	3F
RB25	A5	E0	06	58	61	44
RB26	A5	E0	06	59	65	49
RB27	A5	E0	06	5A	69	4E
RB28	A5	E0	06	5B	6D	53
RB29	A5	E0	06	5C	71	58
RB30	A5	E0	06	5D	75	5D
RB31	A5	E0	06	5E	79	62
RB32	A5	E0	06	5F	7D	67
RB33	A5	E0	06	60	81	6C
RB34	A5	E0	06	61	85	71
RB35	A5	E0	06	62	89	76
RB36	A5	E0	06	63	8D	7B
RB37	A5	E0	06	64	91	80
RB38	A5	E0	06	65	95	85
RB39	A5	E0	06	66	99	8A
RB40	A5	E0	06	67	9D	8F
RB41	A5	E0	06	68	A1	94
RB42	A5	E0	06	69	A5	99
RB43	A5	E0	06	6A	A9	9E
RB44	A5	E0	06	6B	AD	A3
RB45	A5	E0	06	6C	B1	A8
RB46	A5	E0	06	6D	B5	AD
RB47	A5	E0	06	6E	B9	B2
RB48	A5	E0	06	6F	BD	B7
RB49	A5	E0	06	70	C1	BC
RB50	A5	E0	06	71	C5	C1
RB51	A5	E0	06	72	C9	C6
RB52	A5	E0	06	73	CD	CB
RB53	A5	E0	06	74	D1	DO
RB54	A5	E0	06	75	D5	D5
RB55	A5	E0	06	76	D9	DA
RB56	A5	E0	06	77	DD	DF
RB57	A5	E0	06	78	E1	E4
RB58	A5	E0	06	79	E5	E9
RB59	A5	E0	06	7A	E9	EE
RB60	A5	E0	06	7B	ED	F3
RB61	A5	E0	06	7C	F1	F8
RB62	A5	E0	06	7D	F5	FD
RB63	A5	E0	06	7E	F9	02
RB64	A5	E0	06	7F	FD	07

Tabla 9.7: Configuración para mensajes automáticos para escribir REMOTE BITS.

Ahora bien, cabe destacar que para que los controles se permitan aceptar o salir en un equipo SEL, se deben realizar

ajustes de programación para dicho objetivo, como se muestra a continuación.

```
*>SHO A 1 //Muestra lo que tiene el SEL2032 en el Puerto 1, y es un SEL2100. Muestra las configuraciones respecto a los mensajes automáticos.
```

```
Automatic message settings for Port 1
```

```
AUTOBUF = N
STARTUP =HIDDEN AT CURRENT ACCESS LEVEL
SEND_OPER= YP
REC_SER = Y
NOCONN = NA
```

```
MSG_CNT = 9
ISSUE1 = P00:00:00.5
MSG1 = 20TARGET
ISSUE2 = 2:RB1
MSG2 = "\0A5\0E0\006PA\01C"
PARSE2 = 0 DELAY2 = OFF
ISSUE3 = 2:RB2
MSG3 = "\0A5\0E0\006QE!"
PARSE3 = 0 DELAY3 = OFF
ISSUE4 = 2:RB3
MSG4 = "\0A5\0E0\006RI&"
PARSE4 = 0 DELAY4 = ON
ISSUE5 = 2:RB4
Press RETURN to continue
MSG5 = "\0A5\0E0\006SM+"
PARSE5 = 0 DELAY5 = ON
ISSUE6 = 2:RB5
MSG6 = "\0A5\0E0\006TQ0"
PARSE6 = 0 DELAY6 = ON
ISSUE7 = 2:RB6
MSG7 = "\0A5\0E0\006UU5"
PARSE7 = 0 DELAY7 = ON
ISSUE8 = 2:RB7
MSG8 = "\0A5\0E0\006VY:"
DELAY8 = ON
ISSUE9 = 2:RB8
MSG9 = "\0A5\0E0\006W]?"
DELAY9 = ON
ARCH_EN = N
USER = 100
```

```
*>SHO A 2 // Muestra lo que tiene el SEL2032 en el puerto 2 y sus configuraciones para los mensajes automáticos.
```

```
Automatic message settings for Port 2
```

```
AUTOBUF = N
STARTUP =HIDDEN AT CURRENT ACCESS LEVEL
SEND_OPER= N
REC_SER = Y
NOCONN = NA
MSG_CNT = 2
ISSUE1 = P00:00:00.5
MSG1 = 20TARGET
ISSUE2 = P00:00:00.5
MSG2 = 20METER
ARCH_EN = N
USER = 48
```

```
*>PORT 1 // Muestra lo que existe en el puerto 1 del SEL2032 y es un equipo SEL2100.
```

```
Transparent Communications to Port 1 established
```

```
2100/469 A3T60-A3030 SISTEMA 1 Date: 2009/11/19 Time: 10:05:25.640 S.E. ANGOSTURA 400 KV
=ACC
```

```
Password: ? **** // Accesando al equipo SEL2100.
```

```
2100/469 A3T60-A3030 SISTEMA 1 Date: 2009/11/19 Time: 10:05:32.106 S.E. ANGOSTURA 400 KV
Level 1
```

```
=>SHO P 14 // Muestra la configuración del Puerto 14 del SEL2100.
```

```

Port 14
PROTO = SEL
SPEED = 19200  BITS = 8  PARITY= N  STOP = 1
T_OUT = 15  T_LINES= 20  AUTO = Y
RTSCTS= N  FASTOP= Y

=>SHO P 16 // Muestra la configuración del Puerto 16 del SEL2100.
Port 16
PROTO = SEL
SPEED = 19200  BITS = 8  PARITY= N  STOP = 1
T_OUT = 15  T_LINES= 20  AUTO = Y
RTSCTS= N  FASTOP= Y
=>
    
```

Tabla 9.8: Configuraciones de los puertos de los equipos SEL2032 y SEL2100.

Además, un bit RBn está asociado con un Bit Remoto de un DEI SEL. La acción de Poner o Limpiar de un bit RBn corresponde a los comandos OPEN y CLOSE, respectivamente. Cuando el comando Send Operate es puesto en SEND_OPER=Y, las acciones de Poner o Limpiar de los n bits RB corresponden a los comandos set y clear, respectivamente. Cuando SEND_OPER=YP, la acción de Poner de los n bits RB corresponde a los comandos de bit remoto pulsado y la acción de Limpiar no tiene efecto directo.

Por lo tanto (en la primera parte de la tabla anterior) en el puerto 1 del SEL2032 encontramos SEND_OPER=YP, y le indica que acepte los controles que viene desde la UTR y que los envíe al SEL2100. YP indica que el bit remoto siempre será pulsado.

En la segunda parte (SHO A 2) encontramos SEND_OPER=N ya que el puerto 2 del SEL2032 no es conectado directamente al SEL2100, la razón ya se ha explicado anteriormente.

Para que los puertos del SEL2100 también acepten los controles provenientes del SEL2032, se configura el comando Fast Operate como FASTOP=Y. Así que el paso o bloque de la información se puede hacer en cualquier de los dos equipos SEL.

De todo lo anterior se observa que la razón por la cual se utilizan 2 puertos (tanto en el SEL2032 como en el SEL2100) es porque para las LT-A3T60 y LT-A3030 existen principalmente 24 operaciones a ejercer por la UTR o desde el las IHMs. Y la razón por la que el puerto 2 del SEL2032 no es conectado es porque los mandos configurados en este puerto son transferidos al puerto 3. Las primeras 16 salidas binarias ejercen un total de 32 mandos o RB's en el SEL2100 de los 64 RB's con los que cuenta.

La Salida Binaria número 7 **INT A3T60 SAB** es el correspondiente a nuestro análisis y está en el punto 24 en la BD de Salidas Binarias de la UTR, como se observa en la figura 9.27. A este control le corresponden las Operaciones TRIP llamada RB13 y **CLOSE** llamada **RB14**, ésta última es la encargada del Mando del Control del Cierre del Interruptor A3T60. Esta operación RB14 es adquirida por el SEL2100 en el puerto 14, para realizar la programación de la tarea y ser enviada al campo SEL2505 y ejecutar el mando de Cierre del Interruptor.



```
>SHO L SV3 // Salida Binaria al Campo
SELogic group 1
SELogic Variable Timer Input Equations:

SV3 =!SV5T * !R6P1 * (RB14 + R5P8)
SV4 =!R6P1 * (RB13 + R6P8)
SV5 =\R1P2 + \R2P2 + \R3P2

>SHO
Group 1
Group Settings:

RID =2100/469 A3T60-A3030 SISTEMA 1 TID =S.E. ANGOSTURA 400 KV
SV3PU = 0 SV3DO = 300 SV4PU = 0 SV4DO = 300
```

```
>SHO L T4P1
SELogic group 1

Mirrored Bits Transmit Equations For Port 1:

T4P1 =(LV21 * R3P3 + SV3T) * !LV6
```

Figura 9.28: Programación en el SEL2100 número 4 para ejecutar el mando de cierre del I-A3T60.

La variable auxiliar T4P1 nos ayuda a activar el mando de cierre del I-A3T60. Una vez que es activada esta variable, se cierra el contacto de salida número 4 del primer SEL2505-1. Como se observa en la figura 9.22 y en la siguiente tabla resaltada de color rojo.

El timer SV3 tiene un Pickup de 0 ms y un Dropout de 300 ms. Esto significa que permite a la entrada SV3 propagarse a través de la salida SV3T sin retardo, y que en el mando (de cierre del interruptor) se mantendrá cerrado el contacto del SEL2505-1 por 300 ms.

SALIDAS AL CAMPO				
OU	SISTEMA 1: CONTROL E INFORMÁTICA		SISTEMA 2: PROTECCIÓN Y MEDICIÓN	
	2505-1	2505-2	2505-3	2505-4
1	DISPARO A	PERMISIVOS A3T61	DISPARO A	PERMISIVOS A3T61
2	DISPARO B	CERRAR A3T61	DISPARO B	CERRAR A3T61
3	DISPARO C	ABRIR A3T61	DISPARO C	ABRIR A3T61
4	CIERRE REMOTO	PERMISIVOS A3T62	CIERRE REMOTO	PERMISIVOS A3T62
5	PERM CIERRE LOCAL	CERRAR A3T62	PERMISIVOS A3T68	CERRAR A3T62
6	PERMISIVOS A3T69	ABRIR A3T62	PERMISIVOS A3T69	ABRIR A3T62
7	CERRAR A3T69	CERRAR A3T68	CERRAR A3T69	CERRAR A3T68
8	ABRIR A3T69	ABRIR A3T68	ABRIR A3T69	ABRIR A3T68

INTERRUPTOR

CUCHILLAS

Tabla 9.9: Tareas asignadas a los contactos de salida de los SEL2505 en el sistema redundante.

De esta manera hemos completado el análisis de la modernización del Interruptor A3T60 y del área de 400 kv, ya que si quisiéramos analizar las siguientes señales de la tabla 1 seguiríamos la misma analogía.



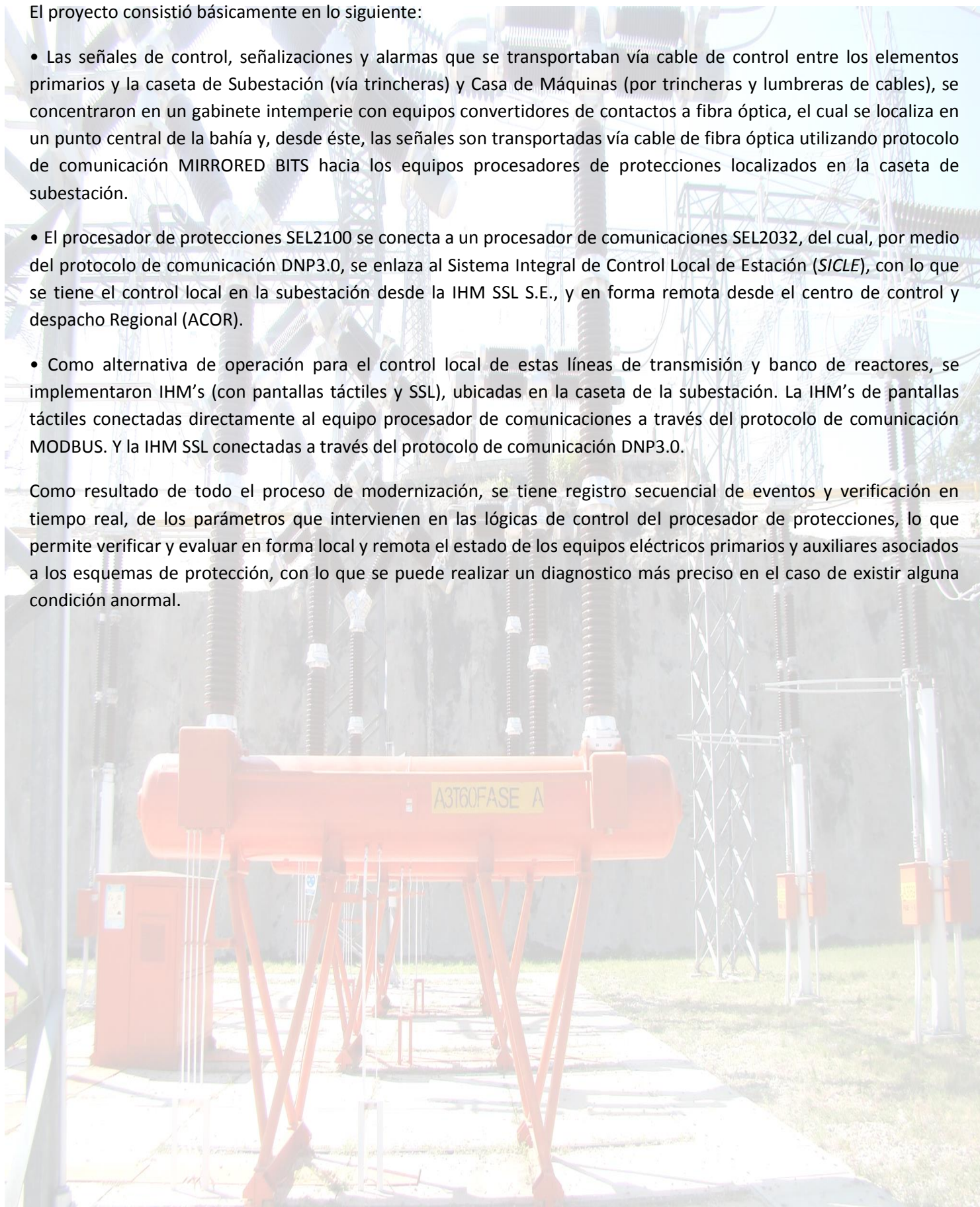
10.- RESULTADOS Y OBSERVACIONES:

La aplicación de la nueva tecnología en los Sistemas de Control y Protección es, hoy por hoy, una de las soluciones más factibles de implementar con un alto grado de confiabilidad.

El proyecto consistió básicamente en lo siguiente:

- Las señales de control, señalizaciones y alarmas que se transportaban vía cable de control entre los elementos primarios y la caseta de Subestación (vía trincheras) y Casa de Máquinas (por trincheras y lumbreras de cables), se concentraron en un gabinete intemperie con equipos convertidores de contactos a fibra óptica, el cual se localiza en un punto central de la bahía y, desde éste, las señales son transportadas vía cable de fibra óptica utilizando protocolo de comunicación MIRRORRED BITS hacia los equipos procesadores de protecciones localizados en la caseta de subestación.
- El procesador de protecciones SEL2100 se conecta a un procesador de comunicaciones SEL2032, del cual, por medio del protocolo de comunicación DNP3.0, se enlaza al Sistema Integral de Control Local de Estación (*SICLE*), con lo que se tiene el control local en la subestación desde la IHM SSL S.E., y en forma remota desde el centro de control y despacho Regional (ACOR).
- Como alternativa de operación para el control local de estas líneas de transmisión y banco de reactores, se implementaron IHM's (con pantallas táctiles y SSL), ubicadas en la caseta de la subestación. La IHM's de pantallas táctiles conectadas directamente al equipo procesador de comunicaciones a través del protocolo de comunicación MODBUS. Y la IHM SSL conectadas a través del protocolo de comunicación DNP3.0.

Como resultado de todo el proceso de modernización, se tiene registro secuencial de eventos y verificación en tiempo real, de los parámetros que intervienen en las lógicas de control del procesador de protecciones, lo que permite verificar y evaluar en forma local y remota el estado de los equipos eléctricos primarios y auxiliares asociados a los esquemas de protección, con lo que se puede realizar un diagnostico más preciso en el caso de existir alguna condición anormal.



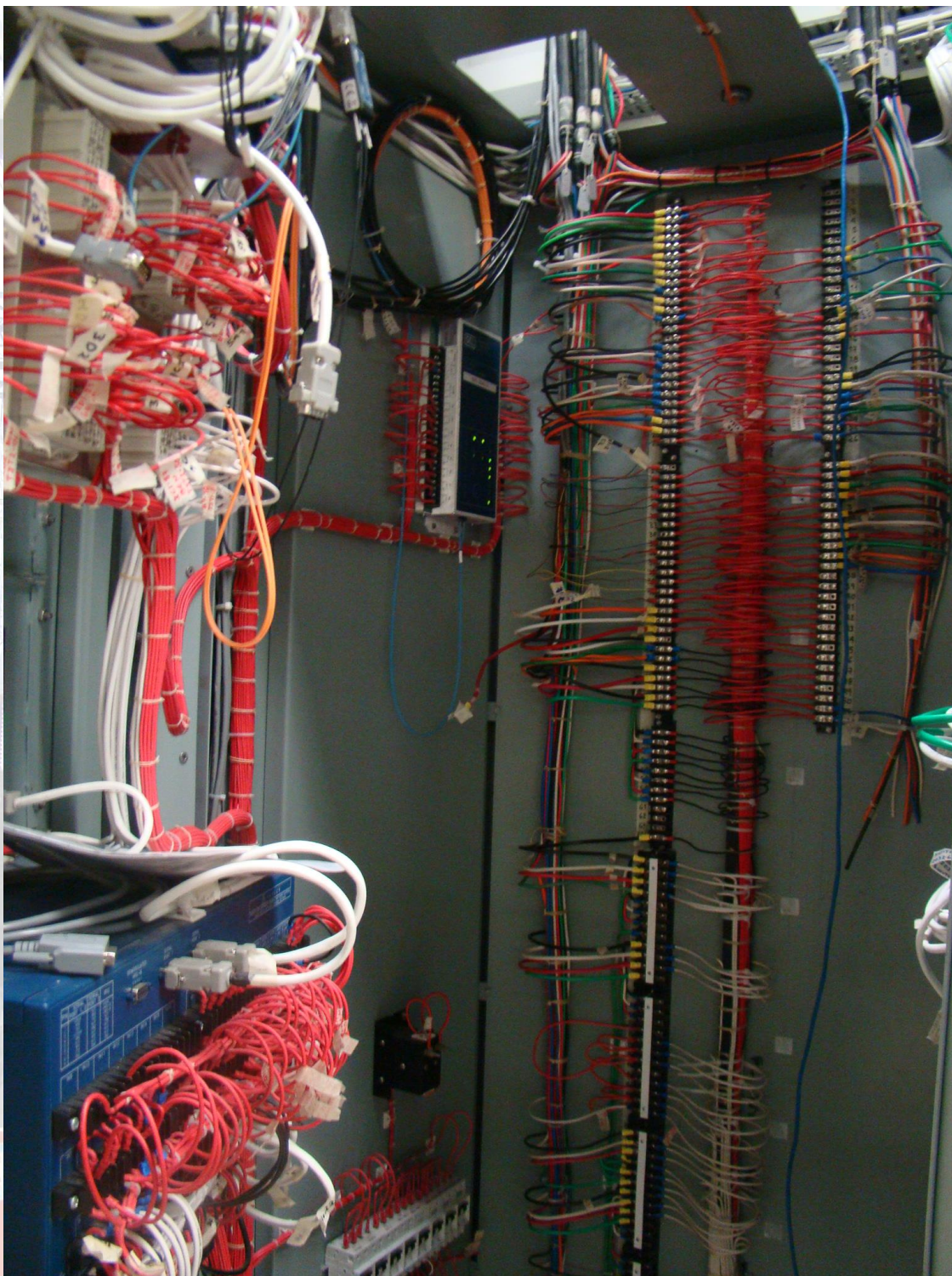


Figura 10.1: Cableado dentro de un gabinete del tablero simplex, que comprende la modernización de las LT-A3T60 Y LT-A3030.

Se tiene un ahorro considerable en la sustitución de cable de control de cobre por fibra óptica, disminución de tiempo y certidumbre en la atención de fallas, disminución del índice de fallas, menos costo y menor tiempo en las puestas en servicio de nuevos proyectos y de modernización, mejor atención al cliente tanto del ACOR como de la Central, al suministrar de alarmas, eventos, medición en tiempo real de todo el sistema de control, medición y protección de las

unidades generadoras.



Ahorro de espacio Físico

Tablero Simplex, que contiene todo el proceso de la Modernización del área de 400 kv.

Es difícil calcular el impacto ya que en el futuro se ahorrarán horas-hombre de atención a fallas, reducción de costos por mejoras y modernización, reducción de salidas incorrectas por cada una de las unidades que proporcionan 180 MW.

La realización de este proyecto presenta grandes oportunidades de mejora para la subestación ya que pueden incorporarse a esta tecnología cualquier proyecto con el mínimo costo; oportunidades para la central de incorporar sus propios proyectos ya con tecnología digital y obtener así mayor eficiencia en sus procesos de arranque, paro y protección de unidades al poder sincronizarse como un solo sistema; y las demás subáreas de la GRTSE para poder apoyar en el mejoramiento de los índices comprometidos.



11.- CONCLUSIÓN:

Con la Modernización del área de 400 kV, ahora se tiene un mejor monitoreo de todos los elementos implicados en la sincronización, la apertura y el disparo de las unidades generadoras, de los interruptores, de las cuchillas, etc., para poder definir con exactitud los puntos de falla atendidos por el personal de la subestación y los puntos atendidos por la central.

La disminución de esos puntos de fallas se ha logrado modernizando los sistemas y sustituyendo elementos de cobre por fibra óptica y relevadores electromecánicos por elementos digitales (inputs, outputs) aprovechando los pocos recursos y la limitante del tiempo destinado al cambio de interruptores y sujetos a las licencias de equipo primario ya definidas por el despacho de energía del ACOR para las unidades de la central.

La fibra óptica es un medio más seguro, por lo tanto ahora existe mayor Seguridad en los esquemas de control, sobre todo en instalaciones eléctricas, por ser inmunes a la inducción, interferencias electromagnéticas y transitorios en el voltaje de control, así como también, por el monitoreo permanente en la IHM SSL S.E. y la IHM Táctil, de los enlaces de la fibra óptica, entre los dispositivos convertidores de contactos y los procesadores de protecciones. Con esto se incrementa la seguridad de la subestación y, por ende la Seguridad y Confiabilidad del Sistema Eléctrico de Potencia.

Afortunadamente éste proyecto fue una experiencia muy enriquecedora para mis conocimientos, ya que pude mezclar la teoría con la práctica, además de poder dar un vistazo al campo laboral. Y quedo agradecida con todas las personas que me apoyaron en todo momento.

A3T60FASE A



12.- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

Actividades Del 24 de agosto al 25 de noviembre del 2009.

ACTIVIDAD	FECHA A REALIZAR													
	AG	SEPTIEMBRE					OCTUBRE				NOVIEMBRE			
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
Búsqueda de información y lectura sobre el funcionamiento de una central hidroeléctrica en internet.	X													
Lectura del Manual de Operación de la Subestación Angostura y otros documentos necesarios.		X	X	X	X	X								
Recorrido en el área de Transmisión con un ingeniero del departamento de Protecciones para aclarar dudas.					X									
Recorrido en el área de Transmisión con un ingeniero del departamento de Control e Informática para aclarar dudas.						X								
Recorrido en el área de Transmisión con un ingeniero del departamento de Comunicaciones para aclarar dudas.							X							
Toma de notas y fotografías para el Reporte y Manual de procedimiento.					X	X	X	X	X	X				
Participación en la Modernización del interruptor A2060							X	X	X	X				
Estructuración del Manual de Procedimiento de Modernización de la S.E. 400 kv.							X	X	X	X				
Primera revisión del Manual de Procedimiento de Modernización de la S.E. 400 kv, por personal de Protecciones y Control e Informática.										X	X	X		
Corrección y mejora del Manual de Procedimiento de Modernización de la S.E. 400 kv.											X	X		
Segunda revisión del Manual de Procedimiento de Modernización de la S.E. 400 kv.													X	
Realización del Reporte de Residencia Profesional.													X	
Entrega y aceptación del Manual de Procedimiento y Reporte de actividades realizadas en todo el transcurso.														X

AG= Agosto

S= semana

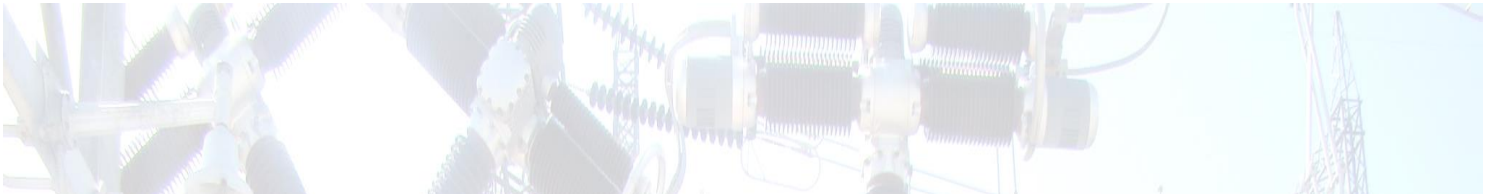
S.E. = Subestación



13.- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- Sistema de Información y Control Local de Estación (SICLE). Centro de Capacitación Celaya.
- Reglamento Interno para la Operación del Sistema Eléctrico Nacional.
- Plataforma Digital de la Protección, Control y Medición para integrarse en forma parcial a la Lógica cableada de la Subestación Angostura. Premio a la Innovación y Desarrollo Tecnológico GRTSE. Edición 2006. Autor, Ing. Sergio Domínguez Durán.
- Manual de Operación de la Subestación Angostura, elaborado por el personal técnico de la subarea Tuxtla Sector ANGOSTURA.
- SEL-2032 Communications Processor. Instruction Manual.
- SEL-2100 Logic Processor. Instruction Manual.
- SEL-2505 Remote I/O Module. Instruction Manual.
- SEL MIRRORRED BITS™ Communications. Simple, Powerful, Field-Proven.

A3T60FASE A



14.- ANEXOS:

OBLIGATORIO
EL EQUIPO DE
PROTECCION
PERSONAL

A.- NOMENCLATURA:

El capítulo IX del *reglamento interno para la operación del sistema eléctrico nacional*, tiene como título: Nomenclatura, y cabe destacar los siguientes artículos:

ART IX.1: Para la segura y adecuada operación, la nomenclatura para identificar voltajes, estaciones y equipos, será uniforme en toda la República. Deberá además facilitar la representación gráfica por los medios técnicos o tecnológicos disponibles en la operación.

ART IX.4: Las tensiones de operación se identificarán por la siguiente tabla de colores:

<i>kV</i>	<i>Color</i>
400	Azul
230	Amarillo
De 161 hasta 138	Verde
De 115 hasta 60	Morado magenta
De 44 hasta 13.2	Blanco
Menor de 13.2	Naranja

Este código de colores se aplicará en tableros mímicos, dibujos, unifilares y monitores de T.V.

ART IX.8: La identificación del equipo de una instalación determinada se hará con cinco dígitos. Como única excepción y sujeto a revisiones posteriores los alimentadores de distribución (radiales) en 34.5 kV y voltajes inferiores conservarán la nomenclatura de cuatro dígitos en las instalaciones.

ART IX.9: El orden que ocuparán de acuerdo a su función los dígitos, se hará de izquierda a derecha.

PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	QUINTO
Tensión de operación	Tipo de equipo	Número asignado al equipo del 0 al 9 para el tercer dígito, combinando del 0 al 9 del cuarto dígito.		Tipo de dispositivo

ART IX.10: TENSIÓN DE OPERACIÓN. Está definido por el primer carácter alfanumérico de acuerdo a lo siguiente:

TENSIÓN kV	NÚMERO
0.00 a 2.40	1
2.41 a 4.16	2
4.17 a 6.99	3
7.00 a 16.50	4
16.60 a 44.00	5
44.10 a 70.00	6
70.10 a 115.00	7
115.10 a 161.00	8
161.10 a 230.00	9

230.10 a 499.00	A
500.10 a 700.00	B

ART IX.11: TIPO DE EQUIPO. Está definido por el segundo carácter numérico de acuerdo a lo siguiente:

NÚMERO	EQUIPO
1	Grupo generador-transformador (unidades generadoras)
2	Transformadores o autotransformadores
3	Líneas o alimentadores
4	Reactores
5	Capacitores (serie o paralelo)
6	Equipo especial
7	Esquema de interruptor de transferencia o comodín
8	Esquema de interruptor y medio
9	Esquema de interruptor de amarre de barras
0	Esquema de doble interruptor lado barra número 2

ART IX.12: NUMERO ASIGNADO AL EQUIPO. El tercero y cuarto carácter definen el número económico del equipo de que se trate y su combinación permite tener del 00 al 99.

ART IX.13: TIPO DE DISPOSITIVO. Para identificarlo se usa el quinto carácter numérico que especifica el tipo de dispositivo de que se trata.

NÚMERO	DISPOSITIVO
0	Interruptor
1	Cuchillas a barra 1
2	Cuchillas a barra 2
3	Cuchillas adicionales
4	Cuchillas fusibles
5	Interruptor en gabinete blindado (extracción)
6	Cuchillas de enlace entre alimentadores y/o barras
7	Cuchillas de puesta a tierra
8	Cuchillas de transferencia
9	Cuchillas lado equipo (líneas, transformador, generador, rector, capacitor)

ART IX.14: Las barras se identifican en la forma siguiente:

B1 Tensión en kV, B2 tensión en kV, BT Tensión en kV.

Por ejemplo: B1 115 kV, significa barra uno de 115 kV.



COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

GERENCIA REGIONAL DE TRANSMISIÓN SURESTE

Oficio No. SHC-73/09
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
26 de Noviembre del 2009

DR. DANIEL SAMAYOA PENAGOS
JEFE DEPTO. DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
PRESENTE

CONCLUSIÓN
RESIDENCIA PROFESIONAL

Por medio del presente comunico a usted que el alumno(a):

KARINA LOPEZ LARA

de la carrera **INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

No. de control **5270285** concluyó satisfactoriamente su **RESIDENCIA PROFESIONAL**

en esta empresa, Comisión Federal de Electricidad, Cubriendo un total de **640** hrs.

asignado en la **SATTX. DEPARTAMENTO DE CONTROL E INFORMÁTICA**

fecha de inicio **24 AGOSTO DE 2009** fecha de término **24 DE DICIEMBRE 2009**

observando durante el desempeño de sus actividades, un alto sentido de responsabilidad, disciplina y buena conducta.

Sin otro particular de momento, quedo de usted.

ATENTAMENTE


ING. FRANCISCO ARENAZA VILLAVICENCIO

Jefe de Subarea Tuxtla



C.c.p.- Interesado.
C.c.p.- EXPEDIENTE
FAV:SUAC/EJBG/gva

