



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
ELECTRÓNICA

“CONFIGURACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISIÓN DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE CFE”.

TESIS PROFESIONAL QUE PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ELECTRÓNICA

PRESENTA

JUAN JAIME MAURICIO LICONA CHÁVEZ

ASESORES: M. E. ALEJANDRO PÉREZ GRACIA

LIC. ÁNGEL JUÁREZ PALACIOS

PUEBLA, PUE.

DICIEMBRE 2014

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
OBJETIVOS	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Capítulo 1 CONTROL SUPERVISORIO	
1.1 Sistemas de control supervisorio y adquisición de datos	7
1.2 Elementos de un sistema SCADA en CFE	9
1.2.1 Unidad terminal maestra (UTM)	10
1.2.2 Protocolo de comunicación	10
1.2.3 Bases de datos	11
1.2.4 Unidad terminal remota (UTR)	11
1.2.5 Subsistema remoto (SSR)	12
1.2.6 Sistema de información y control local de estación	13
1.2.7 Subsistema local (SSL)	14
1.3 Funciones básicas de un sistema SCADA	14
1.4 Hardware y software de la UTR	15
1.4.1 Unidad central de procesamiento (CPU)	16
1.4.2 Entradas digitales	17
1.4.3 Salidas digitales	17
1.4.4 Entradas analógicas	18
1.4.5 Módulo de acumuladores	20
1.4.6 Módulo de comunicaciones	20
1.4.7 Fuente de alimentación y respaldo de baterías	21
1.4.8 Software de la UTR	22
1.5 Transmisión de datos	25
1.5.1 Interfaz	25
1.5.2 Canal de comunicaciones	26
1.5.3 Protocolo de comunicaciones	27
1.5.3.1 Elementos de un protocolo de comunicaciones	28
1.5.3.2 Técnicas de seguridad	28
1.5.4 Protocolo DNP 3.0	30
1.6 Sistema abiertos	36
1.6.1 Modelo de referencia OSI	37
1.6.2 Modelo EPA	40
1.7 Sistema de control supervisorio configurado	41

Capítulo 2	CONFIGURACIÓN DE SERVIDOR SCADA D20	
2.1	Sistema D20	45
2.2	Chasis D20	45
2.3	Módulo principal D20ME II	48
2.4	Arquitectura serial E/S	49
2.5	Fuente de alimentación D20 PS	50
2.6	Tarjeta D20 EME	50
2.7	Software para mantenimiento	51
2.8	Conexiones y configuración inicial	52
2.8.1	Configuración Módulo principal D20ME II	52
2.8.2	Paneles terminales WESTERM D20M+	57
2.8.3	Configuración tarjeta D20EME	57
2.8.4	Configuración tarjeta 10BT MIC	59
2.9	Cable WESMAINT de mantenimiento	60
2.10	Encendido y pruebas	61
2.11	Configuración de software D20	62
2.12	Programa configurador ConfigPro 6	62
2.13	Elaboración del proyecto en ConfigPro 6	63
2.13.1	Selección de aplicaciones	64
2.13.2	Creación de firmware	66
2.13.3	Creación del dispositivo D20	68
2.13.4	Configuración de las propiedades del proyecto	73
2.13.5	Configuración de aplicaciones	74
2.13.5.1	Nodo 1	76
2.13.5.2	Nodo 2	87
Capítulo 3	CONFIGURACIÓN PROCESADOR DE COMUNICACIONES SEL-2032	
3.1	Introducción	93
3.2	Funciones	94
3.2.1	Procesador de comunicaciones	94
3.2.1.1	Protocolos intercalados SEL	96
3.2.1.2	Auto-configuración	96
3.2.1.3	Mensajes “20”	97
3.2.2	Base de datos automática	98
3.2.2.1	Estructura de la base de datos	98
3.2.2.2	Herramientas de la base de datos	101
3.2.2.3	Datos del registrador secuencial de eventos (SER)	103
3.2.3	Gateway para red	103
3.2.4	Controlador programable para ecuaciones de control SELOGIC	104
3.2.5	“Port switch” inteligente	105
3.2.6	Fuente para sincronía de tiempo	105
3.3	Comunicaciones	106
3.3.1	Comunicación serial	106
3.3.2	Comunicación Ethernet	109
3.3.3	Protocolo DNP 3.0 LAN/WAN	110

3.4	Asistente de configuración SEL-5020	112
3.5	Configuración de SEL-2032	113

Capítulo 4 CONFIGURACIÓN DE CONSOLAS DEL SUBSISTEMA LOCAL (SSL)

4.1	Aplicación PowerLink Advantage	121
4.1.1	Área de iconos o botones	121
4.1.2	Desplegado de alarmas	122
4.1.3	Área de desplegado principal	122
4.2	Creación de un nuevo dispositivo (UTR)	123
4.3	Elaboración de la base de datos	126
4.4	Diagrama unifilar	130

Capítulo 5 RESULTADOS

5.1	Pruebas operativas hacia nivel inferior	133
5.2	Pruebas operativas hacia nivel superior	133
5.3	Entrega de señales a operación	135
	Memorándum	136
5.4	Inconvenientes contra mejoras	137

	CONCLUSIONES	138
--	--------------	-----

	GLOSARIO	142
--	----------	-----

	BIBLIOGRAFÍA	151
--	--------------	-----

ANEXOS

A	Guía rápida para configuración de servidor SCADA D20	152
B	Guía rápida para configuración de SEL-2032	155
C	Guía rápida para configuración de consolas del SSL	157
D	Análisis ejecutivo	158

CONFIGURACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISIÓN DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE CFE.

INTRODUCCIÓN

La subestación eléctrica Puebla dos es una de las cinco instalaciones eléctricas que conforman la subárea de transmisión Puebla, proporciona la capacidad de transmisión y transformación requerida para satisfacer la demanda de energía actual en la región correspondiente a la subárea Puebla-Tlaxcala (SPT), brindando así al sistema eléctrico confiabilidad y continuidad en su operación. La instalación cuenta con 6 líneas de 400 KV conectándose así a la red troncal de 400 KV a nivel nacional, un banco de transformación de 400 /230 / 13.8 KV con una capacidad de transformación instalada de 225 MVA y seis bahías de 230 KV, dos bancos de transformación de 400/115/34.5 KV con una capacidad de transformación instalada de 750 MVA, trece bahías de 115 KV, once bahías de 400 KV, además de la caseta de control en donde se encuentran ubicados todos los dispositivos de protección, medición, control y servicios propios de la subestación.

El departamento de control es una de las cuatro especialidades técnicas de la subestación Puebla dos y lleva a cabo la automatización de los procesos de la instalación eléctrica, con el fin de que puedan operarse en forma confiable y de manera remota las instalaciones, mediante el sistema de control supervisorio y adquisición de datos (SCADA), por sus siglas en inglés “Supervisory Control And Data Acquisition”, basado en los principios de la teoría del control supervisorio tradicional.

También se encarga de explotar toda la información que puede ser obtenida de los diferentes equipos que se encuentran dentro de una instalación, como son: interruptores, cuchillas, transformadores, relevadores de protección, equipo de comunicaciones, etc. La explotación de la información puede ser de manera automática a través de un sistema SCADA o

simplemente suministrando el medio para la conexión con los diferentes equipos de manera remota.

En la subestación eléctrica Puebla dos solo se contaba con un equipo de control supervisorio para monitorear todas las señales de las líneas de transmisión de los distintos niveles de potencial, 115 KV, 230 KV y 400 KV, estas señales se originan en las bahías y son llevadas con cableado de cobre, a través de trincheras, hasta la unidad terminal remota (UTR) ubicada en la caseta de control de la subestación.

Todo este trayecto de las señales hace que se incrementen el costo inicial al realizar el cableado con cobre, los costos de operación y mantenimiento y los tiempos de puesta en servicio, además de restar confiabilidad al sistema por presentarse en ocasiones pérdida de señales o cortos circuitos al estar expuesto el cable de cobre a los roedores, debido a esto, se incrementa la indisponibilidad de los equipos asociados impactando significativamente la calidad del servicio. También existen problemas asociados a la inducción, interferencia y elevaciones de voltaje al estar las líneas de transmisión sobre el trayecto de los cables de control.

Otra problemática que se tiene con el sistema de control supervisorio anterior es la dificultad que se presenta al hacer un análisis de falla debido a que no se tiene una referencia de tiempo ya que cada equipo cuenta con su propio reloj interno por lo que no se puede llevar un registro secuencial de que protección operó primero.

Por estos motivos es que en el año 2011 se comienza con un proyecto para configurar un conjunto de equipos y programas que componen el sistema de control supervisorio con la finalidad de obtener información y control a distancia de las señales correspondientes a las líneas de transmisión de 115 KV de la subestación Puebla dos, obteniendo señales para monitoreo de bahía a través de procesadores de comunicación en protocolo DNP 3.0 LAN/WAN, por medio de fibra óptica, con lo que se logra una disminución en el uso de cable de cobre, se incrementa la confiabilidad con el monitoreo continuo y se disminuyen los tiempos de puesta en servicio, lo que se traduce en una reducción de gastos.

ANTECEDENTES

La comisión federal de electricidad (CFE) es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para más de 37.2 millones de clientes, lo que representa a más de 100 millones de habitantes e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos.

El compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

Para contar con la energía eléctrica necesaria para el crecimiento y desarrollo del país, la comisión federal de electricidad construye centrales, líneas y subestaciones que generan, transmiten, transforman y distribuyen la energía eléctrica a lo largo del país.

Para conducir la electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores finales CFE cuenta con más de 758 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución de alta, media y baja tensión¹.

Después de que la electricidad es generada en las plantas el siguiente paso es transmitirla y que pueda llegar a todos los centros de consumo, casas, fábricas, escuelas, hospitales, entre otros. Para lo anterior se necesita la red eléctrica a lo largo y ancho de todo México. Esta red está formada por torres, líneas de transmisión y subestaciones, apoyados por equipos de protección, comunicaciones y control. Las líneas de transmisión son los conductores que transmiten la electricidad y están constituidas por acero y aluminio. Las torres que sostienen las líneas de transmisión, por medio de unos botones de porcelana o silicón que evitan que la electricidad forme un arco eléctrico, están construidas de acero puro para soportar la temperatura ambiente así como las diferentes condiciones meteorológicas que se presentan.

¹ CFE y la electricidad en México. Disponible en <http://www.cfe.gob.mx>.

En las subestaciones de transformación, como Puebla dos, es donde se reducen los altos niveles de voltaje con los cuales es transmitida la energía, a magnitudes inferiores de voltaje. Un alto nivel de voltaje se define como alta tensión y pueden viajar largas distancias sin existir pérdidas significativas y la reducción de magnitud de voltaje se define como baja tensión y se utiliza para entregar a los centros de consumo.

En la parte más alta de las torres se ubica un cable que se llama hilo de guarda el cual a su vez tiene en su interior fibra óptica, a través de esta viajan señales luminosas que se transforman en voz, datos e imágenes. Este hilo de guarda protege a las líneas de transmisión de descargas atmosféricas.

Si ocurre una falla en alguna parte de la red eléctrica se cuenta con el apoyo de dispositivos electrónicos inteligentes (DEI's) que tienen la función de detectar fallas dentro del sistema de potencia para poder ejecutar acciones inmediatas y adecuadas para proceder a restablecer el suministro de energía para que la afectación en la continuidad sea mínima.

El centro nacional de control de energía (CENACE), dependiente de la subdirección de transmisión, transformación y control, tiene como función principal planear, dirigir y supervisar la operación del sistema eléctrico del país para el logro de los objetivos básicos que son la seguridad, continuidad, calidad y economía del servicio eléctrico. Tiene delegadas además las funciones relativas a la supervisión y operación a distancia de las instalaciones y equipos. Así mismo, coordina y supervisa las funciones de las áreas de control.

El área de control oriental (ACOR), es una de las ocho áreas de control que conforman el CENACE. Tiene las atribuciones para administrar la operación y el control del sistema eléctrico en un área geográfica determinada. El sistema eléctrico de potencia que opera y controla el ACOR cubre ocho estados de la república mexicana, Chiapas, Guerrero, Morelos, Puebla, Oaxaca, Tabasco, Tlaxcala y Veracruz, con una extensión geográfica de 370,000 km², está conformado por líneas de transmisión y subestaciones de 400KV, 230KV y 115 KV.

Para la adecuada operación de un sistema eléctrico tan grande en instalaciones y en extensión geográfica, el ACOR está conformado por un centro de control de área (CCAOR) y seis centros de control regionales llamados subáreas de control, con la responsabilidad de operar

y controlar el sistema eléctrico de manera coordinada. Para ello, cada Centro de Control está equipado con herramientas de control, comunicaciones y medición, así como de sistemas de respaldo.

El departamento de control de la subestación eléctrica de transmisión Puebla dos es el encargado de proporcionar los elementos a la subárea de control Puebla-Tlaxcala para poder supervisar y controlar a distancia el equipo propio de la subestación.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Configurar un sistema SCADA para adquisición de datos de bahía a través de procesadores de comunicación en protocolo DNP 3.0 LAN/WAN y envío de los mismos hacia nivel superior e inferior para supervisión y control de una subestación eléctrica de CFE.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Configurar parámetros de comunicación DNP 3.0 y de red en Servidor SCADA y elaborar bases de datos de todas las señales a supervisar.
- Configurar parámetros de comunicación DNP 3.0 y de red en los procesadores de comunicación.
- Dar de alta nuevo dispositivo (UTR) en consolas del subsistema local y elaborar base de datos.
- Realizar pruebas operativas de las bases de datos y verificar correspondencia de puntos en equipo SCADA, hacia nivel superior e inferior.
- Entregar a personal de operación todas las señales de bahía para su supervisión y control a distancia.

1. CONTROL SUPERVISORIO

1.1 SISTEMAS DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS

“El sistema de control supervisorio y adquisición de datos o sistema SCADA es un equipo que ha sido diseñado con la finalidad de obtener información y control a distancia de las instalaciones eléctricas desde una estación maestra mediante la cual se hace posible la ejecución de controles como la apertura y cierre de interruptores, adquisición de información analógica como corriente, voltaje y potencia y adquisición de información digital como señalización de posición de interruptores, cuchillas, estado de alarmas y protecciones, todo esto mediante estaciones remotas ubicadas en las subestaciones”².

El sistema SCADA está especialmente diseñado para proveer comunicación con dispositivos de campo y permitir que un operador controle un proceso de forma automática desde la pantalla de una estación de supervisión.

Estos sistemas efectúan tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como tratamiento de datos y control de procesos. La comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo se ejecuta normalmente en tiempo real y están diseñados para dar al operador la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos de manera remota.

El llevar a cabo la instalación de un sistema de control supervisorio en las instalaciones de CFE otorga claramente al personal operativo las siguientes ventajas:

- Libera al trabajador de tareas complicadas, repetitivas ó peligrosas.
- Disminuye errores humanos.
- Logra que el proceso eléctrico se opere de manera óptima.

² CFE (2010): *Curso de control supervisorio orientado a operadores*. Comisión federal de electricidad.

- Abarata los costos de operación.
- Centraliza información confiable y oportuna para la toma de decisiones adecuadas.

Para que un sistema de control supervisorio pueda realizar las tareas asignadas requiere de varios elementos, cada uno con funciones específicas. En el caso de las redes eléctricas, se requiere del control supervisorio para monitorear las condiciones de la red y asimismo poder dirigir señales de mando a los dispositivos a controlar por medio de estaciones remotas ubicadas en las subestaciones y centrales generadoras.

Ya que estos sitios están geográficamente dispersos, se requiere de sistemas de comunicaciones para concentrar toda esta información en un centro de control situado en un lugar estratégico. En este centro de control, un sistema de cómputo se encarga del procesamiento, almacenamiento y presentación de la información al operador. En la figura 1.1 se representa en forma esquemática el conjunto de elementos perteneciente al sistema de control supervisorio con el que contaba la subestación eléctrica Puebla dos.

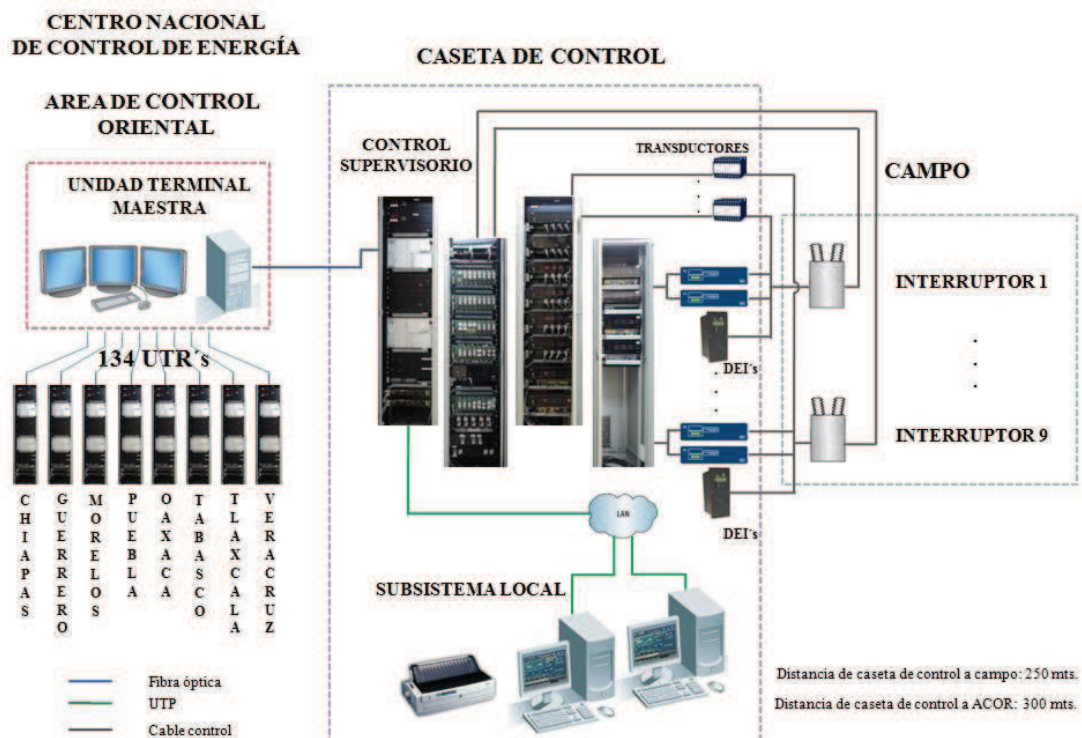


Figura 1.1 Elementos del sistema de control supervisorio anterior.

El operador toma las decisiones de acuerdo a los objetivos y metas preestablecidos, con el objeto de mantener el sistema eléctrico dentro de sus límites de frecuencia, tensión y economía.

Existen diversos esquemas de control supervisorio en CFE; a continuación se describen los empleados en la subestación eléctrica Puebla dos:

- **Subestación que reporta a una subárea de control.-** La subestación Puebla dos reporta su operación de las líneas de transmisión de 115 y 230 KV a la subárea de control regional Puebla-Tlaxcala misma que sirve como filtro para enviar información seleccionada al área de control oriental.
- **Subestación que reporta a un área de control.-** La subestación Puebla dos reporta su operación de las líneas de transmisión de 400 KV al área de control oriental.

1.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA SCADA EN CFE

En comisión federal de electricidad, el sistema SCADA consta de los siguientes elementos:

- A. **CENACE.** Centro nacional de control de energía que es la entidad responsable de controlar a distancia la operación de la red eléctrica nacional, la cual, a su vez, se regionaliza a través de áreas y subáreas de control.
- B. **Infraestructura de comunicaciones.** Son los elementos como fibra óptica, equipos OPLAT, microondas, radiofrecuencia, líneas telefónicas y enlaces rentados a TELMEX.
- C. **Protocolos de comunicación.** Como DNP 3.0, Harris, indactive 33, fuji, conitel 2020, etc.
- D. **Bases de datos** a nivel superior.
- E. **UTR's.** Unidades terminales remotas que también pueden ser subsistemas remotos (SSR) o sistemas de información y control local de estación (SICLES) remotos.

1.2.1 Unidad terminal maestra (UTM)

Es el conjunto de hardware, software, sistema de comunicaciones y mobiliario que se encuentra en las áreas y subáreas de control del CENACE, cuya función es monitorear, concentrar y procesar toda la información proveniente de las subestaciones eléctricas para operar el sistema eléctrico con la mayor eficiencia posible, en la figura 1.2 se muestran las consolas de los operadores pertenecientes a la UTM del ACOR.



Figura 1.2 Unidad terminal maestra.

1.2.2 Protocolo de comunicación

Es el lenguaje que se utiliza a través de los medios de comunicación para la transmisión de la información, datos, eventos, control y supervisión de los equipos eléctricos monitoreados en las diversas subestaciones eléctricas. Los más utilizados son:

- DNP 3.0
- HARRIS 5000/6000
- WESTON RECON 1-2

- CONITEL 2020
- SCADA CONSULTANTS
- FUJI
- IEC-101
- IEC-103/104
- UCA/MMS
- LEEDS & NORTHRUP CONITEL 2020

El protocolo de comunicación empleado en la subestación Puebla dos entre la UTM y la UTR es el DNP 3.0.

1.2.3 Bases de Datos

Se refiere a la estructura en forma de tablas donde se tiene un listado de datos en forma ordenada que nos muestra la relación de señales o puntos tanto digitales como analógicos que habrán de ser monitoreados en una subestación. Establecer la información que habrá de ser manejada por la o las estaciones maestras requiere una serie mínima de columnas entre las que se incluyen el tipo de punto, el índice (varía de protocolo en protocolo), la dirección de la remota y, en caso que aplique, la dirección de la maestra, la descripción corta, en el caso de los puntos digitales el estado 0 y 1; en los analógicos el factor de escala y una descripción detallada de cada punto.

1.2.4 Unidad terminal remota (UTR)

Equipo constituido por módulos de control con capacidad de enlace con los equipos eléctricos principales (interruptores, cuchillas, transformadores, relevadores de protección), capaces de acceder a los parámetros de medición, protección y control, así como controlar y supervisar remotamente el estado de los equipos instalados en una subestación, estableciendo

acceso a los diversos equipos de control a nivel superior. Se puede definir como un sistema que está integrado por secciones cuya arquitectura y funcionalidad permite mantener concentrados los módulos y componentes de control, protecciones, medición y comunicaciones y diseñado para futuras adiciones modulares, en la figura 1.3 se puede observar la UTR de la subestación Puebla dos.



Figura 1.3 Unidad terminal remota.

1.2.5 Subsistema remoto (SSR)

Está constituido por un conjunto de equipos definidos como sitios distribuidos que tiene como función el recabar la información y ejecución de controles, por medio de un concentrador de datos referidos a un centro de control de nivel superior, los cuales cuentan con entradas analógicas, entradas digitales y salidas digitales o controles momentáneos, en la figura 1.4 se puede ver el sitio distribuido de la subestación.

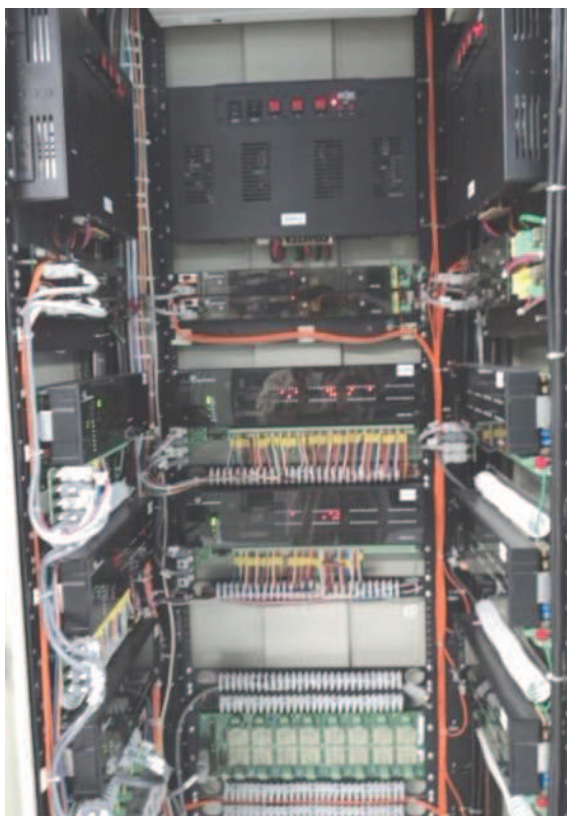


Figura 1.4 Subsistema remoto.

1.2.6 Sistema de información y control local de estación (SICLE)

El concepto de SICLE surge aproximadamente en febrero de 1994 como un esfuerzo de CFE para integrar dentro de un equipo, de arquitectura modular, el total de la información disponible en una instalación de transmisión tanto a nivel local como remoto, consta de un conjunto de equipos y programas que integran al subsistema local (SSL), subsistema de protección y medición (SSPM) y subsistema remoto (SSR).

1.2.7 Subsistema local (SSL)

Se integra por un conjunto de equipos y programación por medio de una interfaz hombre maquina equipado con software y hardware que realizan las funciones locales y remotas para la capacidad de enlace e integración con el SSR y la UTM contando con una PC con la capacidad de manejar datos históricos, alarmas y tendencias, permitiendo diseñar, crear, probar y ejecutar programas de aplicación para controlar el proceso. Así como registros de eventos, presentados de acuerdo con el tiempo del GPS, códigos de seguridad, reportes y diagramas de unifilares. Las consolas del SSL son empleadas por el operador para conocer el estado de los equipos asociados a la subestación, en la figura 1.5 se muestra el SSL de la subestación Puebla dos.



Figura 1.5 Subsistema local.

1.3 FUNCIONES BÁSICAS DE UN SISTEMA SCADA

Partiendo del interés de supervisar a distancia las diferentes plantas y subestaciones a nuestro cargo, diremos que las funciones básicas que requerimos que desempeñe el sistema SCADA son las siguientes:

- Adquisición de datos analógicos y digitales de todos los puntos de interés en un tiempo adecuado según las características dinámicas del sistema a ser supervisado y controlado.
- Control de dispositivos como interruptores, (apertura/cierre), para no tener que enviar personal al sitio cuando las maniobras se desarrollan normalmente.
- Almacenamiento de información actual e histórica del comportamiento de la red eléctrica y facilidad para la generación de reportes.
- Interfaz de hardware y software amigable con el operador que permita un manejo intuitivo del sistema.
- Esquema de seguridad para dar confianza al operador que la información que ve en los monitores es confiable y que los comandos que envíe se ejecuten correctamente en el campo.
- Soporte de comunicaciones hacia las UTR's y hacia nivel superior para poder enrutar la información hacia sus destinos programados.

1.4 HARDWARE Y SOFTWARE DE LA UTR

Esta sección trata en forma general acerca de las diferentes partes que conforman una unidad terminal remota (UTR) y de la función que desempeña cada una de ellas. La figura 1.6 representa a una UTR en forma de diagrama de bloques. Cabe aclarar que dicha figura es para fines explicativos y que la forma en que se desarrollen las funciones de la UTR va a depender de la filosofía de diseño para cada marca de equipo. De esta manera, es posible que encontremos que una UTR combina las entradas digitales y las salidas digitales en una misma tarjeta de circuito impreso.

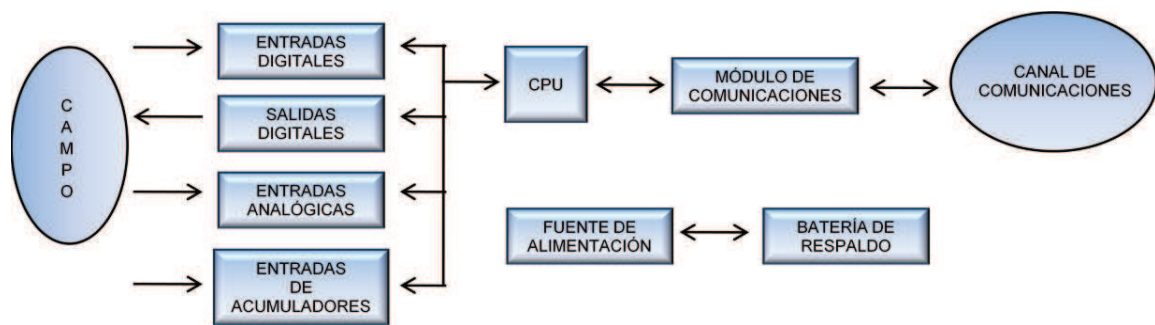


Figura 1.6 Diagrama a bloques de una UTR.

Ahora se describe desde el punto de vista funcional cada uno de los bloques que conforman una UTR.

1.4.1 Unidad central de procesamiento (CPU)

Este bloque generalmente concentra la parte inteligente de la UTR y está basado en una o más tarjetas principales procesadoras de entorno industrial de automatización y control además de la memoria requerida (RAM, EPROM y EEPROM) para ejecutar los programas particulares de la UTR, así como los módulos periféricos de entradas/salidas o puertos necesarios para comunicarse que aparecen en la figura 1.6. También contiene paneles de terminación, fuente de alimentación y equipos de comunicación. Es común encontrar en este bloque algunos micro- interruptores (dip-switch) y/o puentes que permiten configurar algunos parámetros de operación de la UTR, como pueden ser: dirección de la UTR, velocidad del canal de comunicaciones con la estación maestra o algunos otros que varían de UTR a UTR. En otros casos, estos parámetros se almacenan en algunas localidades de un EPROM o se reprograman en EEPROM a través del canal de comunicaciones o un puerto de configuración especial.

Los datos de campo recogidos a través de los módulos periféricos y dispositivos electrónicos inteligentes externos (DEI) se almacenan en la base de datos del sistema.

1.4.2 Entradas digitales

Este bloque, como su nombre lo indica, sirve de entrada a las señales digitales provenientes del campo. Son señales digitales todas aquellas que solamente tienen dos estados posibles: 0/1, alto/bajo, abierto/cerrado, etc. En la figura 1.7 se muestra un diagrama de bloques del módulo de entradas digitales donde se indican las etapas que lo forman:

- a) La señal proveniente del campo es filtrada para eliminar señales indeseables de ruido.
- b) Una vez filtrada, pasa a través de una etapa de aislamiento óptico (opto-acopladores) para proteger la delicada electrónica localizada en el interior del módulo.
- c) Finalmente llega a la lógica de control que se encarga de enviar la información de los estados actuales de cada punto al CPU. Adicionalmente, la lógica de control es capaz de detectar cambios de estado muy rápidos que ocurren en las entradas y memorizarlos para reportarlos al CPU.



Figura 1.7 Diagrama a bloques de un módulo de entradas digitales.

1.4.3 Salidas digitales

Para poder controlar remotamente a los dispositivos que se encuentran localizados en una subestación, la UTR debe estar equipada con uno o más módulos de salidas digitales. Estos se utilizan, por ejemplo, para arrancar/parar una bomba o para abrir/cerrar un interruptor de potencia.

En el caso que el módulo se utilice para controlar la posición de interruptores de potencia la lógica de verificación y selección checa que solamente se opere una salida de control al mismo tiempo. Existen 2 tipos de salidas digitales: momentáneas y permanentes. Las momentáneas se operan por tiempos de 200 ms; mientras que las permanentes se implementan en base a relés tipo latch.

El módulo de salidas digitales se puede observar en el diagrama de bloques de la figura 1.8 y consta de los siguientes elementos:

- a) Para que el CPU pueda operar una de las salidas digitales requiere enviar ciertas señales a la lógica de control.
- b) La lógica de verificación y selección valida las instrucciones enviadas por el CPU.
- c) La etapa de salida, formada usualmente por relevadores, recibe una orden de operación proveniente de la lógica de verificación y selección siempre y cuando ésta no haya detectado ningún error.

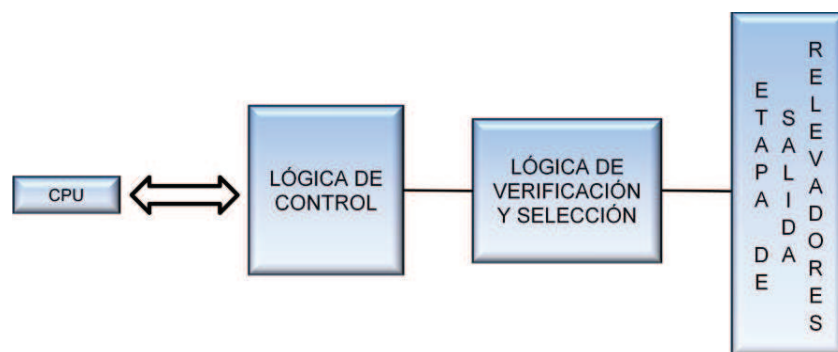


Figura 1.8 Diagrama a bloques de un módulo de salidas digitales.

1.4.4 Entradas analógicas

Además de las señales digitales que ya mencionamos, en el campo existen otras igualmente importantes que son de naturaleza continua, ejemplos de éstas son: corriente, voltaje, potencia activa y reactiva y frecuencia.

Para poder dar entrada a estas señales se requiere de módulos de entradas analógicas, como se muestra en la figura 1.9.

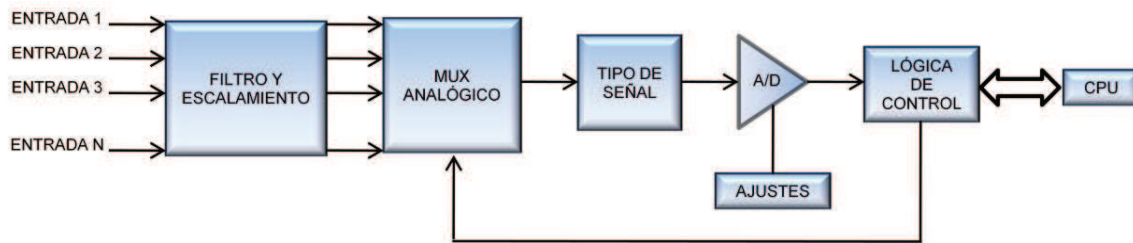


Figura 1.9 Diagrama a bloques de un módulo de entradas analógicas.

a) Las entradas provenientes del campo entran a los transductores de señal. La salida de los transductores se aplica a la etapa de filtro y escalamiento, la cual quita el ruido a la señal y además la convierte a un nivel manejable por el módulo.

b) Todas las entradas llegan a un selector (mux analógico) que deja pasar una sola señal hacia la siguiente etapa según lo seleccione la lógica de control. Esta lógica va seleccionando secuencialmente cada una de las entradas.

c) La etapa tipo de señal se utiliza para que el usuario seleccione el tipo de señales que va a introducir por las entradas, es decir, si son señales unipolares o bipolares.

d) Posteriormente, la señal llega al convertidor analógico/digital (A/D) el cual la convierte a digital para entregarla al CPU a través de la lógica de control. El convertidor tiene sus ajustes de offset y ganancia para su calibración. Los valores normales que acepta el módulo de entradas analógicas es de ± 5 Vcd o ± 1 mAcd. La resolución del convertidor es de 12 bits como mínimo.

1.4.5 Módulo de acumuladores

Los acumuladores sirven para registrar información que es de naturaleza acumulativa. Ejemplos típicos de esto son los clásicos medidores de agua y electricidad de hogares. Para acoplar estas señales a la UTR se utilizan transductores especiales que proporcionan salidas pulsantes proporcionales a la variable medida.

Existen actualmente dos maneras de implementar la función de acumuladores en una UTR. La primera es a través de un módulo de entradas digitales y, por medio de software, incrementar una localidad de memoria con cada pulso detectado.

La segunda es utilizando un módulo de acumuladores compuesto de las mismas etapas de uno de entradas digitales pero intercalando un contador binario de 12 u 8 bits para que éste cuente los pulsos en las entradas, como se puede observar en la figura 1.10.

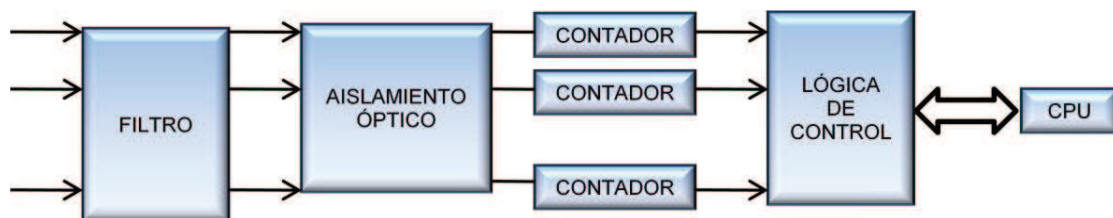


Figura 1.10 Diagrama a bloques de un módulo de acumuladores.

1.4.6 Módulo de comunicaciones

Este módulo cumple con la finalidad de manejar la tarea de transmisión y recepción de mensajes hacia o desde la maestra, así como verificar su integridad. En la figura 1.11 se muestra un diagrama a bloques del módulo.

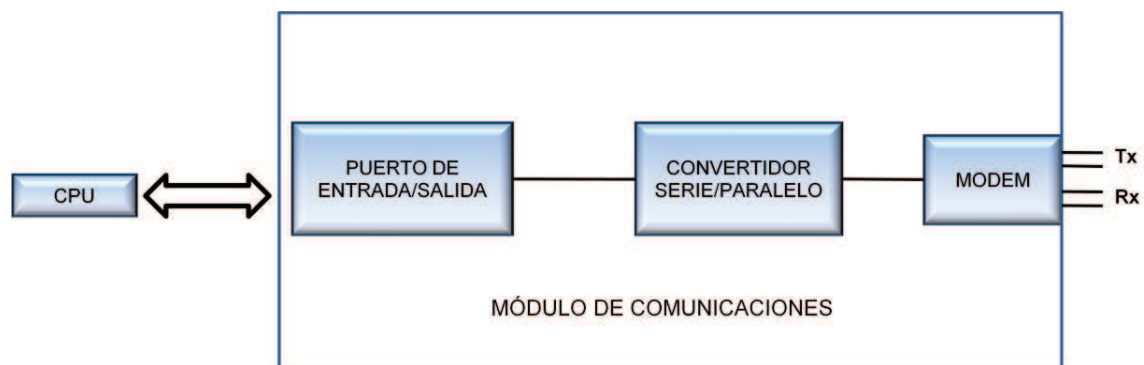


Figura 1.11 Diagrama a bloques del módulo de comunicaciones.

Está formado básicamente por un modem en el lado del canal de comunicaciones que se encarga de modular las señales a transmitir y de demodular las señales recibidas. El siguiente bloque es un convertidor serie/paralelo que hace el acoplamiento entre el modem y el puerto de entrada/salida hacia el CPU. En ocasiones, el módulo de comunicaciones contiene también un microprocesador que realiza algunas funciones de análisis y tratamiento de los mensajes. También es posible encontrar en estos casos la presencia de micro-interruptores para configurar la dirección de la UTR.

1.4.7 Fuente de alimentación y respaldo de baterías

Este bloque se compone de un rectificador que carga un banco de baterías mientras existe corriente alterna en su entrada y al mismo tiempo proporciona voltaje de CD a un convertidor de CD/CD. Dicho convertidor entrega los voltajes requeridos por la electrónica de la UTR (generalmente +5, +/-12 y +/-15 VCD). Cuando falla la CA, la batería proporciona el voltaje de CD al convertidor CD/CD para mantener funcionando a la UTR por períodos de 2 a 3 horas sin CA. En la figura 1.12 se puede observar el diagrama a bloques del módulo de comunicaciones de una UTR.

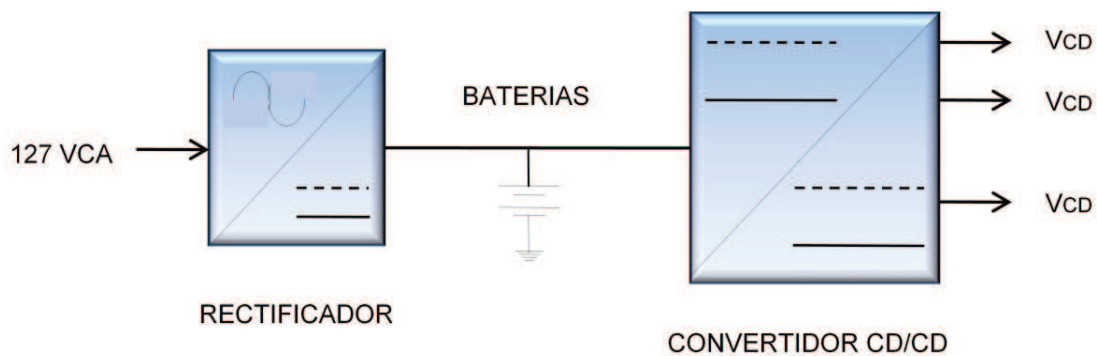


Figura 1.12 Diagrama a bloques del módulo de comunicaciones.

1.4.8 Software de la UTR

Dentro de la UTR, específicamente en el CPU, se encuentra almacenado un programa en memoria EPROM que es el encargado de llevar a cabo las funciones propias de la UTR. Este programa puede subdividirse en varias subrutinas, cada una de ellas encargada de una sola tarea, ver figura 1.13. Dichas subrutinas son:

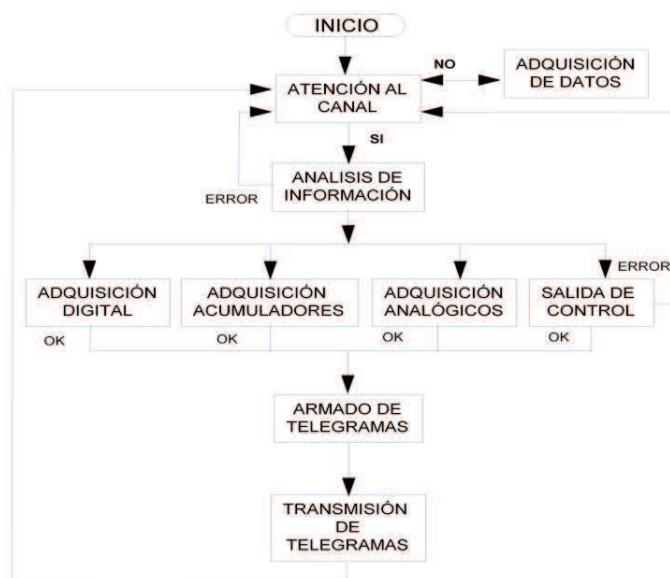


Figura 1.13 Software de la UTR.

a) Atención al canal de comunicaciones: Esta se está ejecutando periódicamente para verificar si existe algún mensaje proveniente de la UTM (casi siempre la UTR juega un papel pasivo en el sistema en el sentido de que no reporta nada a la UTM a menos que ésta lo solicite. En otros casos la UTR juega un papel activo y envía un mensaje de "atención" a la maestra cuando detecta alguna anomalía en campo).

Algunas UTR's ejecutan constantemente esta rutina hasta que reciben algún mensaje y entonces pasan a la ejecución de la rutina de análisis de información recibida.

b) Análisis de información recibida: Una vez que la rutina anterior recibe un mensaje de la UTM, pasa la información recibida a esta rutina para que la analice.

Dentro de los análisis que se practican están los siguientes:

- * Verificación de ausencia de errores (paridad, encuadre, invasión)
- * Decodificación de la dirección de la UTR en el mensaje.
- * Decodificación del código de operación e información adicional.
- * Verificación del código de seguridad (LRC CRC, etc.)

Si el mensaje recibido pasa todas las pruebas que se le practican, dependiendo del código de operación recibido, se pasa el control a una de las rutinas que se explican en los incisos (c) al (f). Si se detecta algún error entonces el mensaje es desechado y se espera a recibir el siguiente mensaje para darle el mismo tratamiento antes mencionado.

c) Ejecución de adquisición digital: Si se recibe el código de operación correspondiente a esta función, se llama a esta rutina para que el CPU, a través de los puertos y la lógica de control de los módulos de entradas digitales obtenga los estados del campo. La información adquirida se pasa a la rutina de armado de telegramas de respuesta.

d) Ejecución de adquisición de acumuladores: Similar al inciso (c) pero relacionado con los acumuladores.

e) Ejecución de adquisición analógica: Similar al inciso (c) pero relacionado con las entradas analógicas.

f) Ejecución de salidas digitales: Similar al inciso (c) pero relacionado con la operación de las salidas digitales. Este proceso es particularmente más estricto durante su ejecución debido a las implicaciones que puede traer el hecho de operar una salida equivocada. Por esta razón esta función se realiza en 2 pasos y verificando cada etapa del proceso:

PASO 1: Una vez recibido el código de operación "armar punto de control" y verificado que no existan errores, se envían las señales adecuadas a la lógica de control del módulo de salidas digitales para que "prepare" o "arme" una salida digital. Una vez armada la salida, el módulo de salidas digitales verifica que solamente se haya armado un solo punto y si no hay errores informa al CPU que todo está preparado.

PASO 2: El CPU contesta a la UTM y le informa que el punto solicitado está armado. La UTM verifica que el punto armado coincida con el que ella envió en el primer telegrama. Si no hay errores, la UTM envía un segundo telegrama para "operar punto de control", mismo que es recibido y checado por el CPU de la UTR (el CPU de la UTR espera por un tiempo determinado de alrededor de 20 a 30 segundos por este telegrama y si no lo recibe, automáticamente "desarma el punto de control" para evitar alguna operación equivocada). Si no se detectan errores, entonces el CPU procede a enviar a la lógica de control del módulo de salidas digitales las señales necesarias para "operar la salida de control seleccionada".

Una vez que se verifica la ejecución correcta de la orden, se transmite un mensaje de confirmación a la UTM para informarle que la operación se llevó a cabo correctamente.

Si se detecta algún error en cualquier paso del procedimiento, automáticamente se aborta la función y no se efectúa ninguna operación.

g) Armado de telegramas: Esta rutina es llamada por todas las rutinas de adquisición de datos y ejecución de control para preparar la respuesta que se ha de enviar a la UTM. Una vez que se arma el telegrama adecuado, se pasa el control a la rutina de "transmisión de telegramas" para enviar la respuesta a la UTM. Cuando alguna de las rutinas

mencionadas detecta algún error durante su ejecución, simplemente no llama a esta rutina y no se envía ninguna respuesta a la UTM.

h) Transmisión de telegramas: Esta rutina se usa exclusivamente para enviar los telegramas de respuesta a la UTM, así como para controlar el enlace de comunicaciones. En los casos más generales, el equipo de comunicación solo maneja las señales de TX y RX, pero en caso de enlaces vía radio, además se tiene la señal PTT.

1.5 TRANSMISIÓN DE DATOS

La transmisión de datos es el proceso de envío de información binaria de un punto a otro. Para poder llevarla a cabo, es necesaria la presencia y colaboración de varios elementos, cada uno de los cuales tiene una función muy específica.

Por ejemplo para enviar un dato de una computadora a otra se requiere:

- Interfaz con el canal de comunicaciones (al menos una en cada extremo).
- Canal de comunicaciones.
- Protocolo de comunicaciones.

1.5.1 Interfaz

Una interfaz, se define como el elemento de acoplamiento entre dos mundos diferentes. Es el componente que hace posible que una señal pueda pasar de un medio ambiente a otro de características distintas. Es posible que, en algunos casos, una señal tenga que pasar por varias interfaces antes de llegar a su destino.

Dicho lo anterior, por ejemplo, para que una señal alcance a un radiotransmisor, puede necesitar convertirse de un nivel TTL (0 y 5 Volts) a niveles RS-232 (+/- 12 Volts), después tiene que convertirse a tonos de audio pasando por un modem, para finalmente conectarse al par de transmisión del radio.

Algunos ejemplos de interfaces se muestran en la tabla 1.1.

Interfaz	Descripción
UART	Acopla la comunicación entre dispositivos de procesamiento paralelo por medio de un enlace serial
RS-232	Amplifica las señales binarias TTL a +/- 12V, permitiendo separar los equipos extremos hasta 15 metros en conexión punto a punto.
RS-485	Convierte las señales binarias TTL a +/- 5V, permitiendo separar los equipos extremos hasta varios kilómetros. Permite conexión multi-punto.
MODEM	Convierte las señales binarias RS-232 a tonos de audio para acoplarlas a canales de comunicación analógicos.
Ethernet	Permite el enlace de equipos en una Red Local (LAN).
FO XCVR	Transceptor de Fibra Óptica: Convierte las señales eléctricas en luz y viceversa.

Tabla 1.1 Ejemplos de interfaces.

1.5.2 Canal de comunicaciones

El término “canal de comunicaciones” se refiere a la vía de propagación de la información, incluyendo cables, atmósfera, vidrio y equipos que se localizan entre el transmisor y el receptor. Entre los medios de comunicación más comunes, se pueden citar:

HILO FÍSICO: Pueden ser 2 o más líneas de cable tendidas entre el transmisor y el receptor.

RADIO: Utiliza como medio de propagación para las ondas de radiofrecuencia la atmósfera. Para este tipo de comunicación, generalmente se requiere de 2 hilos para conectar la señal a transmitir, 2 hilos para la señal recibida y 2 hilos adicionales para controlar el modo de operación del radio (transmisión/recepción), denominada PTT (Push-to-Talk). El radio es un medio de comunicación que funciona en half-duplex (permite la comunicación alternada en ambos sentidos).

OPLAT: Sistema que utiliza las líneas de alta tensión para la transmisión de información en alta frecuencia. Algunas de las causas externas más habituales de fallas de comunicación en el OPLAT son los fenómenos de arqueo dentro de la subestación, daños en el dispositivo de potencial (DP) usado por el equipo o una caída de la línea de alta tensión.

MICROONDAS: Emplea dos frecuencias de operación distintas, una para transmisión y otra para recepción, que permite una comunicación en full-dúplex (en ambos sentidos, simultáneamente).

FIBRA ÓPTICA: Es uno de los medios más modernos para transmisión de datos. Funciona haciendo viajar un haz de luz (láser) a través de una fibra vítrea o plástica, en cuyos extremos se encuentran los equipos transceptores que convierten las señales binarias eléctricas en luz y viceversa. Este sistema es altamente recomendable, debido a que soporta velocidades de comunicación muy altas, tiene una gran inmunidad al ruido.

1.5.3 Protocolo de comunicaciones

Un protocolo es un conjunto de reglas que definen las interacciones entre dos dispositivos o procesos que realizan la función de intercambio de información y comandos. Estas reglas deben de ser del conocimiento de los elementos participantes en el evento.

1.5.3.1 Elementos de un protocolo de comunicaciones

Los elementos básicos de un protocolo de comunicaciones son:

- Un conjunto de símbolos llamado set de caracteres
- Un conjunto de reglas para definir la secuencia y los patrones construidos a partir del set de caracteres.
- Los procedimientos para poder determinar cuándo ha ocurrido un error en la transmisión y cómo corregirlo.

El set de caracteres consistirá de un subconjunto que es significativo para la gente, usualmente letras o números y de otro subconjunto que lleva información de control.

El conjunto de reglas que deben seguir el emisor y el receptor dan significado y definen las secuencias permitidas de los mensajes formados por los símbolos.

El procedimiento de detección y corrección de errores permite la recuperación de información errónea causada por factores externos y fuera del control de los equipos que están en ambos extremos del canal de comunicaciones.

1.5.3.2 Técnicas de seguridad

Existen varias técnicas de seguridad empleadas para certificar que la información enviada a través de un medio de comunicaciones no ha sufrido modificaciones en el camino. Para el caso de un sistema de control supervisorio, estas técnicas nos aseguran que la información recibida desde la UTR es confiable y que por lo tanto el operador tiene una visión fiel de las variables de campo en cada una de las subestaciones supervisadas. Más aún,

también nos dan la seguridad de que cuando el operador envíe un comando de apertura o cierre de un interruptor no vaya a pasarse la orden a otro dispositivo diferente del seleccionado con las respectivas repercusiones que esto pueda acarrear.

Dada la naturaleza de la información que maneja un sistema SCADA, se verifica la integridad de cada mensaje y solo se procesan aquellos que han pasado las pruebas con cien de calificación. Cuando se detecta alguna violación a las reglas de seguridad, se deben iniciar los procesos para recuperación de la información faltante:

- Ignorar el mensaje
- Solicitar nuevamente la información
- Informar al usuario de la situación

En general en los sistemas de transmisión de información, y en particular en los sistemas de control supervisorio, se emplean una o varias técnicas de seguridad, el más utilizado es el CRC.

CRC (Cyclic Redundancy Check): Se han desarrollado varios esquemas para detectar errores en sistemas de comunicación binaria utilizando lo que se conoce como codificación retro-alimentada. Estos métodos agregan información calculada en el transmisor al final de cada mensaje para permitir al receptor detectar errores de transmisión. La información agregada está matemáticamente relacionada a los mensajes y por lo tanto es redundante. El CRC se calcula usualmente dividiendo el valor binario a transmitir por una constante llamada generador polinomial. El cociente se descarta y el residuo se transmite al final del bloque de datos. El CRC es calculado generalmente por arreglos de circuitos integrados especiales o mediante un programa apoyado en tablas.

Las operaciones de control realizadas a través de un equipo de control supervisorio requieren de un grado de seguridad extra, comparadas con las simples operaciones de supervisión. Esta seguridad extra se obtiene de una manera muy sencilla, entablando un diálogo de petición y confirmación entre la estación maestra y la UTR o CHECK-BEFORE-OPERATE.

1.5.4 Protocolo DNP 3.0

El protocolo de comunicaciones DNP 3.0 (distributed network protocol) es un protocolo de sistema abierto propiedad de General Electric (GE) y está basado en la versión del estándar IEC 870-5 del modelo OSI (interconexión de sistemas abiertos) . Es uno de los protocolos SCADA con amplia difusión en el mercado eléctrico, utiliza simultáneamente las técnicas de seguridad discutidas anteriormente: CRC y CHECK-BEFORE-OPERATE, con lo que brinda un alto grado de seguridad en cuanto a la fiabilidad de la información.

El objetivo de DNP es ofrecer la mejor posibilidad de interconectividad entre varios recursos (UTR's e IEDS) en la subestación o en las fuentes de información y sus computadoras y centros de control. Esto será complementado de tal forma que la evolución del protocolo soporte la evolución de los recursos.

Cuando un dispositivo maestro necesita pedir a un esclavo que realice determinada función, se lo hace saber enviándole un mensaje donde le especifica la información requerida. De la misma manera, cuando el esclavo responde, envía los datos solicitados, junto con información adicional que le servirá al maestro para validar su procedencia y calidad.

Una trama es definida como un bloque de cabecera de longitud fija seguido por bloques de datos opcionales como se puede apreciar en la figura 1.14.

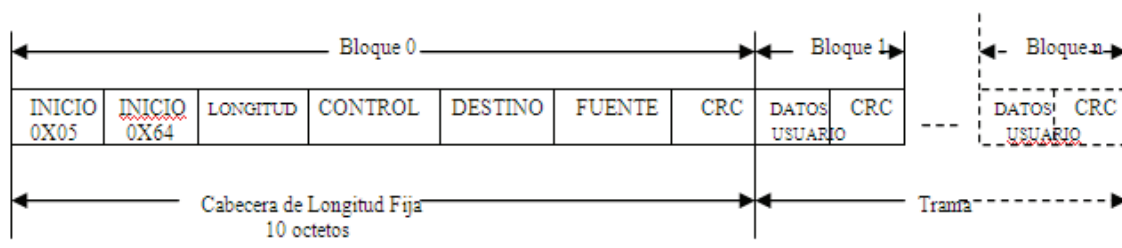


Figura 1.14 Formato de la trama DNP.

El formato elemental de un mensaje de solicitud DNP contiene hasta 9 campos, mientras que una respuesta puede contener hasta 10 campos:

Destino	Fuente	Función	Atención	Objeto	Variación	Calificador	Rango	Datos	CRC
---------	--------	---------	----------	--------	-----------	-------------	-------	-------	-----

En la tabla 1.2 se describen los campos del formato elemental de un mensaje DNP.

Campo	Significado
Destino	Dirección del dispositivo que genera el mensaje (0 – 65535)
Fuente	Dirección del dispositivo destino del mensaje (0 – 65535)
Función	Describe el propósito del mensaje (Ver Tabla 1.3)
Atención (respuesta)	Reporta situaciones especiales en el dispositivo (Ver Tabla 1.4)
Objeto	Especifica el tipo de datos (Ver Tabla 1.5)
Variación	Especifica el formato en que vienen los datos (Ver Tabla 1.6)
Calificador	Especifica cómo interpretar el campo “Rango”
Rango	Especifica la cantidad y ubicación de los datos
Datos	Contiene información adicional o datos de los puntos de una UTR (Ver Tabla 1.7)
CRC	Caracteres de Verificación (Integridad de la Información). (Ver Tabla 1.8)

Tabla 1.2 Formato elemental de un mensaje DNP.

Es importante mencionar que el modelo que se ha presentado es bastante simplificado, y tiene por objetivo mostrar la información que se intercambia entre dos dispositivos. El modelo completo contiene elementos adicionales que le permitirán a los mensajes transitar por medios de comunicación ruidosos, como podría ser una red LAN o WAN. De esta manera, existen por ejemplo, elementos que facilitan la fragmentación y desfragmentación de mensajes o que permiten detectar la pérdida de fragmentos.

En la tabla 1.3 se presentan algunas funciones que son soportadas por el protocolo DNP.

Función	Significado
0	Confirm
1	Read
2	Write
3	Select
4	Operate
13	Cold Restart
14	Warm Restart
17	Start Application
18	Stop Application
19	Save Configuration
20	Enable Unsolicited Messages
21	Disable Unsolicited Messages
23	Delay Measurement
129	Response
130	Unsolicited Message

Tabla 1.3 Algunas de las funciones soportadas por DNP.

Todos los dispositivos esclavos tienen la capacidad de reportar situaciones especiales a los maestros, para que éstos tomen las acciones pertinentes. Esta característica aplica solamente a las respuestas, no a las solicitudes, y se envía en 2 octetos. Dentro de la literatura del DNP, este campo se denomina IIN (indicaciones internas) y consta de un doble octeto que sigue después del octeto de función en todas las respuestas. Cuando una pregunta no puede ser procesada debido a los errores de formato o porque no están disponibles los datos para esta pregunta, las indicaciones internas están siempre con el bit apropiado activado. Ver tabla 1.4.

Bit	Descripción
15	Device Restart
14	Device Trouble
13	Some or All Digital Outputs in Local Mode
12	Time Sync Required from the Master
11	Class 3 Data Available
10	Class 2 Data Available
9	Class 1 Data Available
8	All Stations Message Received (Destino = 65535)
7	Reserved (Always zero)
6	Reserved (Always zero)
5	Device Configuration Corrupted
4	Request Understood, but req. Operation is already executing
3	Event Buffer Overflow
2	Qualifier, Range or Data fields not valid or Out of Range
1	Requested Object(s) unknown
0	Function Code not implemented

Tabla 1.4 Indicaciones internas del protocolo DNP.

La cabecera de objeto de un mensaje especifica cualquier objeto de datos que este contenido en el mensaje o es usado para responder a este mensaje. El formato de la cabecera de objeto es idéntico tanto para una pregunta como para una respuesta pero la interpretación de la cabecera depende de si es una pregunta o una respuesta y cual función viene con la cabecera. La tabla 1.5 muestra una lista de los objetos DNP.

Objetos	Tipo de Dato
1-9	Entradas Binarias
10-19	Salidas Binarias
20-29	Contadores (Acumuladores)
30-39	Entradas Analógicas
40-49	Salidas Analógicas
50-59	Tiempo
60-69	Clases
70-79	Archivos
80-89	Información de Dispositivos
90-99	Aplicaciones
100-109	Representación Numérica del Usuario
110-254	Expansión Futura

Tabla 1.5 Objetos DNP.

Cada objeto puede tener diferentes variaciones, lo que significa que puede entregar la información de varias maneras, según se requiera, como puede observarse en la tabla 1.6.

Objeto	Variación	Información
1	1	Single bit binary input
1	2	Binary input with status
2	1	Binary input change without time
2	2	Binary input change with time
2	3	Binary input change with relative time
30	1	32-bit Analog input
30	2	16-bit Analog input
30	3	32-bit Analog input without flag
30	4	16-bit Analog input without flag

Tabla 1.6 Variación de objetos DNP.

Para una solicitud, el campo “datos” se usa en ciertas ocasiones para enviar información adicional que es requerida por algunos mensajes (por ejemplo, el objeto 50, que se usa para sincronizar a un equipo, envía el dato de la fecha y hora). Para una respuesta, este campo se usa para enviar la información solicitada.

Dentro de este campo, cada objeto tiene la capacidad de enviar un octeto especial para indicar la calidad de los datos que está enviando, como se muestra en la tabla 1.7.

Bit	Binary Input/Output	Analog Input	Analog Output	Counter
7	State	Reserved	Reserved	Reserved
6	Reserved	Referente Check	Reserved	Reserved
5	Chatter Filter -solo Input	Over-Range	Reserved	Roll-Over
4	Local Forced Data	Local Forced Data	Reserved	Local Forced Data
3	Remote Forced Data	Remote Forced Data	Remote Forced Data	Remote Forced Data
2	Communication Lost	Communication Lost	Communication Lost	Communication Lost
1	Restart	Restart	Restart	Restart
0	On-Line	On-Line	On-Line	On-Line

Tabla 1.7 Datos de los puntos de una UTR.

Un fragmento DNP puede estar formado por un máximo de 17 bloques. Según su ubicación (0 – 16), puede contener cierta cantidad de octetos de datos. Cada bloque termina con 2 octetos de CRC, como se ilustra en la tabla 1.8.

Bloque	Datos	CRC	Total
0	8	2	10
1-15	1-16	2	3-18
16	1-10	2	3-12

Tabla 1.8 Bloques de un fragmento DNP.

El CRC del DNP se obtiene del residuo de dividir cada bloque de datos entre el siguiente polinomio:

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

La longitud del mensaje dependerá de la cantidad de información que se va a transmitir, por lo que podremos encontrarnos mensajes cortos (solo el bloque 0), medianos y largos. Cuando un fragmento no es suficiente para transportar toda la información, entonces se usan más fragmentos en este caso, el dispositivo tendrá que echar mano a unos campos adicionales, que permiten numerar cada fragmento para que el receptor pueda acomodarlos en orden y recuperar la información completa.

1.6 SISTEMAS ABIERTOS

Un sistema abierto es aquel cuya arquitectura está disponible para cualquiera que desee elaborar productos para una plataforma de hardware o de software.

Los fabricantes desarrollaron diferentes técnicas de transmisión o protocolos como respuesta a la necesidad de las comunicaciones en el área de la computación, para explotar las mayores velocidades disponibles de transmisión y para implementar los grados de control más sofisticados, pero con el inconveniente de que cada fabricante trabajaba por separado, y no existía compatibilidad entre equipos de diferentes marcas. Si un cliente compraba equipo a un fabricante quedaba comprometido en continuar con esa marca en crecimientos y expansiones futuras; su equipo instalado no podía crecer con sistemas diferentes.

Los problemas de la heterogeneidad de las redes de cómputo de una organización y la dependencia hacia un solo fabricante influyó en el desarrollo de los sistemas abiertos. Éstos buscan de manera básica lograr la independencia del hardware y software, portabilidad de la aplicación y cumplimiento de los estándares.

ISO define un sistema abierto como todo el conjunto de interfaces, servicios y formatos de soporte, además de otros aspectos de usuario para la interoperabilidad o portabilidad de

aplicaciones, datos o personas, según se especifica en los estándares y perfiles de tecnología informática.

1.6.1 Modelo de referencia OSI

El modelo OSI surgió frente a la necesidad imperante de interconectar sistemas de procedencia diversa en los que cada fabricante empleaba sus propios protocolos para el intercambio de señales, por lo que fue hecho con base en necesidades generales de todos los sistemas, de tal forma que los fabricantes pudieran apegarse a estas funciones.

El modelo de referencia para la interconexión de sistemas abiertos OSI fue aprobado por el organismo internacional ISO (International Standards Organization) en 1984, bajo la norma ISO 7498.

El modelo de referencia OSI proporciona una arquitectura de siete niveles, alrededor de los cuales se pueden diseñar protocolos específicos que permitan a diferentes usuarios comunicarse abiertamente. Las siete capas del modelo OSI se presentan en la figura 1.15.

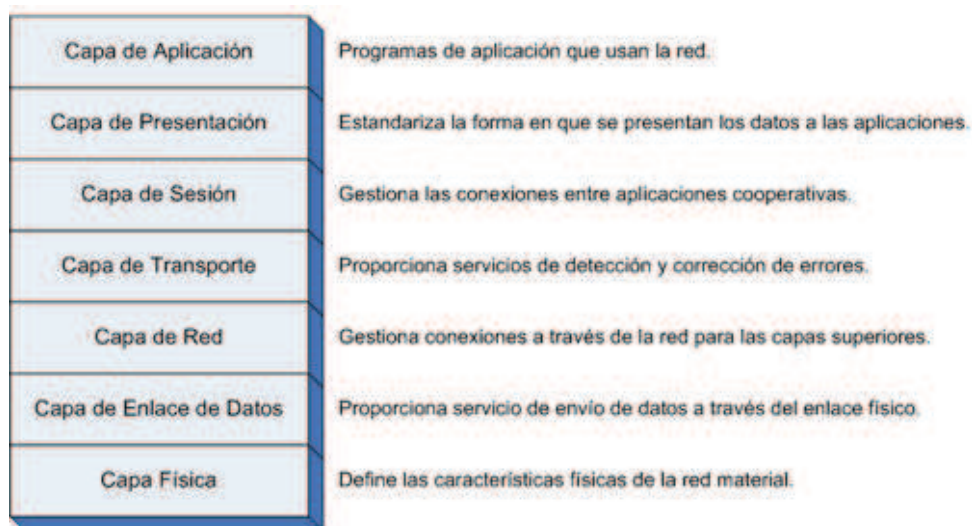


Figura 1.15 Siete capas del modelo OSI.

Las tres capas superiores aplicación, presentación y sesión son las responsables de presentar la interface de la aplicación al usuario. Las cuatro capas inferiores transporte, red, enlace y física tienen que ver con la transmisión de datos, que abarca el empaquetamiento, enrutamiento, verificación y transmisión de cada grupo de datos.

A continuación se describe la funcionalidad que abarca cada una de las siete capas del modelo OSI.

Aplicación: Es la interface con el usuario final. Su función es desplegar la información recibida y enviar datos nuevos del usuario a las capas inferiores. Proporciona los procedimientos precisos que permiten a los usuarios ejecutar los comandos relativos a sus propias aplicaciones.

Se distinguen primordialmente 3 tipos de procesos de aplicación:

- a.- Procesos propios del sistema.
- b.- Procesos de gestión
- c.- Procesos de aplicación del usuario.

Presentación: Su tarea es aislar las capas inferiores del formato de los datos de la aplicación. Convierte los datos de la aplicación a un formato común para ser enviados a las capas inferiores y viceversa cuando los datos vienen de las capas inferiores hacia la de aplicación.

El nivel de presentación define el formato en que la información será intercambiada entre las aplicaciones, así como la sintaxis usada entre las mismas. Se traduce la información recibida en el formato del nivel de aplicación a otro intermedio reconocido. Este nivel maneja servicios como la administración de la seguridad de la red, la encriptación y des encriptación, también brinda las reglas para la transferencia de información y comprime datos para reducir el número de bits que necesitan ser transmitidos.

Sesión: Esta capa organiza y sincroniza el intercambio de datos entre aplicaciones. Interviene en la coordinación de las comunicaciones entre aplicaciones diferentes, permitiendo a

cada una conocer el estado de la otra. Este nivel maneja el diálogo que se requiere en la comunicación de dos dispositivos y establece reglas para iniciar y terminar la comunicación entre los mismos.

Se pueden resumir sus funciones de la manera siguiente:

a.- Establecimiento de la conexión a petición del usuario.

b.- Liberación de la conexión cuando la transferencia termina.

c.- Intercambio de datos en ambos sentidos.

d.- Sincronización y mantenimiento de la sesión para proporcionar un intercambio ordenado de los datos entre las entidades de presentación.

Transporte: Está diseñada para proporcionar la transferencia transparente de datos de extremo a extremo y es la responsable de asegurar que los datos enviados correspondan con los datos recibidos, solicitando retransmisiones cuando sea necesario. En esta capa se maneja la fragmentación y reensamble de paquetes de datos. TCP es un protocolo de transporte. Este nivel se relaciona con las direcciones de la red, el establecimiento de circuitos virtuales y los procedimientos de entrada y salida a la red.

Red: Proporciona el enrutamiento físico de los datos, determinando la ruta entre los dispositivos. Es la capa que envía un datagrama de un dispositivo a otro en la ruta de comunicaciones. Aquí pueden ocurrir fragmentación y reensamble de datagramas. IP es un protocolo de red. El nivel de red es el responsable del direccionamiento de mensajes y de la conversión de las direcciones y nombres lógicos a físicos. También determina la ruta del mensaje desde la computadora emisora hasta la computadora receptora, dependiendo de la condiciones de la red.

Enlace: Esta capa es la responsable de corregir los errores de transmisión causados por interferencias o ruidos. Ethernet es un protocolo de enlace. Es en este nivel de enlace de datos en donde los bits tienen algún significado en la red. Esta capa debe tomar los paquetes que recibe de la capa de red y prepararlos de la forma correcta para ser transmitidos por el nivel

físico. De igual forma sucede cuando recibe paquetes o bits del nivel físico y tiene que colocarlos en la forma correcta para verificar si la información que está recibiendo no contiene errores, si los paquetes vienen en orden, si no faltan paquetes, etc. y entregarlos a nivel de red sin ningún tipo de error. Es responsable de la integridad de la recepción y envío de la información, así como de saber dónde comienza la transmisión y dónde termina.

Física: Es responsable de las especificaciones físicas, eléctricas, funcionales y de procedimientos requeridos para transmitir los datos a través de los cables o medios físicos, manteniendo y/o liberando las conexiones entre el dispositivo terminal y el punto de conexión a red o entre otros dispositivos. Aquí se definen los conectores y niveles de voltaje o corriente. En la práctica, las capas física y de enlace están contenidas en la tarjeta de red. El nivel físico es el encargado, primordialmente, de la transmisión de los bits de datos (0 ó 1) a través de los circuitos de comunicaciones. Es el nivel de comunicación física de circuitos.

1.6.2 Modelo EPA

El modelo de arquitectura para actuación mejorada o EPA es una simplificación del modelo OSI que está concebido específicamente para sistemas de telecontrol, utiliza solamente tres de las siete capas del modelo OSI las cuales son: física, enlace y aplicación. El protocolo de comunicación DNP 3.0 está basado en este modelo EPA, en la figura 1.16 se muestran las capas del modelo EPA.



Figura 1.16 Capas del modelo EPA.

1.7 SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO CONFIGURADO

En esta aplicación el sistema de control supervisorio se configuró con la finalidad de obtener la información y control de las instalaciones eléctricas a distancia desde una estación maestra con la intención de hacer posible la ejecución de controles para la apertura/cierre de interruptores, subir/bajar tap's (cambiadores de derivación de los transformadores de potencial para ayudar a mantener el voltaje en un rango determinado), bloqueo/desbloqueo de recierres, adquisición de información analógica (voltajes, corrientes, potencias activas y reactivas) y adquisición digital (señalización de posición de interruptores, cuchillas, estado de alarmas y protecciones), mediante estaciones remotas ubicadas en las subestaciones, con el fin de proporcionar un mejor servicio.

El sistema que se configuró en la subestación eléctrica Puebla dos consta de un procesador de comunicación (SEL-2032) que recolecta información de interruptores en campo a través de un módulo remoto de entradas y salidas (SEL-2505) vía fibra óptica, y en caseta de control por medio de los relevadores de protección (SEL-311C y SEL-351) y el módulo de control y adquisición de datos (MCAD, SEL-2411). Es en el procesador SEL-2032 donde se configuran los parámetros de red y el direccionamiento en DNP y se elabora una base de datos que incluye: entradas digitales (DI), entradas analógicas (AI) y salidas de control (DO) para que pueda ser interrogado por el servidor SCADA en protocolo de comunicación DNP 3.0 Lan/Wan.

En el Servidor SCADA (HARRIS D20ME II) se realiza la programación para la comunicación con tres diferentes equipos:

1. Se configuran los parámetros de red y de DNP propios del Servidor SCADA y además los del Host (SEL-2032) para que pueda existir una comunicación correcta a través de la intranet y se realiza un mapeo de la misma base de datos que en el procesador de comunicaciones para que haya una correspondencia de puntos.

2. El subsistema local (SSL) es un conjunto de equipos y programas que realizan las funciones de control local y consta de unas consolas que incluyen diagramas unifilares de la subestación, desplegados de alarmas y mediciones que muestran la información en tiempo real de la señalización de interruptores y cuchillas así como de las alarmas que operan en la subestación Puebla dos, proporcionando gráficamente valores de las entradas analógicas y permitiendo la ejecución de mandos de apertura/cierre de interruptores, subir/bajar taps, bloqueo/desbloqueo, etc. En las consolas del SSL se debe dar de alta un nuevo dispositivo, el servidor SCADA y se crea una base de datos de todas las señales que se deseen monitorear, misma que se debe generar también en el servidor SCADA para que pueda transmitir datos al SSL vía Ethernet.
3. Una subestación, además de ser supervisada localmente, desde la caseta de control, debe ser supervisada remotamente por una unidad terminal maestra (UTM) que se define como un conjunto de equipos, componentes y programación que conforman el sistema que gobierna la supervisión y telecontrol de las UTR's con procesamiento, obtención y transmisión de información así como control en tiempo real. Por lo que debe existir una base de datos común entre la UTR y la UTM y los parámetros de comunicación en DNP 3.0 para que pueda existir una comunicación correcta por medio de fibra óptica.

En el diagrama de la figura 1.17 se muestra la arquitectura del sistema de control supervisorio configurado en la subestación eléctrica Puebla dos.

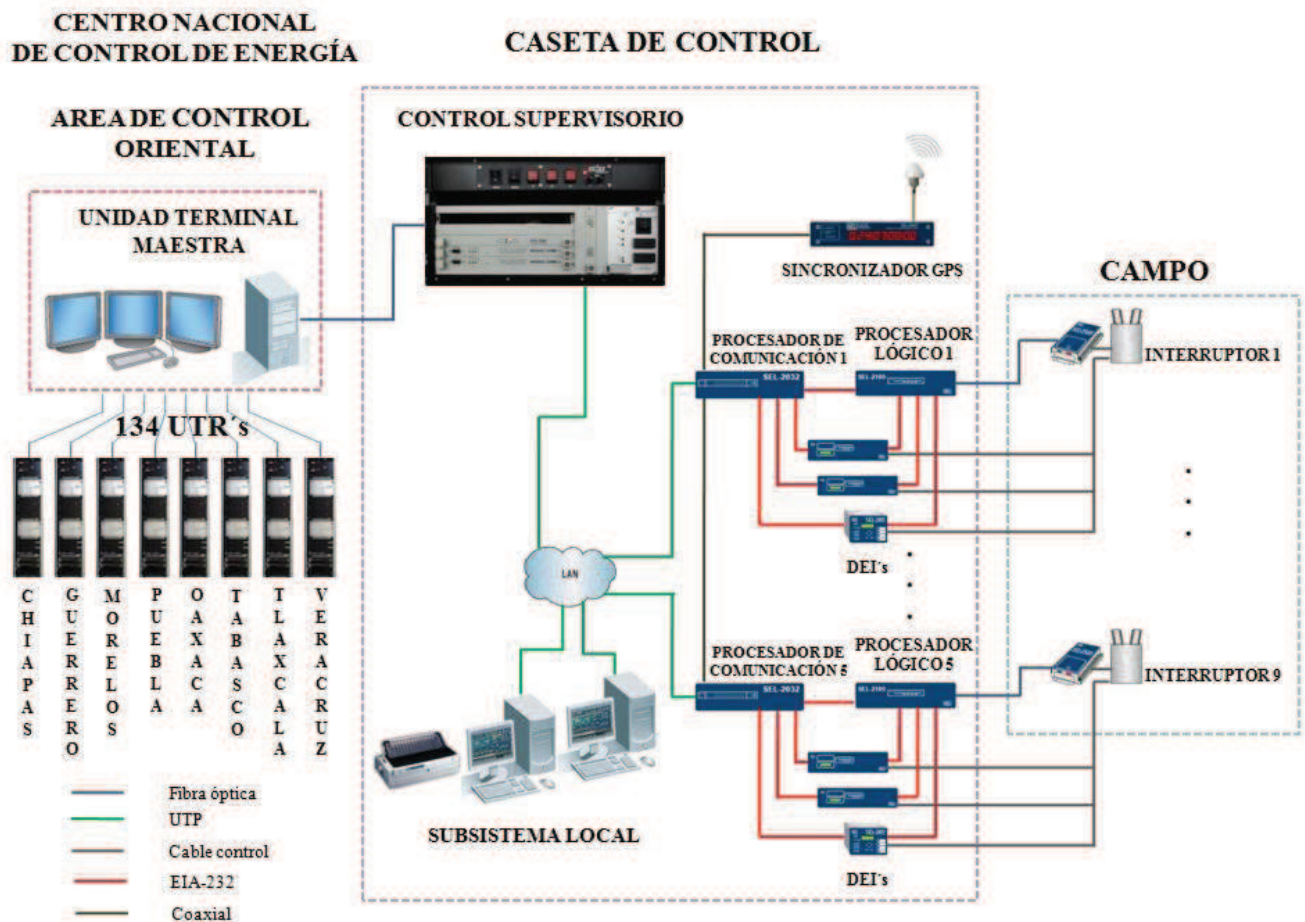


Figura 1.17 Control supervisorio configurado en la subestación eléctrica Puebla dos.

En la figura 1.18 se presenta el diagrama a bloques del sistema de control supervisorio configurado.

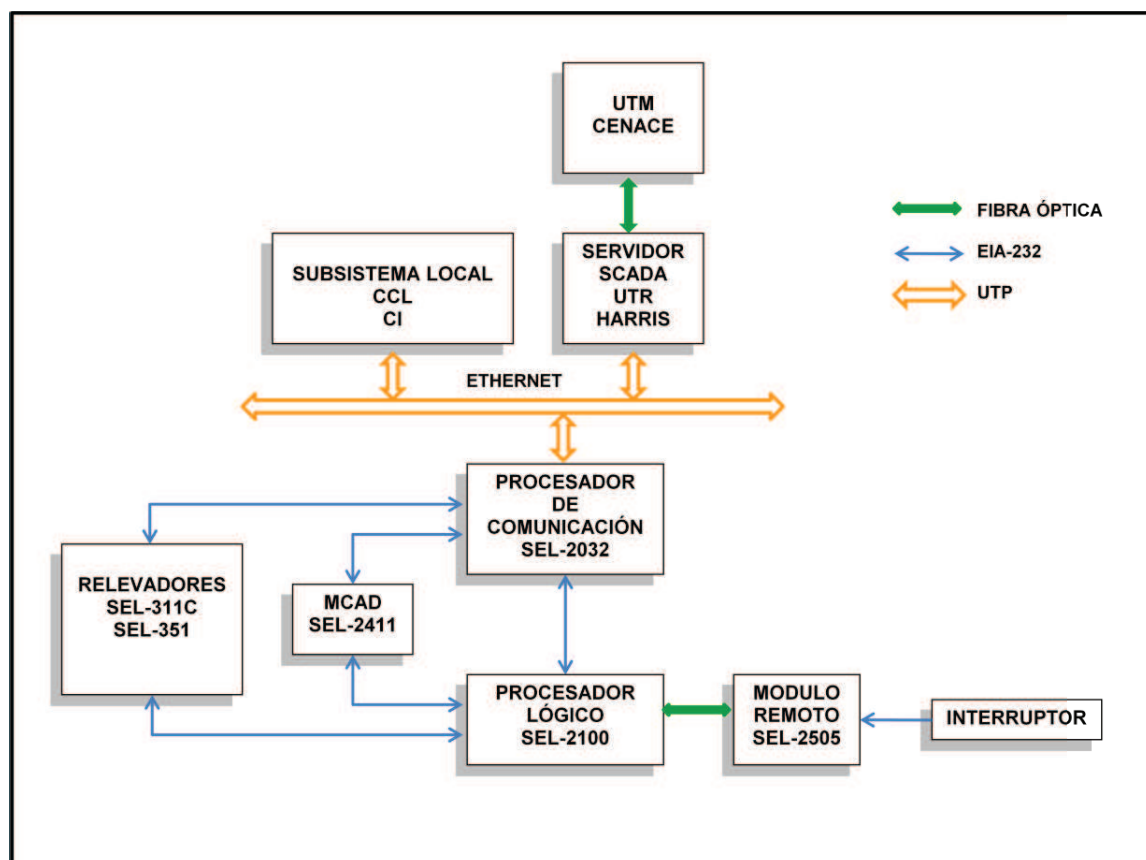


Figura 1.18 Diagrama a bloques del sistema de control supervisorio configurado.

2. CONFIGURACIÓN DE SERVIDOR SCADA D20

2.1 SISTEMA D20

El sistema D20 está concebido como una unidad terminal remota (UTR). Se compone de una o más tarjetas procesadoras, módulos periféricos de entradas/salidas, fuente de alimentación y equipo de comunicación. Estos componentes, junto con las aplicaciones de software, forman el sistema D20. En el caso de la subestación Puebla dos el D20 se habilitó sin módulos periféricos debido a que lo que se pretende es eliminar todo el cableado en cobre de las señales que llegan a estos módulos.

El D20 actúa como un concentrador de datos y procesador central. Los datos de campo son recolectados a través de los dispositivos electrónicos inteligentes (DEI's), la información que arrojan es almacenada en la base de datos del sistema y puede ser accedida por los programas de aplicación cargados en el D20.

El diseño D20 tiene dos tarjetas procesadoras montadas horizontalmente.

Muchas opciones complementarias están disponibles para el sistema D20, para proveer diferentes funciones operativas. Típicamente, los sistemas D20 consisten de un chasis principal con tarjetas de entradas/salidas de periféricos requeridas.

2.2 CHASIS D20

El chasis D20 está equipado con cinco slots horizontales de expansión para tarjetas compatibles con VME, para montar en rack de 19". El equipamiento principal del sistema D20 contiene:

- Chasis D20 VME
- Dos tarjetas procesadoras D20ME II, nodo 1 y nodo 2
- Tarjeta de expansión de memoria D20EME
- Tarjeta de red, media interface card (MIC) 10BT MIC
- Fuente de alimentación
- Cable WESMAINT de mantenimiento
- Software cargado al procesador principal
- Panel de terminación, WESTERM D20M+
- Tarjeta madre VME backplane, WESTERM D20VME

En la figura 2.1 se puede observar el panel frontal del sistema D20 con su equipamiento y en la figura 2.2 el panel trasero.

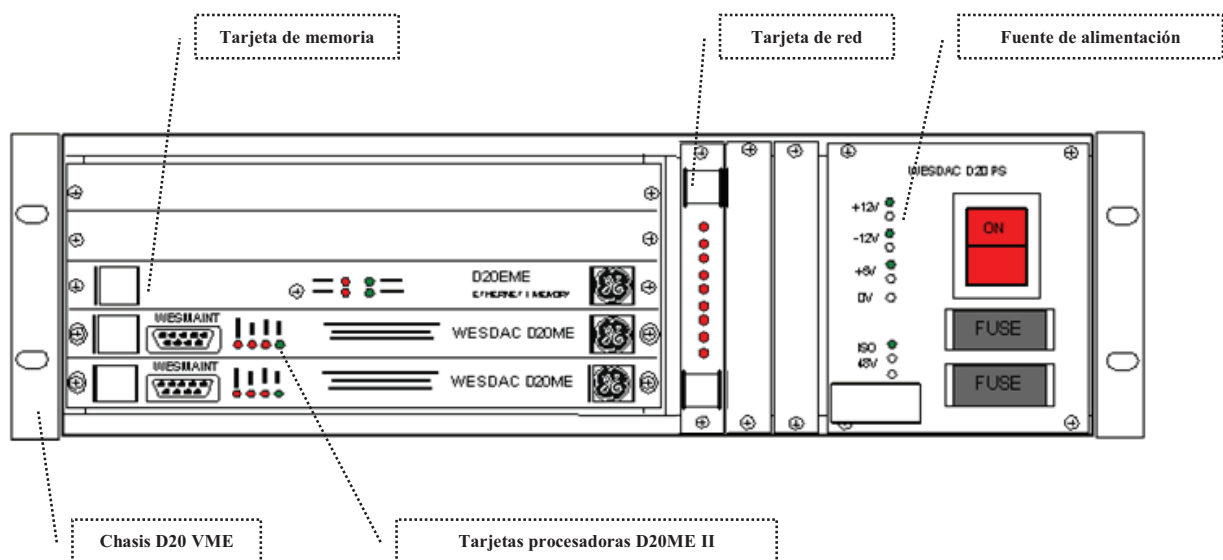


Figura 2.1 Panel frontal D20.

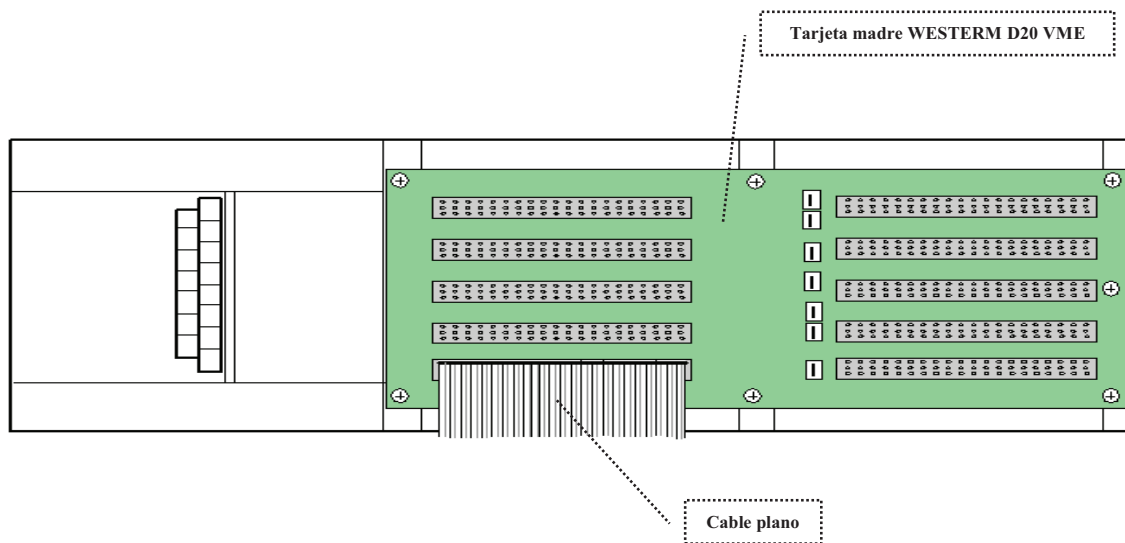


Figura 2.2 Panel trasero D20.

Los paneles de terminación, WESTERM D20M+ son montados por separado del chasis D20. La tarjeta madre WESTERM D20VME se conecta a los paneles de terminación usando cables planos, en la figura 2.3 se puede ver el panel de terminación del sistema D20.

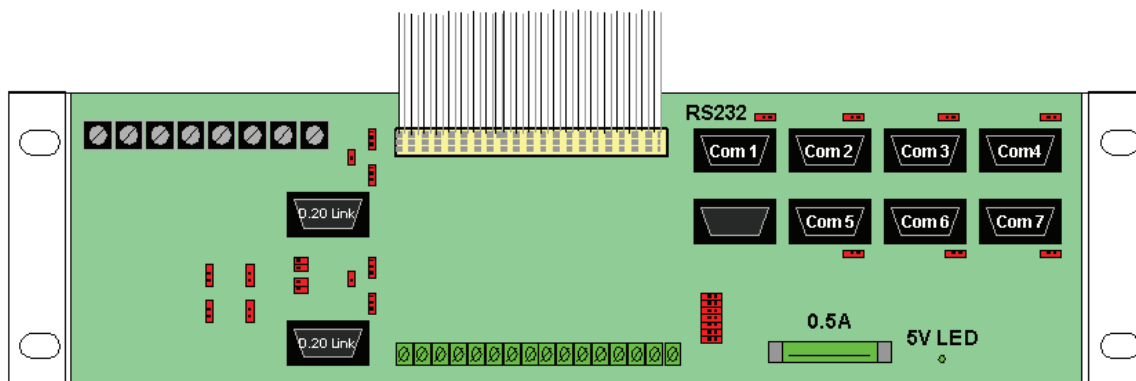


Figura 2.3 Panel de terminación WESTERM D20M+.

2.3 MÓDULO PRINCIPAL D20ME II

La tarjeta D20ME II es el módulo principal del D20, funciona como un concentrador y procesador central de datos y actúa como un controlador maestro sobre otros módulos periféricos esclavos de entradas / salidas, figura 2.4.

Las módulos periféricos de entradas / salidas realizan el procesamiento primario de los datos. Esto incrementa la velocidad y la eficiencia del D20 reduciendo la carga de trabajo del procesador principal.

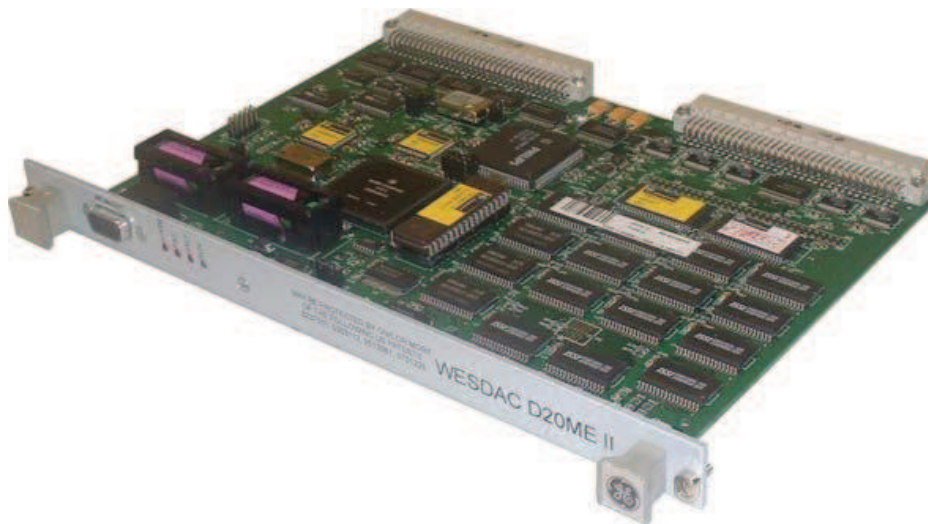


Figura 2.4 Procesador principal D20ME II.

El módulo procesador D20ME II:

- Concentra datos de los equipos de una subestación, los procesa y envía a la maestra SCADA.
- Recibe las acciones de control de la maestra y las envía al equipo primario de la subestación.
- Inicia acciones de control basado en el estado de los equipos de una subestación, dependiendo del software de aplicación soportado.

- Recibe comandos para el proceso de mantenimiento a través del puerto WESMAINT.

La interface entre el modulo D20ME II y los equipos de la subestación puede ser a través de:

- Periféricos D20 I/O.
- Ocho puertos RS-232 por cada tarjeta D20ME, uno de los cuales es el puerto de mantenimiento.
- Dos puertos Ethernet por D20.

En el caso de la subestación Puebla dos la adquisición de datos es a través de puerto Ethernet.

2.4 ARQUITECTURA SERIAL E/S

Soporta ocho canales seriales y utiliza un chip serial E/S llamado octart por los términos UART y OCTAL, los canales seriales son enrutados a los conectores DB-9 que se encuentran detrás del chasis. El canal COM0 del panel trasero también es dirigido al conector WESMAINT DB-9 en la parte delantera de la tarjeta procesadora.

La velocidad de comunicación real de cualquier puerto está limitada por la velocidad que soportan las aplicaciones individuales.

Usando el comando BAUD del monitor 68K se puede modificar la velocidad de comunicación del puerto WESMAINT. Las razones más comunes para incrementar la velocidad de este puerto son para reducir el tiempo requerido para descargar un archivo de código de aplicación a la memoria flash y para llevar a cabo una descarga de configuración del sistema D20.

2.5 FUENTE DE ALIMENTACIÓN D20 PS

Los módulos de las fuentes de alimentación, figura 2.5, montados en chasis son convertidores que operan en modo de conmutación que proveen voltaje de salida para la tarjeta D20ME II, tarjetas VME y módulos periféricos D20 E/S. Para sistemas más grandes con más de cinco periféricos D20 E/S es necesaria una fuente de alimentación externa.



Figura 2.5 Fuente de alimentación D20 PS.

2.6 TARJETA D20 EME

La tarjeta D20 EME (Ethernet/Memory Expansion), figura 2.6, es instalada en un D20 para añadir memoria expandida global y capacidad de Ethernet.

Las configuraciones de memoria están equipadas con 8 MB de RAM con respaldo de batería estática, esta memoria adicional aumenta la cantidad de datos históricos y el tamaño de la base de datos que puede ser mantenido por el D20.

Las configuraciones de Ethernet están equipadas con dos canales independientes de 10 Mbps.



Figura 2.6 Tarjeta D20 EME.

Si el sistema D20 está habilitado para Ethernet usando el tablero D20EME, entonces necesita una tarjeta de interfaz de medios de comunicación, MIC (media interface card). Hay tres tipos de tarjetas MIC, las cuales son de dos módulos de canal. Para enlazar la tarjeta D20EME principal a una tarjeta MIC se utiliza un cable de interconexión. El cable tiene dos canales de tráfico Ethernet y de alimentación para la tarjeta MIC.

2.7 SOFTWARE PARA MANTENIMIENTO

El D20 está equipado con una serie de utilidades de mantenimiento para ayudar al usuario en la configuración, probar y supervisar el sistema:

- Configpro, es una herramienta basada en PC para la configuración de hardware y software del D20 de forma remota a través una red o localmente a través del puerto de mantenimiento.

- WESMAINT es una instancia de mantenimiento que reside en el D20, se accede a través de una terminal VT100 para crear una interfaz simple para ver los datos recolectados y el estado del sistema y hacer cambios en la configuración.

Utilizando las facilidades del puerto WESMAINT, se puede acceder a pantallas de datos, tales como: entradas y salidas digitales, entradas y salidas analógicas, contadores, secuencia de eventos (SOE) y de cambio de estado (COS) de datos, información del estado de dispositivos, errores del sistema, estado del sistema y estado de la comunicación del CCU (unidad de control central) estado de la comunicación, si un sistema redundante está instalado.

- 68K Monitor es una herramienta de diagnóstico avanzado, a la cual se puede acceder a través de una terminal VT100, se utiliza para la solución de problemas, incluyendo el examen de memoria, configuración y edición de ajustes.

2.8 CONEXIONES Y CONFIGURACIÓN INICIAL

En esta sección se muestra la configuración de puentes externos en las tarjetas y como realizar las conexiones de cableado de voltajes de alimentación.

2.8.1 Configuración módulo principal D20ME II

En la figura 2.7 se muestran los puentes de configuración y algunos componentes de la tarjeta D20MEII.

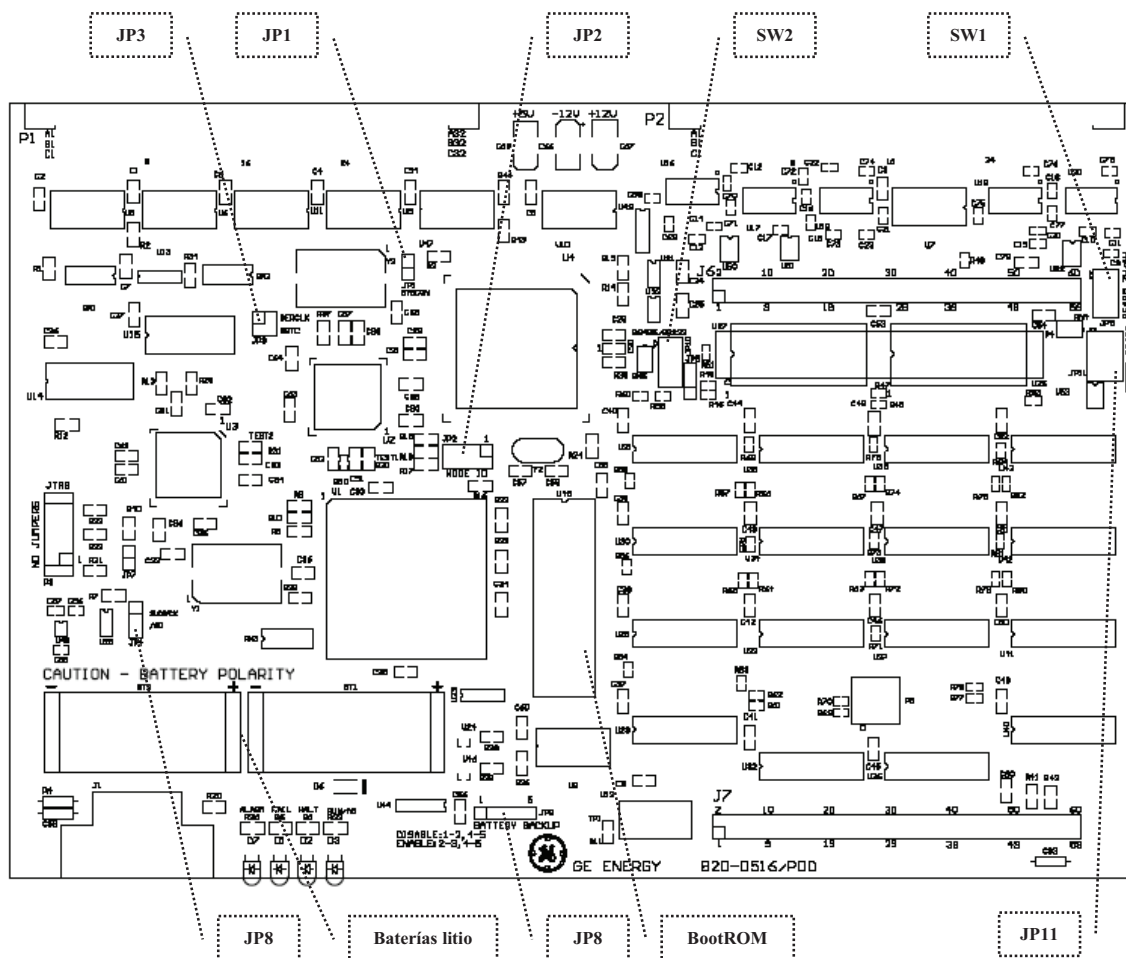


Figura 2.7 Puentes de tarjeta D20ME II.

En la tabla 2.1 se resumen las configuraciones de puentes para el procesador principal D20ME II, para el caso de la subestación Puebla dos se configuraron los nodos 1 y 2.

Nota: La configuración de D20 nodo simple es la predefinida de fábrica.

Función de tarjeta	JP1 Maestro / Esclavo	JP2 Bits de dirección VME				JP3-1 RTC - SERCLOCK	JP3-2 RTC - BTR C
		4	3	2	1		
Single Node D20 (Ver nota anterior)	OUT	IN	IN	IN	IN	OUT	IN
Nodo #1	OUT	IN	IN	IN	OUT	IN	IN
Nodo #2	IN	IN	IN	OUT	IN	IN	OUT
Nodo #3	IN	IN	IN	OUT	OUT	IN	OUT
Nodo #4	IN	IN	OUT	IN	IN	IN	OUT
Nodo #5	IN	IN	OUT	IN	OUT	IN	OUT
Nodo #6	IN	IN	OUT	OUT	IN	IN	OUT
Nodo #7	IN	IN	OUT	OUT	OUT	IN	OUT
Nodo #8	IN	OUT	IN	IN	IN	IN	OUT

Tabla 2.1 Configuración de nodos en tarjeta D20ME II.

El puente JP1 de control VME configura el rol maestro o esclavo de la tarjeta en el bus VME.

Nota: Los sistemas D20 de nodo simple siempre se configuran como maestro.

El grupo de 4 puentes JP2 de dirección VME configuran la dirección de la tarjeta en el bus VME. La dirección debe reflejar la posición de la tarjeta en el chasis CCU D20.

JP3-1 y JP3-2 determinan la fuente del reloj en tiempo real (RTC) para cada tarjeta D20ME II en un CCU, los nodos simples y el nodo 1 de un sistema D20 usan su reloj interno, los nodos 2 al 8 deben sincronizar sus relojes al nodo 1.

El jumper JP4 de dos posiciones habilita o deshabilita el hardware watchdog, JP4 en los pines 1 a 2 deshabilita el hardware y en 3 a 2 lo habilita.

La tarjeta D20ME II tiene dos baterías de litio de 3.6 V, tadiran TL-2150 o equivalente, para mantener los contenidos NVRAM en caso de una falla en la alimentación, con el puente JP8 en los pines 1 a 2 se desconectan las baterías y en los pines 3 a 2 se conectan las baterías.

Los puentes JP5, JP6 y JP7 no son configurables por el usuario. Son sólo para pruebas de fábrica.

Cuando se configura en modo RS-485 cada canal de puerto de comunicación serial, con el interruptor SW1, se elige configuración a dos hilos con el interruptor en ON y a 4 hilos con el interruptor en OFF. RS-232 es la configuración predeterminada de fábrica para el procesador D20ME II con el interruptor en OFF, como se puede apreciar en la tabla 2.2.

SW1 (pines)	Puerto Com serial	RS-485 2 hilos	RS-485 4 hilos	RS-232
1-16	1	ON	OFF	OFF
2-15	2	ON	OFF	OFF
3-14	3	ON	OFF	OFF
4-13	4	ON	OFF	OFF
5-12	5	ON	OFF	OFF
6-11	6	ON	OFF	OFF
7-10	7	ON	OFF	OFF

Tabla 2.2 Configuración de comunicación serial RS-485 a 2 y a hilos en tarjeta D20ME II.

El interruptor SW2 permite que cada canal de puerto de comunicación serial sea configurado en modo RS-485 (RS-422) con el interruptor en ON, o en configuración predeterminada de modo RS-232 con el interruptor en OFF, como se muestra en la figura 2.3.

SW2 (pines)	Puerto Com serial	Modo RS-485(RS-422)	Modo RS-232
1-16	1	ON	OFF
2-15	2	ON	OFF
3-14	3	ON	OFF
4-13	4	ON	OFF
5-12	5	ON	OFF
6-11	6	ON	OFF
7-10	7	ON	OFF

Tabla 2.3 Configuración de comunicación serial RS-485 o RS-232 en tarjeta D20ME II.

El puente JP11 siempre es instalado en conjunto con un canal de puerto de comunicación serial. La posición de puente depende de si el canal ha sido seleccionado en modo RS-232 o RS-485., ver tabla 2.4.

Puerto Com serial	RS-232 habilitado JP11 (pines)	RS-485(RS-422) habilitado JP11 (pines)
1	1-2	2-3
2	4-5	5-6
3	7-8	8-9
4	10-11	11-12
5	13-14	14-15
6	16-17	17-18
7	19-20	20-21

Tabla 2.4 Configuración de comunicación serial RS-485 o RS-232 en tarjeta D20ME II.

Las tarjetas principales D20ME II son a alimentadas a través de la tarjeta madre de bus VME WESTERM D20.

2.8.2 Paneles terminales WESTERM D20+

Las conexiones de voltaje a los paneles terminales WESTERM D20M+ se hace en bloques de conectores TB1, como se puede ver en la figura 2.8.

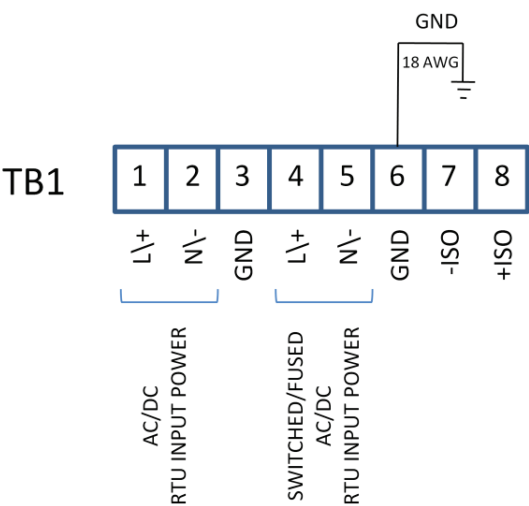


Figura 2.8 Tablilla de conexiones de voltaje de paneles WESTERM D20M+.

Las terminales 1 y 2 son utilizadas para conexiones de entrada de voltaje basadas en fuente de alimentación WESDAC D20, 4 y 5 se usan como una fuente de alimentación auxiliar con interruptor, 7 y 8 son usados externamente para voltajes de estados o contactos y diversas conexiones de voltaje.

2.8.3 Configuración de tarjeta D20EME

La tarjeta principal D20EME no tiene puentes o interruptores para definir parámetros tales como: interrupciones VME, dirección de bus Ethernet, dirección de inicio de memoria

global y tamaño de memoria global, es decir, el D20EME es un producto que se auto-configura. Esta tarjeta de expansión de memoria no tiene opciones configurables por el usuario.

La figura 2.9 identifica la ubicación de los componentes clave de la tarjeta D20EME.

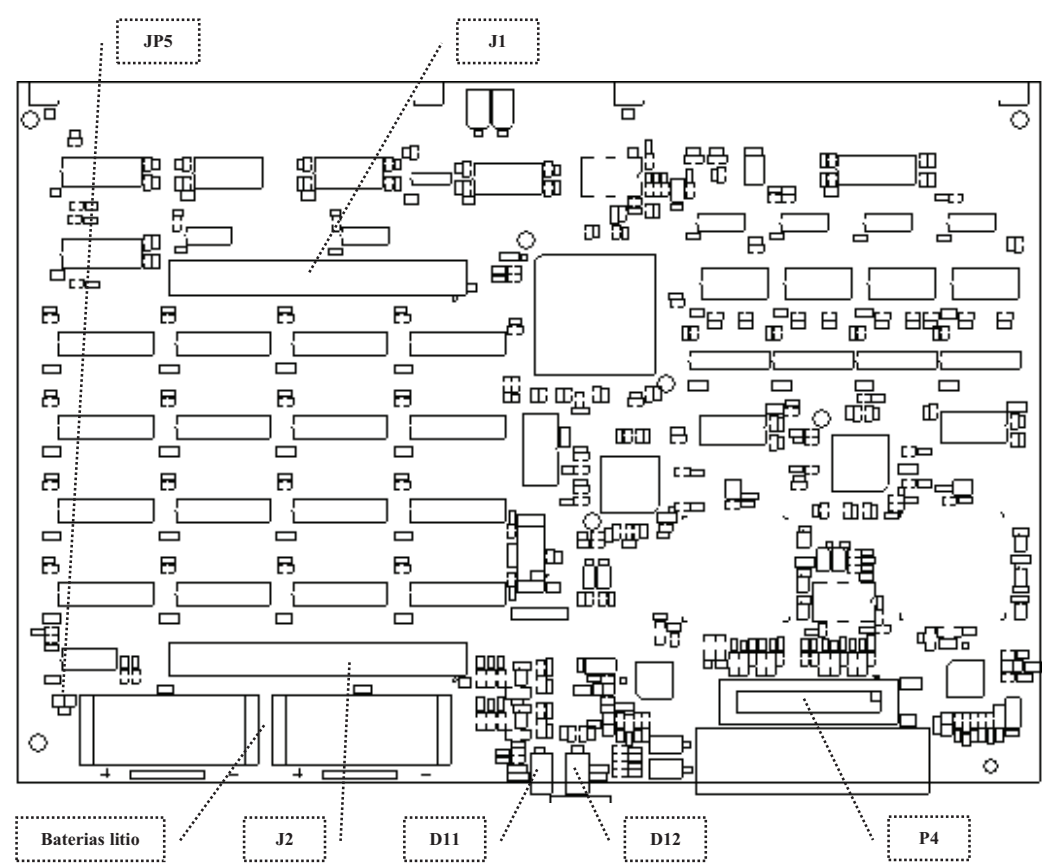


Figura 2.9 Componentes tarjeta principal D20EME.

En la tabla 2.5 se describe la función de los principales componentes de la tarjeta principal D20EME.

Componente	Nombre	Función
JP5	Puente de desconexión de batería	Este puente es removido cuando se almacena la tarjeta por periodos prolongados.
BT1, BT2	Baterías de litio	Mantienen la memoria NVRAM en caso de una falla en el suministro de alimentación.
J1, J2	Conectores	Se utilizan para conectar la tarjeta hija opcional de expansión de memoria.
P4	Conector	Enlace para alimentación y comunicación al conector de interfaz de medios MIC.
D11-A	BATT 1, led de batería 1	Se enciende cuando el voltaje de la batería cae por debajo de 3 V. reemplace la batería de inmediato.
D11-B	BATT 2, led de batería 2	
D12-A	POWER LED, led de alimentación	Indica que la alimentación de +5 Volts está disponible.
D12-B	ACCESS LED, led de acceso	Indica que el D20EME está siendo accedido desde el bus VME.

Tabla 2.5 Función de los principales componentes de la tarjeta D20EME.

2.8.4 Configuración de tarjeta 10BT MIC

Cada uno de los dos canales en la tarjeta MIC incluye un conjunto de puentes para habilitar o deshabilitar los distintos modos de operación.

La tabla 2.6 especifica las configuraciones de puente para activar o desactivar los modos de funcionamiento de cada uno de los dos canales de la tarjeta MIC 10BASE-T:
Nota: La configuración predeterminada de puentes es: JP1 y JP2 7-8 dentro, todos los otros puentes fuera, deshabilitando el modo SQE test. Este es el modo por lo general se utiliza con 10BASE-T Ethernet redes centrales.

Puente JP1 (Canal 1) y JP2 (Canal 2)				Modo de Operación		
1-2	3-4	5-6	7-8	SQE Test	Link Test	Jabber
Out	Out	Out	In	Deshabilitado	Habilitado	Habilitado
Out	Out	In	Out	Deshabilitado	Deshabilitado	Deshabilitado
Out	In	Out	Out	Habilitado	Deshabilitado	Habilitado
In	Out	Out	Out	Habilitado	Habilitado	Habilitado

Tabla 2.6 Configuración de puentes de tarjeta 10BT MIC.

2.9 CABLE WESMAINT DE MANTENIMIENTO

Como ya se mencionó anteriormente, para poder realizar la configuración, pruebas y supervisión del sistema a través de una terminal VT100 se necesita conectar, con el cable de mantenimiento WESMAINT, una computadora y el módulo principal D20 (tarjeta D20ME II).

La función de los pines de los conectores DB-9 del cable WESMAINT es la mostrada en la figura 2.10.

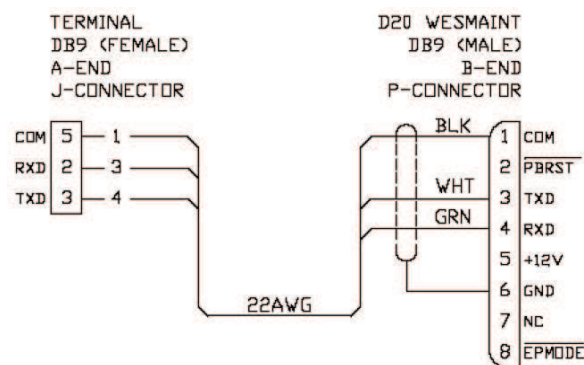


Figura 2.10 Señales del cable WESMAINT.

2.10 ENCENDIDO Y PRUEBAS

Se debe revisar que el nivel de entrada de la fuente de alimentación D20-PS es el correcto de 20 a 60 VCD, en este caso se alimentó con una fuente de 48 VCD.

Una vez que se ha hecho todo el cableado y las conexiones de comunicaciones y que se ha completado la configuración del hardware necesaria, el siguiente paso es encender el D20 y verificar que funcione correctamente. El D20 arranca automáticamente cuando se enciende la alimentación. Se realizan pruebas de auto diagnóstico seguidas por la generación de todas las aplicaciones de software que residen en la memoria de la unidad.

Las pruebas de diagnóstico generan mensajes de PASS o FAIL que pueden ser visualizados en la pantalla del emulador de terminal WESMAINT. También se pueden ver los resultados del proceso de generación de aplicaciones.

Las pruebas de PAS/FAIL se llevan a cabo en:

- Memoria de arranque BootROM
- RAM de usuario
- Memoria RAM no volátil NVRAM
- Memoria EPROM
- Proceso de raíz (Root process)

Los auto diagnósticos también pueden realizar la medición del tamaño de memoria en: RAM, EPROM y NVRAM.

2.11 CONFIGURACIÓN DE SOFTWARE D20

El D20ME tiene software base instalado de fábrica que reside en el BootROM. Cuando es encendido por primera vez, el sistema base construye un archivo de encabezado de configuración predeterminada en la memoria NVRAM. La configuración predeterminada permite al D20ME iniciar y ejecutar el monitor 68K, que se utiliza para realizar la descarga necesaria de software al D20ME.

Los archivos de código y configuración específicos para un proyecto han sido descargados en fábrica.

Para satisfacer los requerimientos de operación completos de un sistema específico de UTR, la tarjeta procesadora principal D20ME requiere que sean cargados dos archivos validos:

- Un archivo de código, que reside en la EPROM o la memoria flash.
- Un archivo de configuración, el cual consiste en aplicaciones y que reside en la NVRAM.

2.12 PROGRAMA CONFIGURADOR CONFIGPRO 6

El programa configurador del Servidor SCADA HARRIS (D20) se llama Configpro y está basado en Windows, es una herramienta que ayuda a gestionar la información asociada con la unidad terminal remota.

Configpro es un programa de 32 bits que transfiere archivos de configuración desde una computadora hasta el NVRAM de un DEI, vía directa serial y por conexión IP-LAN.

La estructura básica de directorios del Configpro es una pirámide de cuatro niveles, en la que una ventana está asociada con cada nivel de la pirámide, como se ilustra en la figura 2.11.

En la base de la jerarquía, las tablas de datos proporcionan las partes componentes de la siguiente capa, las aplicaciones de software. En el nivel de dispositivos, el hardware y software se combinan en unidades terminales remotas. En la parte superior de la jerarquía, las UTR's trabajan juntas en grupos conocidos como proyectos de cliente, sitios y subestaciones.

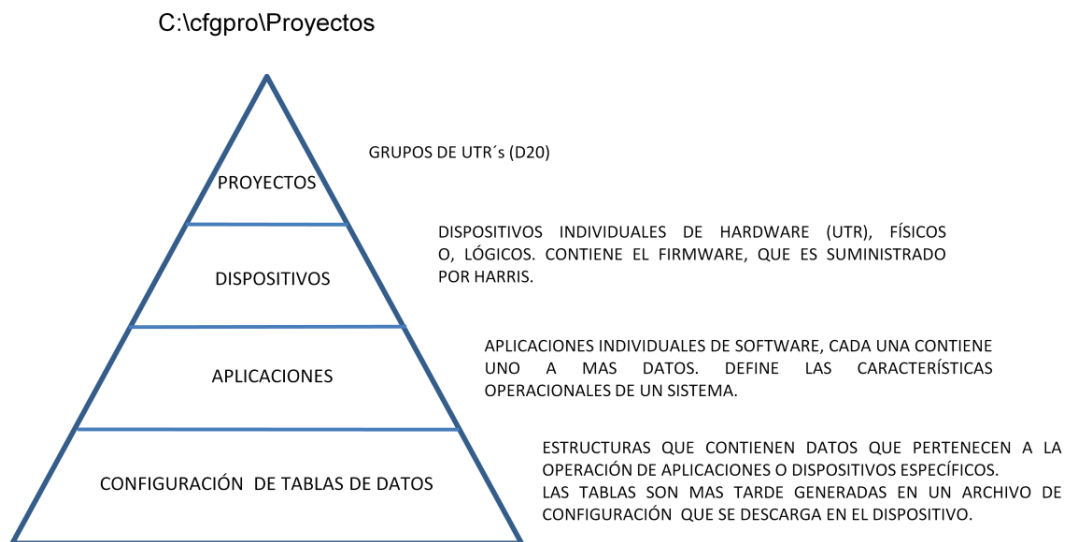


Figura 2.11 Estructura de directorios del Configpro.

2.13 ELABORACIÓN DEL PROYECTO EN CONFIGPRO 6

El nombre de proyecto es usado para identificar un subdirectorio en el cual los archivos de configuración son creados y guardados para un equipo, este nombre, en sí mismo, origina un número de catálogo tipo alfanumérico usado para identificar la orden de un equipo.

El procedimiento que se debe seguir para la elaboración de un proyecto en el programa configurador es el siguiente:

- Selección de aplicaciones que deben ser cargadas en las tarjetas procesadoras D20ME II.

- Creación del firmware de cada tarjeta D20ME II.
- Creación del dispositivo.
- Configuración de las propiedades del proyecto.
- Configuración de aplicaciones.

2.13.1 Selección de aplicaciones

Las tarjetas procesadoras D20ME II, nodo 1 y nodo 2 tienen pre cargadas aplicaciones, de acuerdo a las necesidades de un proyecto, tales como, protocolo de comunicación, enlace con dispositivos, medios de comunicación, etc. Al elaborar el proyecto se deben incluir las aplicaciones que tienen los nodos. Para conocer cuáles son estas aplicaciones se tiene que acceder a los nodos a través del emulador de terminal del Configpro mediante conexión con cable WESMAINT. El procedimiento que se realiza para seleccionar las aplicaciones que debe llevar el proyecto es el siguiente:

1. Acceder a cada nodo por medio del emulador de terminal del Configpro e ingresar el usuario: **westronic** y la contraseña: **rd**. Para poder visualizar las aplicaciones que vienen pre cargadas en cada nodo se teclea el comando **ver**, figura 2.12.

```

      Login:          westronic
      Password:       **
ector = 8  PC = 11AF90
Fault Address is 2

Welcome to the D20ME System Monitor!

Checking FLASH contents...
FLASH contains data.

D20MES>ver
```

Figura 2.12 Pantalla monitor del sistema D20ME.

Nota: Con el comando **ver** se muestran, además, las versiones de las aplicaciones, figura 2.13.

```

D20MES>ver
P130-0, GE Energy Services. CCUME BOOTROM: V2.04 RELEASE: 03 Dec 2003
pSOS 68020 Version 4.1
NAME          VERSION  LEVEL  TARGET    DATE
A166-0        101      000    D20M      04/16/99 15:42
A078          608      000    D20M      01/30/01 11:17
B012          112      000    D20M      07/07/98 19:14
A118          100      000    D20M      03/28/94 09:36
B051-0        131      000    CCU       02/15/00 14:00
B081-0        101      000    CCU       02/03/00 11:09
B082-0        210      000    CCU       09/15/04 16:38
A173-0        100      000    D20M      01/24/00 16:22
B052-0        332      000    D20M      09/15/04 16:01
B013-0        541      000    D20M      05/16/03 13:30
B015-0        520      000    D20M      05/12/03 16:15
B020          206      000    D20M      12/30/99 14:23
B021-0        971      000    CCU       05/21/04 17:12
B023-0        746      000    D20M      09/15/04 15:54
B054-0        141      000    CCU       06/12/03 14:45
B100-0        136      000    D20M      07/06/04 16:17

```

Figura 2.13 Aplicaciones y versiones desplegadas con comando ver.

2. Se copian las aplicaciones desplegadas por cada nodo en un archivo de texto para saber cuáles van a ser instaladas desde el disco del programa Configpro.
3. Desde el menú principal del programa Configpro, en **Tools** se abre la opción **application installer** para poder instalar las aplicaciones necesarias para el proyecto, en seguida aparecerá la ventana de la figura 2.14 donde se debe seleccionar la opción “Install a number of applications you select”.

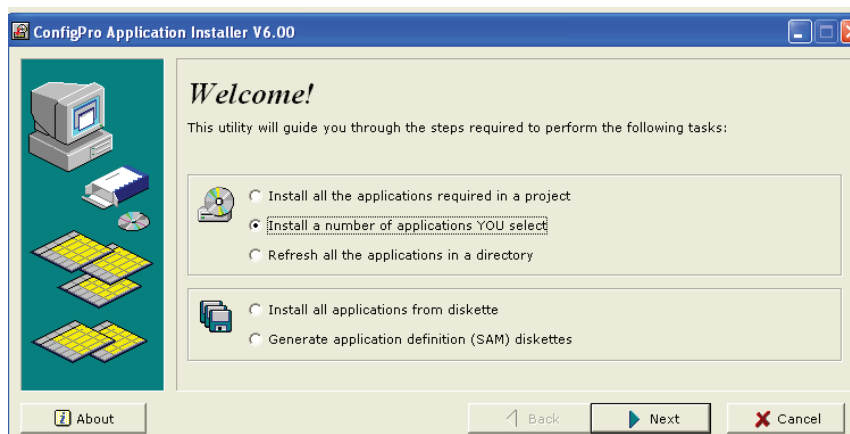
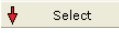


Figura 2.14 Ventana de instalación de aplicaciones del programa Configpro.

Nota: Al elegir “Next” se debe seleccionar el directorio fuente del disco de aplicaciones, en este caso es E:\DEFNS\APPLDEF.

4. En la Figura 2.15, aparecen las aplicaciones disponibles en el disco de Configpro. En el campo Appl Id Search se escribe el nombre de la aplicación que se desea agregar al proyecto y después se da clic en el botón select  para que esta sea agregada. Una vez seleccionadas las aplicaciones serán agregadas a la lista Selected Applications, se deben incluir todas las aplicaciones que vienen pre cargadas en el nodo.

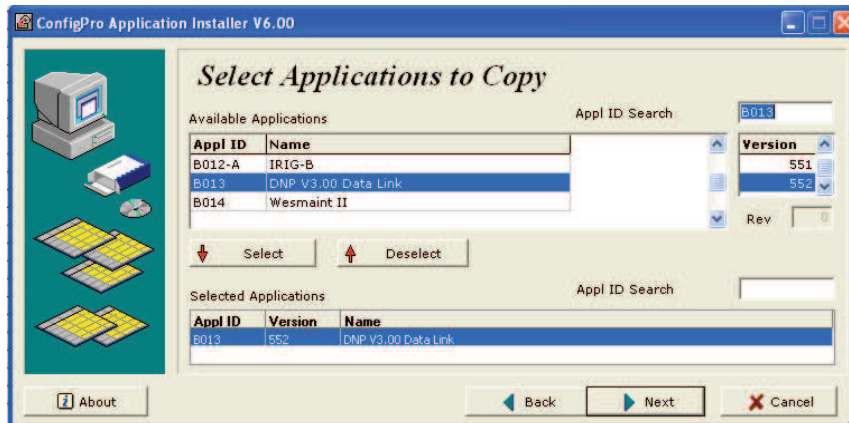


Figura 2.15 Ventana de selección de aplicaciones a copiar del programa Configpro.

5. Por último se selecciona el directorio en donde serán cargadas dichas aplicaciones, C:\cfgpro\Appldef.

2.13.2 Creación de firmware

Un listado de software es creado por ingenieros en sistemas de GE Energy Services identificando las características y funcionalidad que son requeridas para el sistema que se ha solicitado. Los distintos módulos de software son ensamblados y compilados en un archivo binario. Este archivo es usado para programar la EPROM o flash ROM y es conocido como firmware, que será instalado en el módulo procesador principal.

Las características de muchas de las aplicaciones de software incluidas en el firmware de los DEI's requieren configuración personalizada antes de que puedan ser usadas, para realizar

esto, se deben cargar los archivos de definición de aplicaciones correspondientes para cada aplicación en el firmware de cada DEI.

Ahora se procede a crear el firmware de cada nodo, en el proyecto, mediante el siguiente procedimiento:

1. En la opción **Device** del menú principal del programa Configpro se elige la opción **Firmware** mostrando la ventana de Firmware Library, aquí se selecciona el botón de New, desplegando la ventana de la figura 2.16, donde se especifican los datos de cada nodo.

Figura 2.16 Ventana de información del firmware del programa Configpro.

2. En la pestaña **Applications** se seleccionan las aplicaciones con sus respectivas versiones que se necesitan en cada nodo, esto con respecto al listado de aplicaciones que se describió en el punto dos del capítulo 2.13.1, figura 2.17.

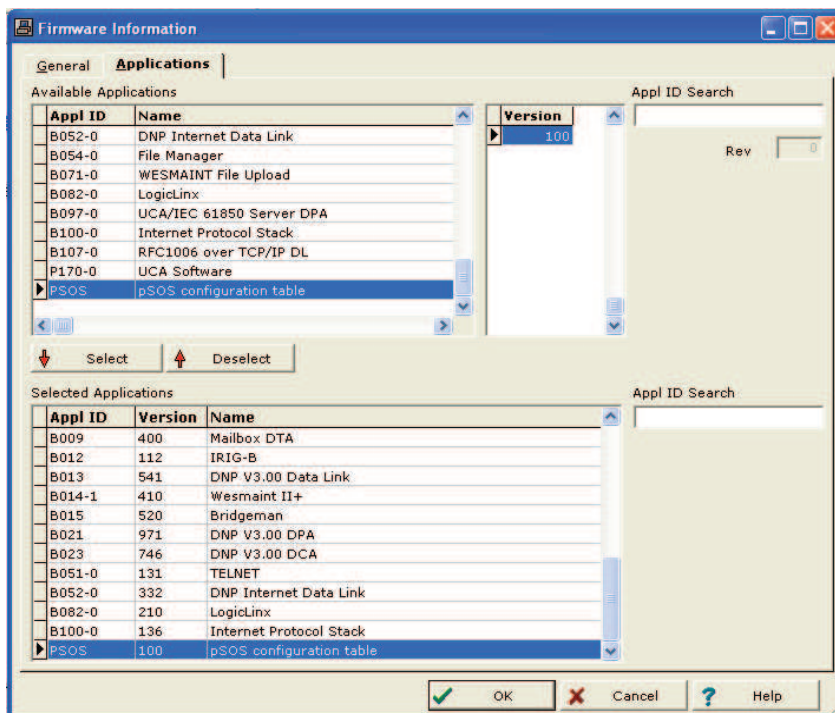
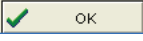


Figura 2.17 Ventana de aplicaciones de firmware del programa Configpro.

Nota: Se debe dar clic en el botón  para guardar los cambios del firmware de los nodos.

2.13.3 Creación del dispositivo D20

Un dispositivo puede ser creado una vez que se tiene un proyecto definido y un firmware adecuado para el dispositivo. El desarrollo de un dispositivo implica la creación de un conjunto de archivos que están listos para ser editados en una configuración actual.

Los pasos que se deben seguir para crear el dispositivo en el proyecto son:

1. En la opción **Device** del menú principal del programa Configpro se elige la opción **New**, mostrando la pantalla de la figura 2.18, aquí se elige el Multiprocesador RTU tipo D200, debido a que se cuenta con dos tarjetas procesadoras D20Me II.

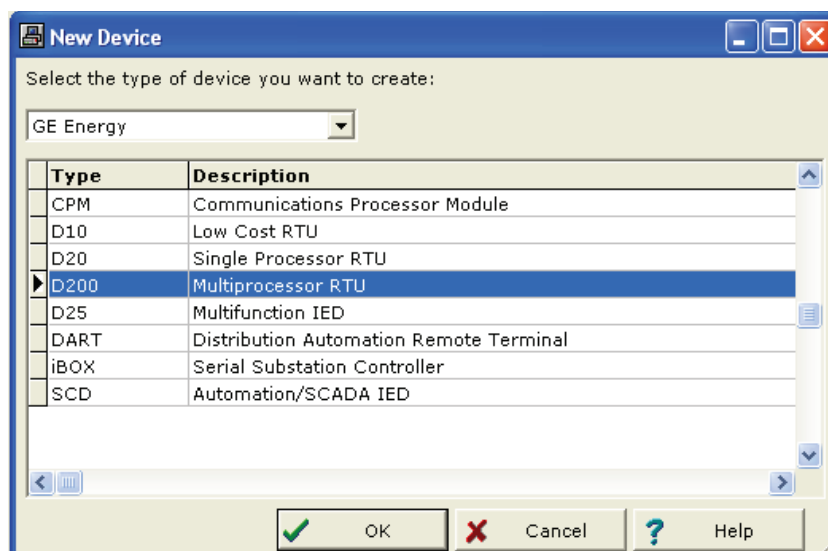
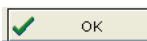
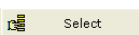


Figura 2.18 Ventana para un nuevo dispositivo del programa Configpro.

Nota: Al seleccionar el botón  se despliega la ventana de propiedades del dispositivo.

2. En la pestaña **General** se asigna el nombre del Device, en este caso se le nombró PBD115KV, se cambia la configuración del hardware habilitando la opción “Multiprocessor Device” y por último se cambia el icono de nuestro dispositivo dando clic al botón  donde se selecciona el icono apropiado, figura 2.19.

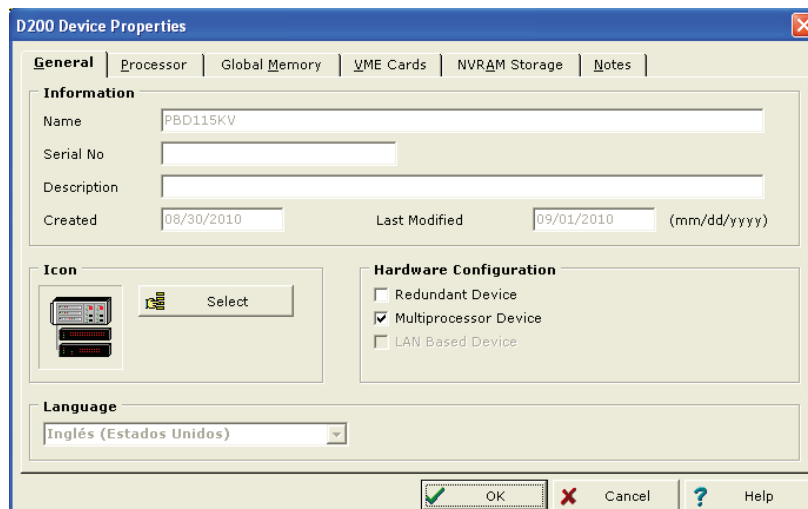


Figura 2.19 Ventana general de las propiedades del dispositivo del programa Configpro.

- Después, en la pestaña **Processor** y en el submenú **General** se selecciona el número de parte de la tarjeta dando clic en el botón  Select, figura 2.20.

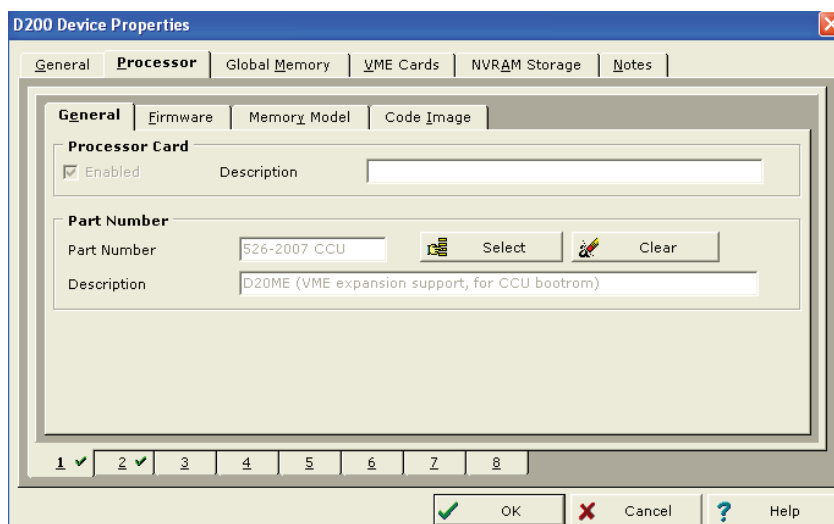


Figura 2.20 Ventana procesador general de las propiedades del dispositivo del Configpro.

- En el submenú **Firmware** se seleccionara el Firmware creado para cada uno de los nodos dando clic en el botón  Select, figura 2.21.

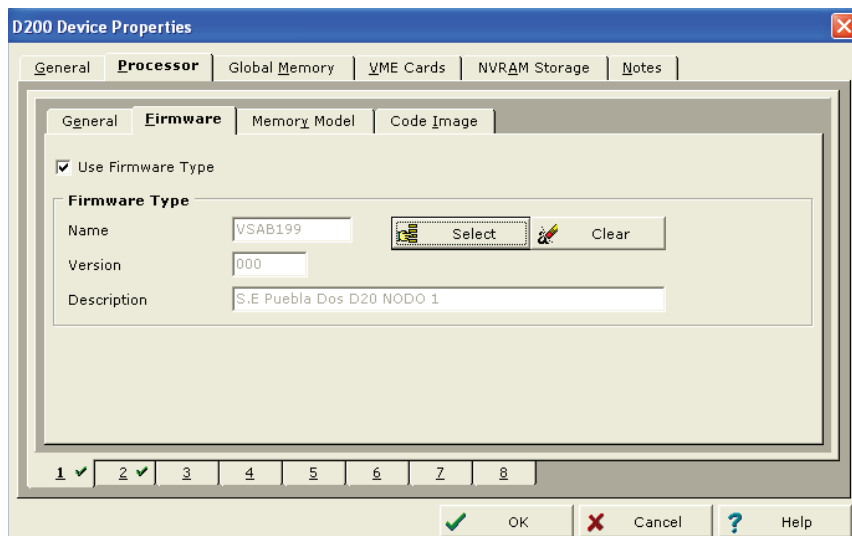


Figura 2.21 Ventana del firmware de propiedades del dispositivo del programa Configpro.

Nota: Para habilitar el nodo 2 en la pestaña **Processor**, submenú **General**, se elige el número 2 en la parte inferior izquierda, seleccionando la casilla “Enabled”, por último se repiten los pasos 3 y 4 para asignar el numero de parte y el firmware correspondiente a este nodo.

5. En la pestaña **Global Memory** se cambia la dirección de inicio de memoria a 01400000, ya que sin esto será imposible comenzar la descarga del proyecto, figura 2.22.

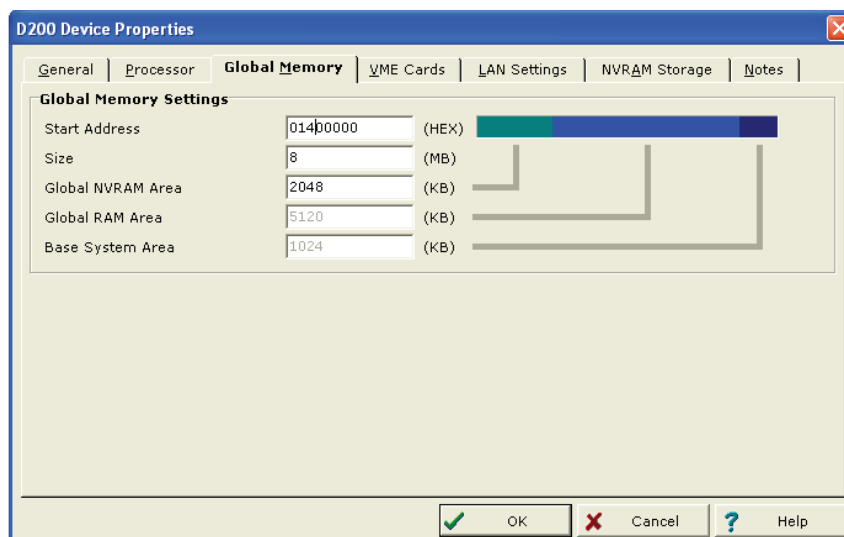


Figura 2.22 Ventana de memoria global de las propiedades del dispositivo del Configpro.

6. En la pestaña **LAN Settings**, submenús **LAN Specific**, **LAN A**, se configura la dirección IP del D20, figura 2.23

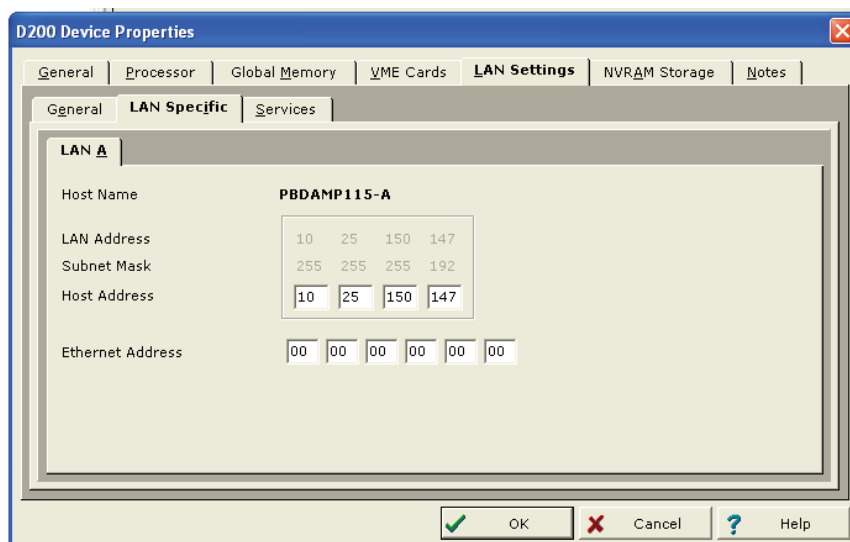


Figura 2.23 Ventana de configuración LAN de las propiedades del dispositivo del programa Configpro.

7. En la pestaña **LAN Settings**, submenús **Services**, se configura el servicio TCP/IP el puerto y el protocolo que se utilizara para la comunicación Ethernet entre el D20 y los dispositivos, figura 2.24.

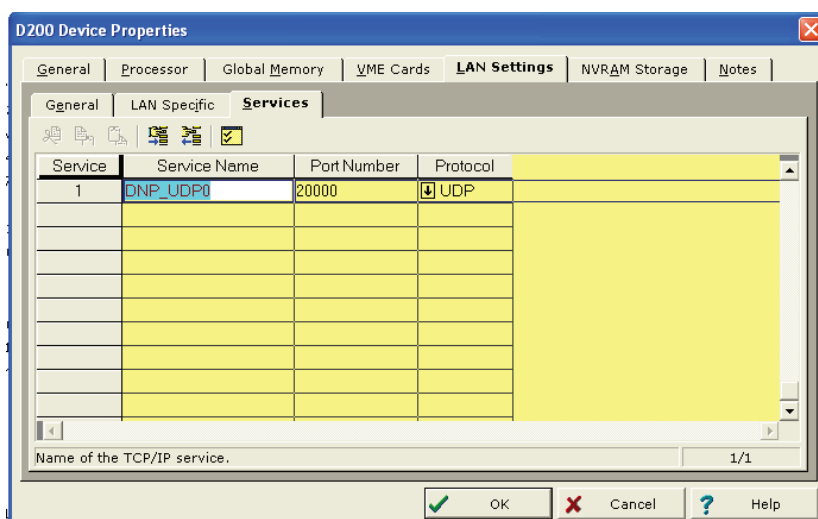
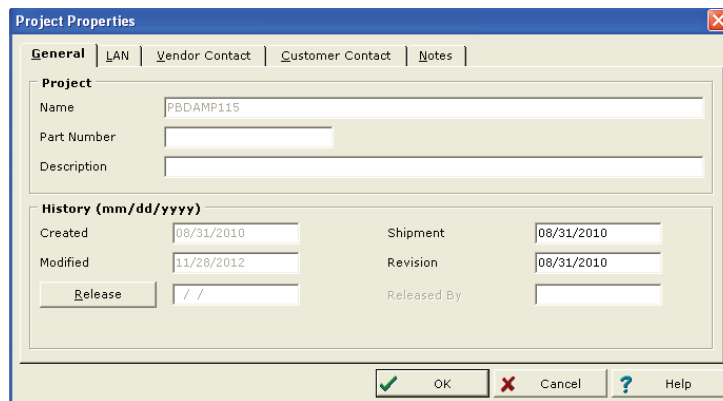


Figura 2.24 Ventana de configuración de servicios TCP/IP del programa Configpro.

2.13.4 Configuración de las propiedades del proyecto

En el cuadro de dialogo propiedades del dispositivo se pueden modificar los parámetros de red del D20 y se dan de alta los dispositivos con los que se va a comunicar (hosts) y sus respectivas direcciones IP.

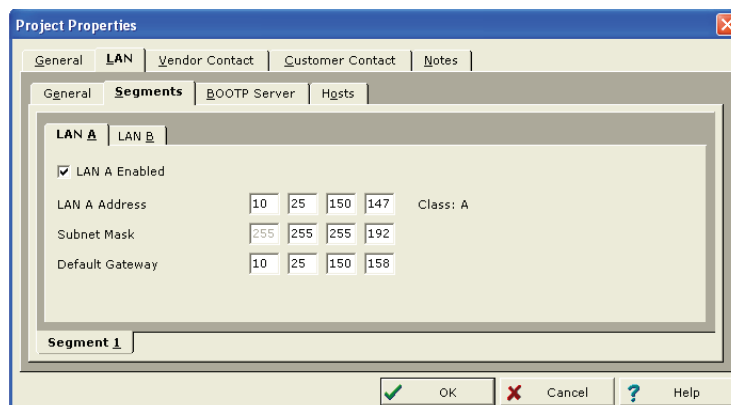
1. Para poder acceder a este cuadro de dialogo hay que seleccionar **Project, Project Properties** en el menú principal del programa Configpro, figura 2.25.



The screenshot shows the 'Project Properties' dialog box with the 'General' tab active. The 'Project' section has a 'Name' field containing 'PBDAMP115', and empty 'Part Number' and 'Description' fields. The 'History (mm/dd/yyyy)' section includes 'Created' (08/31/2010), 'Modified' (11/28/2012), 'Shipment' (08/31/2010), 'Revision' (08/31/2010), and a 'Released By' field with a 'Release' button. The bottom of the dialog features 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Figura 2.25 Ventana de las propiedades del proyecto del programa Configpro.

2. En la pestaña **LAN, Segments, LAN A** se configuran los parámetros de red del D20, figura 2.26.



The screenshot shows the 'Project Properties' dialog box with the 'LAN' tab selected and the 'Segments' sub-tab active. Under 'LAN A', the 'LAN A Enabled' checkbox is checked. The 'LAN A Address' is set to 10.25.150.147 (Class: A), the 'Subnet Mask' is 255.255.255.192, and the 'Default Gateway' is 10.25.150.158. The bottom of the dialog features 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons.

Figura 2.26 Ventana de parámetros de red del D20 del programa Configpro.

3. En la pestaña **LAN**, **Hosts** se agregan los dispositivos con los cuales se va a comunicar el D20 con sus respectivas direcciones IP, figura 2.27.

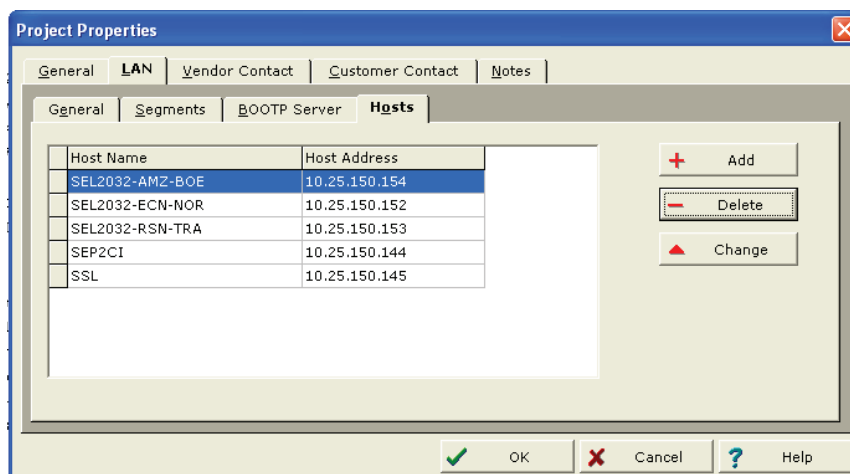


Figura 2.27 Ventana de hosts del programa Configpro.

2.13.5 Configuración de aplicaciones

La mayoría de las aplicaciones caen en uno de los siguientes tipos:

- ❖ DCA aplicación de colección de datos.
- ❖ DTA aplicación de traslación de datos.
- ❖ DPA aplicación de procesamiento de datos.

DCA es responsable de coleccionar los datos de una fuente externa, como un DEI conectado y del mapeo de este en el sistema de puntos de base de datos, para su almacenaje.

DTA combina elementos de la DPA y DCA, puede copiar datos existentes del “System Point Database”, procesarlos y generar puntos de salida de regreso a la base de datos. Los puntos de datos creados por la DTA son frecuentemente llamados “pseudo-puntos”, dado que no son puntos físicos.

DPA toma copia de cualquier dato disponible en la base de datos del sistema y lo procesa en un formato compatible con el protocolo de la estación maestra.

El System Point Database, el corazón del sistema de los DEI's, guarda todos los datos que son recolectados o reenviados por todas las aplicaciones previamente discutidas. El control y administración de la base de datos es desarrollado por el WIN, acrónimo de Wesdac Interfase Node, este manejador de base de datos puede ser pensado como una librería que controla las entradas de cualquier punto a la base de datos y la copia de datos solicitada por otras aplicaciones.

El diagrama de la figura 2.28 muestra el proceso de comunicación básica entre DCA's, WIN y DPA's.

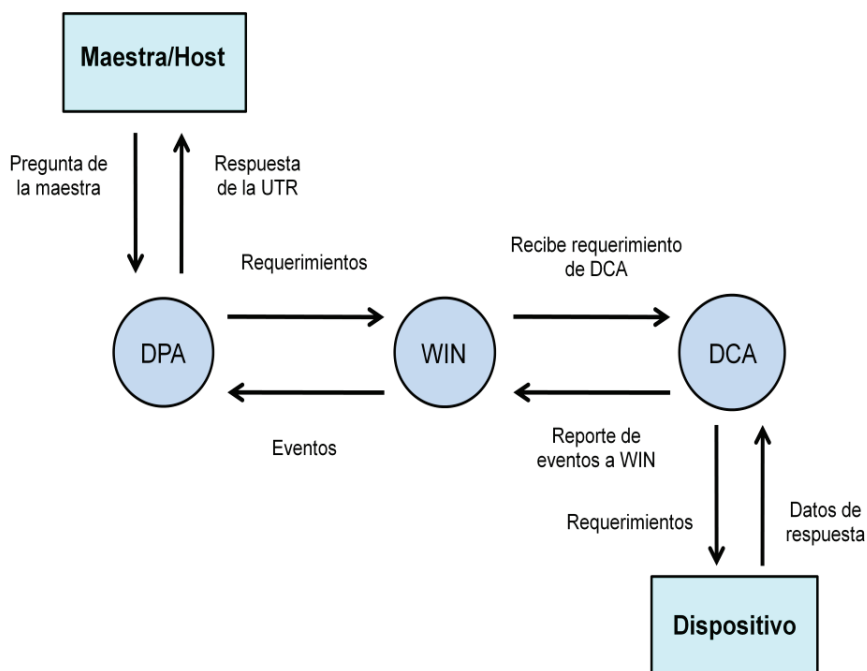


Figura 2.28 Diagrama de comunicación básica entre DCA's, WIN y DPA's.

Debido a la estructura del System Point Database de Configpro, las tablas de configuración para una aplicación requerirán frecuentemente que otras tablas sean configuradas primero. El uso de la siguiente secuencia simplificara el proceso de configuración:

- Todas las DCA deben ser configuradas primero.
- En segundo lugar todas las DTA.
- Por último las DPA serán configuradas.

Una vez creado el dispositivo se habilitan las aplicaciones que se van a utilizar para el proyecto, en el nodo 1 y en el nodo 2.

2.13.5.1 Nodo 1

En este nodo se realiza la configuración de las comunicaciones con las consolas de ingeniería (CI) y de control local (CCL) y los dispositivos SEL-2032, aquí la comunicación es a través de Ethernet.

Ahora se describen los pasos que se deben seguir para la configuración de las aplicaciones en el nodo 1:

1. Se abre el dispositivo creado anteriormente y en la pestaña **Data Collection**

Applications se selecciona la aplicación **DNP V3.00 DCA**, una vez abierta la aplicación se elige la pestaña **Tables**, submenú **DCA Configuration** y se asigna la dirección DNP del D20, con la que se comunicará con los DEI's SEL-2032, en la columna **DCA Address**, figura 2.29.

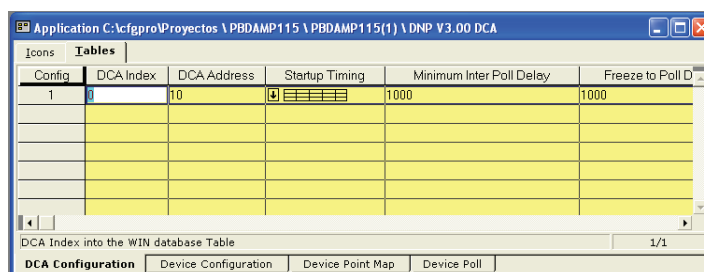


Figura 2.29 Ventana de configuración DCA de la aplicación DNP V3.00 DCA.

En este mismo submenú en la columna Number of Devices se asigna el número de DEI's que se configuraran.

En el submenú **Device Configuration** en la columna **Application Address** se asigna la dirección DNP de los equipos SEL-2032 que serán interrogados por la D20, en este caso son tres equipos, figura 2.30.

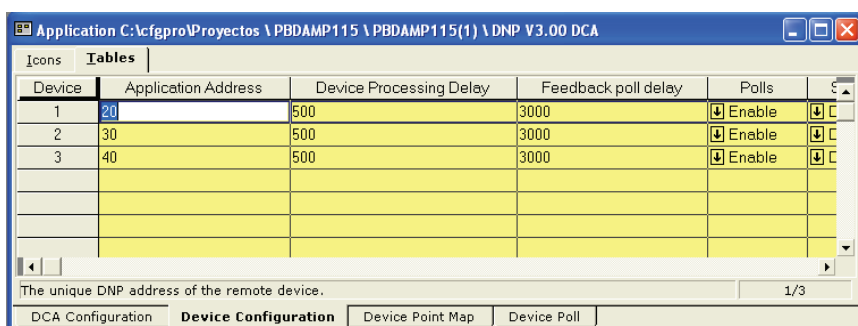


Figura 2.30 Ventana de configuración del dispositivo de la aplicación DNP V3.00 DCA.

En el submenú **Device Point Map** en la columna **DCA Object Type** se habilitan los tipos de datos y en la columna **Number of Device Points** la cantidad de datos por dispositivo SEL-2032, figura 2.31.

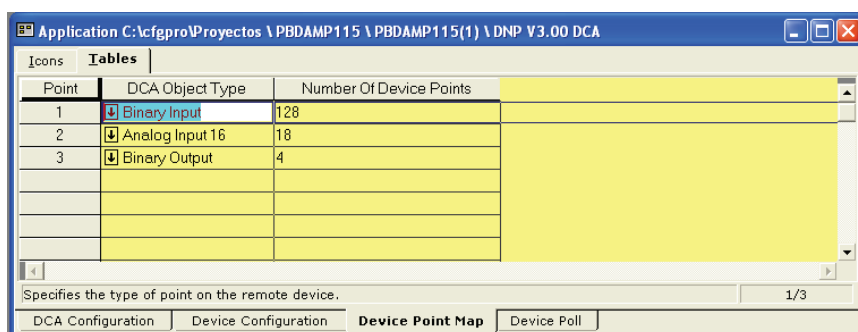
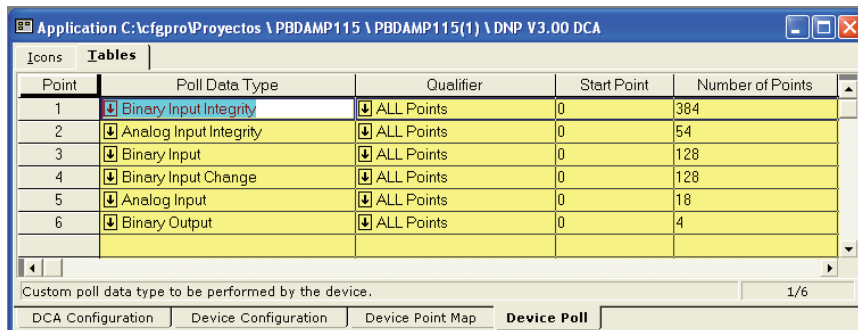


Figura 2.31 Ventana de mapeo de puntos del dispositivo de la aplicación DNP V3.00 DCA.

En el submenú **Device Poll** en la columna **Poll Data Type** se asigna la forma en que va a preguntar el D20 a los dispositivos SEL-2032 y la frecuencia con la que interroga, quedando el tiempo en que pregunta por integridad de entradas binarias y analógicas en

12 horas y el intervalo para entradas binarias, analógicas y salidas digitales queda en dos segundos, figura 2.32.



Point	Poll Data Type	Qualifier	Start Point	Number of Points
1	Binary Input Integrity	ALL Points	0	384
2	Analog Input Integrity	ALL Points	0	54
3	Binary Input	ALL Points	0	128
4	Binary Input Change	ALL Points	0	128
5	Analog Input	ALL Points	0	18
6	Binary Output	ALL Points	0	4

Custom poll data type to be performed by the device. 1/6

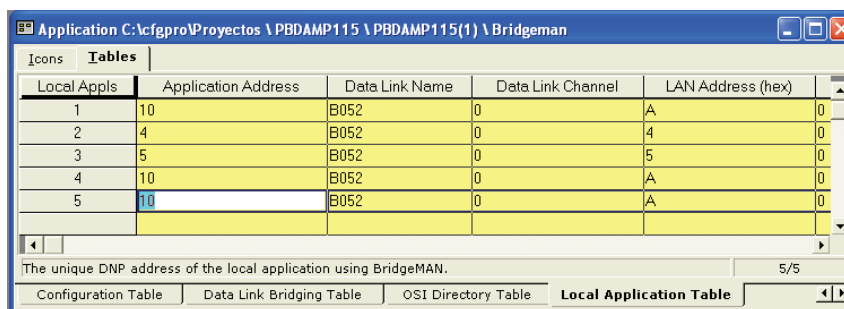
DCA Configuration Device Configuration Device Point Map **Device Poll**

Figura 2.32 Ventana de poleo del dispositivo de la aplicación DNP V3.00 DCA.

- En la pestaña **Data Translation Application** del dispositivo se comienza a establecer el enlace entre el D20, los SEL-2032 y las consolas del SSL, se selecciona la aplicación



Bridgeman submenú **Local Application Table** en donde se asignan en la columna **Application Address** las direcciones DNP de los dispositivos que van a actuar como maestros y se agina la dirección LAN en código hexadecimal en la columna **LAN Address (hex)**, figura 2.33.



Local Apps	Application Address	Data Link Name	Data Link Channel	LAN Address (hex)
1	10	B052	0	A
2	4	B052	0	4
3	5	B052	0	5
4	10	B052	0	A
5	10	B052	0	A

The unique DNP address of the local application using BridgeMAN. 5/5

Configuration Table Data Link Bridging Table OSI Directory Table **Local Application Table**

Figura 2.33 Ventana de aplicación local del Bridgeman.

En el submenú **Remote Application Table** se asignan las direcciones DNP, de los dispositivos que van a actuar como remotas, en la columna **Application Address** y la misma dirección en código Hex en la columna **LAN Address (hex)**, figura 2.34.

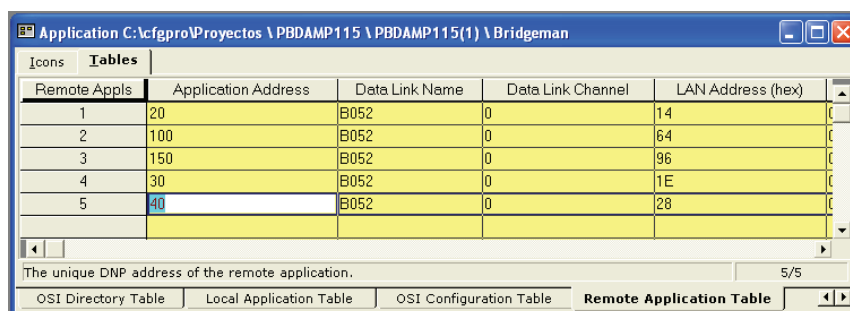


Figura 2.34 Ventana de aplicación remota del Bridgeman.

Los dispositivos maestros son, D20, consola de ingeniería (CI) y consola de control local (CCL) y los dispositivos remotos son, SEL-2032 de la línea de transmisión Puebla dos a Resurrección (RSN), D20, SEL-2032 de la línea de transmisión Puebla dos a Amozoc (AMZ) y de Puebla dos a Bosques (BOE) y SEL-2032 de la línea de transmisión Puebla dos a El Conde (ECN) y de Puebla dos a Norte (NOR), tabla 2.7.

Dispositivo Maestro	Dirección (decimal)	Dirección (hexadecimal)	Dispositivo Remoto	Dirección (decimal)	Dirección (hexadecimal)
D20	10	A	SEL-2032 RSN	20	14
CI	4	4	D20	100	64
CCL	5	5	D20	150	96
D20	10	A	SEL-2032 AMZ/BOE	30	1E
D20	10	A	SEL-2032 ECN/NOR	40	28

Tabla 2.7 Listado de dispositivos maestros y remotos con sus respectivas direcciones.

- En la pestaña **Data Translation Application** del dispositivo se selecciona la aplicación



DNP Internet Data Link submenú **Channel Configuration** y en la columna **Local Host Name** se introduce el nombre host con el que se va a identificar el D20 figura 2.35.

Nota: En la columna **Internet Protocol** se elige el protocolo UDP que es el que se utiliza para la comunicación entre el D20 y los dispositivos.

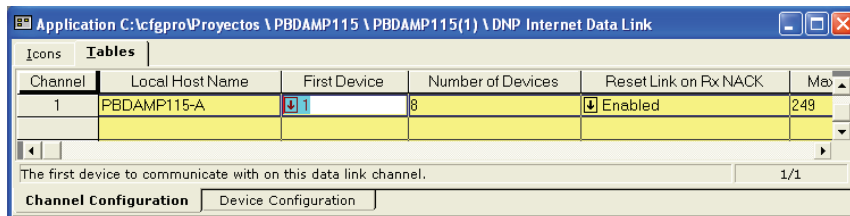


Figura 2.35 Ventana de canal de enlace de datos.

En la columna **First Device** se dan de alta los dispositivos host que se agregaron en el paso 3 del capítulo 2.13.4, como se muestra en la figura 2.36

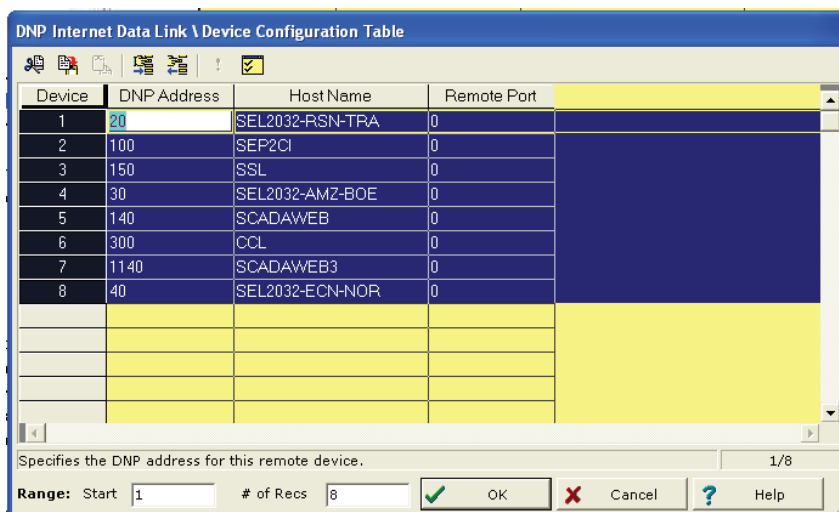


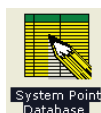
Figura 2.36 Ventana de configuración de dispositivos para el canal de enlace de datos.

Virtualmente las aplicaciones DCA y DTA requieren que el programador asigne espacio en la base de datos de puntos del sistema para todos los puntos generados por dichas aplicaciones, esto se configura en la aplicación **System Points Database** o base de datos general. Para poder definir el número de puntos de datos requeridos para una aplicación específica se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Número de fuentes de datos.

- Número de puntos de datos de cada tipo de cada fuente.
- Número de pseudo-puntos creados por la DCA o DTA.
- Descripción de puntos para todos los puntos.

4. En la pestaña **System Point Database Application** se selecciona la aplicación **System**



Point Database en donde se dan de alta el número total de entradas digitales, salidas digitales y entradas analógicas que se requieren, figura 2.37.

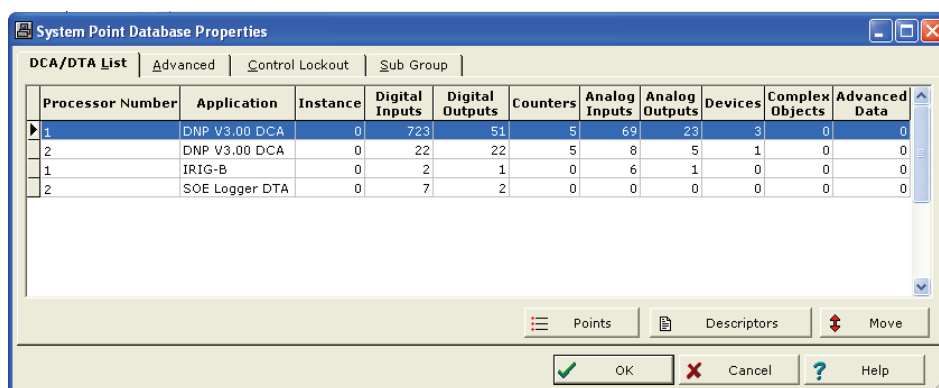


Figura 2.37 Ventana de propiedades del sistema de base de datos.

Se elige la aplicación DNP V3.00 DCA y se da clic en botón  para dar de alta el total de puntos de entradas y salidas y los tres dispositivos SEL-2032 que se van a monitorear, figura 2.38.

DCA/DTA Points

Number of Points

Digital Inputs	723	Counters	5
Digital Outputs	51	Devices	3
Analog Inputs	69	Complex Objects	0
Analog Outputs	23	Advanced Data	0

Digital Outputs

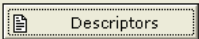
Holdoff Time: 0 (ms)

Time-to-live: 0 (ms)

OK Cancel Help

Figura 2.38 Ventana de puntos totales de entradas y salidas de la base de datos.

Nota: Para el caso del D20 que se habilitó en la subestación Puebla dos no se monitorean salidas analógicas ni contadores pero hay que dar de alta algunos puntos, aunque no se utilicen, para que no se generen errores.

Ahora se elige el botón  **Descriptors** para ingresar las leyendas de los puntos de entradas y salidas que se dieron de alta, seleccionando los submenús, como se puede apreciar en la figuras 2.39, 2.40 y 2.41.

Point Descriptors

Description Info

Point	Description
1	*Devices Globally disabled
2	*Polling Globally disabled
3	*Uns Resp Globally disabled
4	RELE M. PRUEBA 21/21L 73070RSN
5	RELE M. PRUEBA 67/67N 73070RSN
6	ANORM SEL311C 21/21L 73070RSN
7	ANORM SEL351 67/67N 73070 RSN
8	PROT. 21/21L 73070 RSN
9	PROT. 67/67N 73070 RSN
10	CIERRE VERIFICADO 73070 RSN
11	RECIERRE EN SERVICIO 73070 RSN
12	RECIERRE 73070 RSN
13	REDISPARO 50FI 73070 RSN
14	DISPARO 50 FI 73070 RSN
15	86 FI 73070 RSN
16	FVCD DISPARO 2 73070 RSN
17	FVCD PROT. 21/21N 73070 RSN
18	FVCD PROT. 67/67N 73070 RSN
19	FVCD MMED 73070 RSN
20	FVCD MC SEL2100 73070 RSN
21	ANORM MC SEL2100 73070 RSN
22	FALLA BOBINA DISP. 2 73070 RSN
23	ORDEN APERTURA EMERG. 73070RSN
24	ORDEN CIERRE 73070 RSN
25	ORDEN BLOQ/DESBLOQ 79 73070RSN

Description: 1/723

Digital Inputs Digital Outputs Counters Analog Inputs

OK Cancel Help

Figura 2.39 Ventana de entradas digitales de la base de datos general.

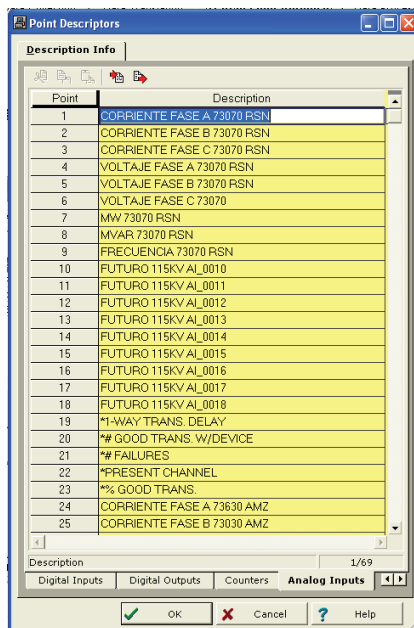


Figura 2.40 Ventana de entradas analógicas de la base de datos general.

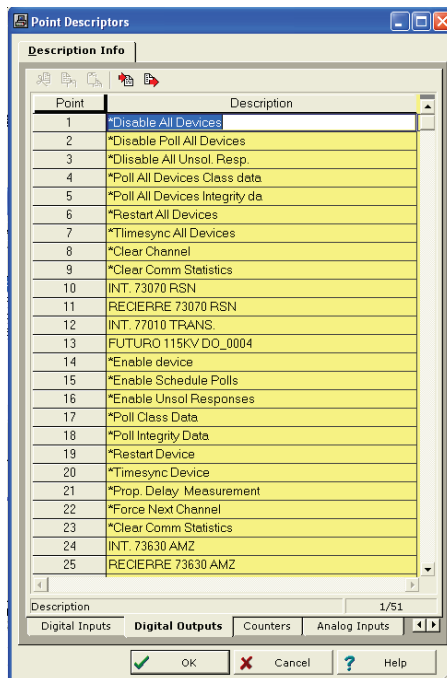


Figura 2.41 Ventana de salidas digitales de la base de datos general.

Nota: Se tienen que considerar los pseudo-puntos por dispositivo y tipo de dato, de acuerdo a la tabla 2.8

Tipo de datos	No. de Pseudo-puntos generales	No. De Pseudo-puntos por dispositivo
Entradas digitales	3	16
Salidas digitales	9	10
Entradas analógicas	0	5

Tabla 2.8 Numero de pseudo-puntos por tipo de dato.

En el submenú **Devices** se asignan los nombres de los tres dispositivos SEL-2032 dados de alta con anterioridad, figura 2.42.

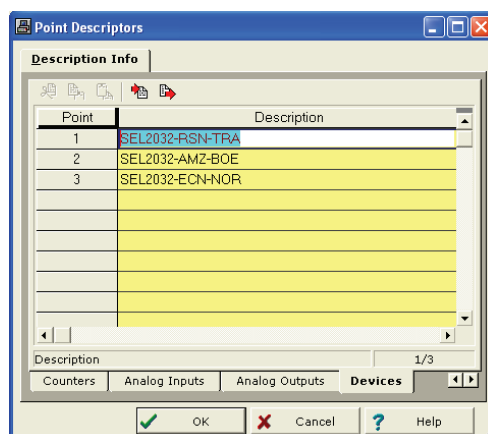


Figura 2.42 Ventana de dispositivos.

- En la pestaña **Data Processing Application** y aplicación **DNP V3.0 DPA** se configura el direccionamiento DNP y las bases de datos correspondientes a las consolas CI Y CCL, figura 2.43.



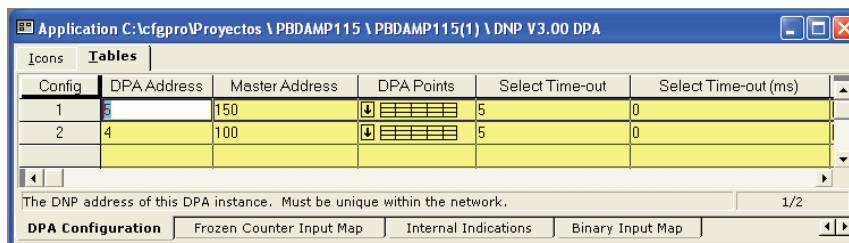


Figura 2.43 Ventana de dispositivos.

En la columna **DPA Points** se asigna el número de entradas binarias, entradas analógicas y salidas binarias que van a ser monitoreadas por las consolas CI Y CCL, figuras 2.44 y 2.45.

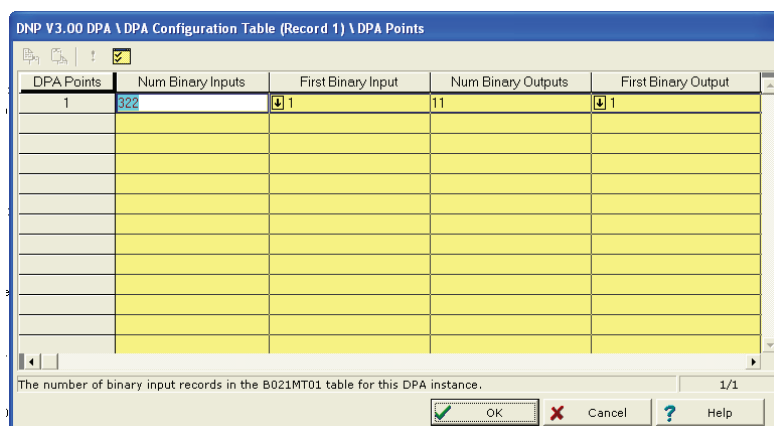


Figura 2.44 Ventana de entradas y salidas binarias de la base de datos de las consolas.

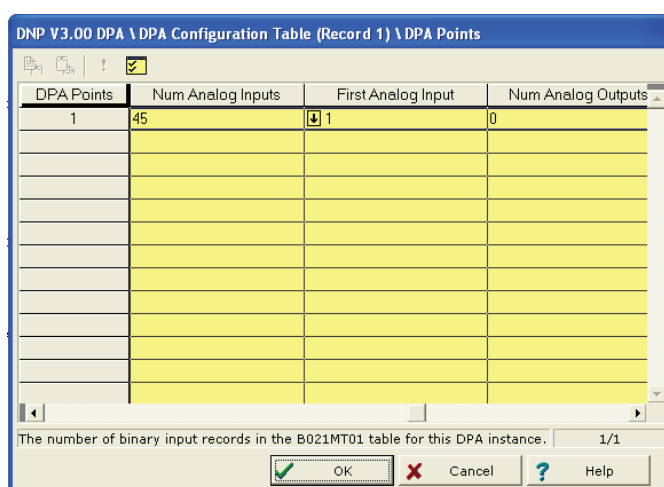


Figura 2.45 Ventana de entradas analógicas de la base de datos de las consolas.

Si se da doble clic en la columna **First Binary Input** aparece un cuadro de diálogo donde se pueden ir agregando los puntos de la base de datos general que van a ser monitoreados por las consolas, figura 2.46.

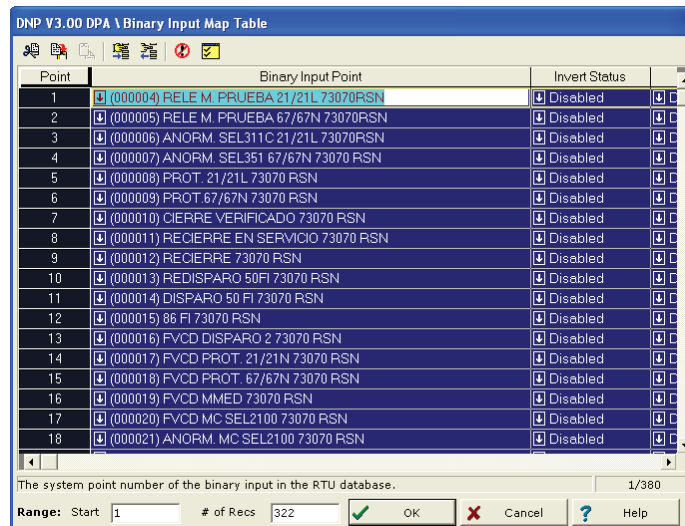


Figura 2.46 Ventana de base de datos de entradas digitales de las consolas.

Nota: Para elaborar la base de datos de las entradas analógicas y salidas digitales se realiza el mismo procedimiento anterior dando doble clic en la columna respectiva.

Con esto concluye la configuración del nodo 1.

En la figura, 2.47, se presenta el diagrama de flujo de la programación que se realizo para el nodo 1.

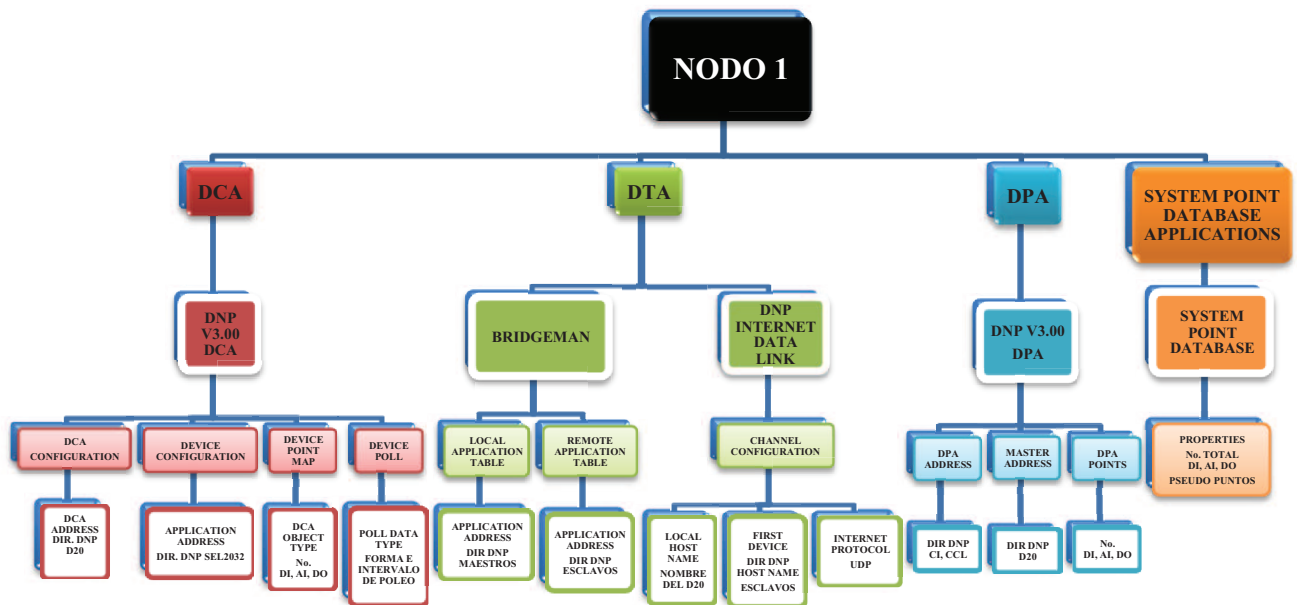


Figura 2.47 Diagrama de flujo de la programación en nodo 1.

2.13.5.2 Nodo 2

Ahora se procede a realizar la configuración del nodo 2, aquí la comunicación es por puerto RS-232 hacia la UTM.

1. En la ventana del dispositivo, se selecciona el submenú del nodo 2 y en la pestaña **Data**

Translation Applications se selecciona la aplicación **SOE Logger DTA** , una vez abierta la aplicación se selecciona la pestaña **Tables**, submenú **Logger Configuration** y se asigna el puerto serial a través del cual se conecta la impresora con la que se registran los eventos para un análisis de falla y los parámetros de comunicación, figura 2.48.

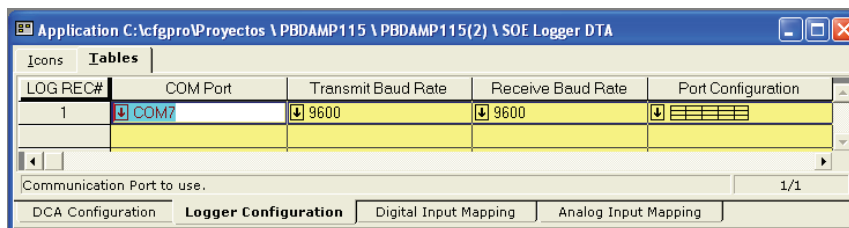


Figura 2.48 Ventana de selección de puerto para impresora.

En la columna **Port Configuration** se configuran los parámetros de este puerto, figura 2.49.

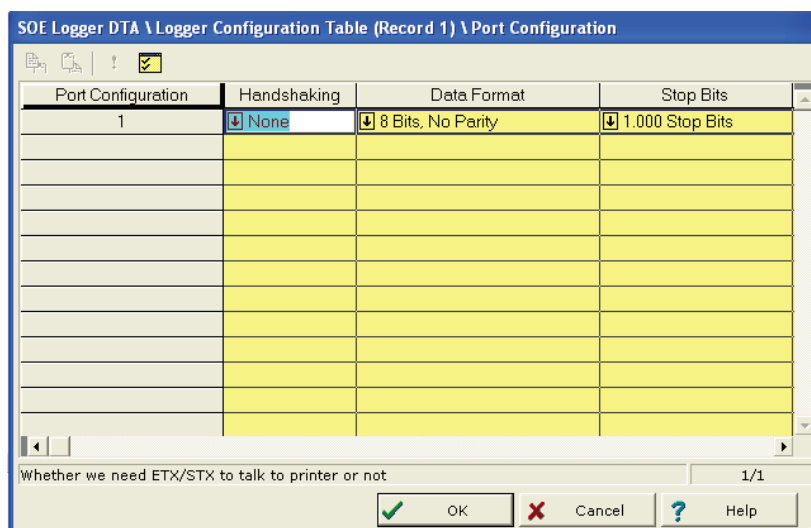


Figura 2.49 Ventana de configuración de puerto para impresora.

- Ahora se entra en la aplicación **DNP V3.00 Data Link**  para configurar el puerto de enlace de comunicación entre la UTR y la UTM, figura 2.50.

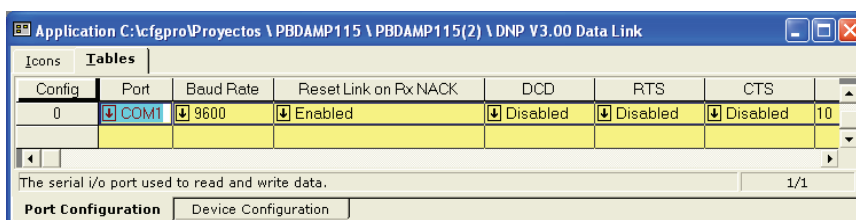


Figura 2.50 Ventana de selección de puerto para comunicación con UTM.

3. En la misma pestaña **Data Translation Application** del dispositivo se establece el

enlace entre el D20 y la UTR, se selecciona la aplicación **Bridgeman**  submenú **Local Application Table** en donde se asigna en la columna **Application Address** la dirección DNP de la UTR y se asigna la dirección LAN en código hexadecimal en la columna **LAN Address (hex)**, figura 2.51.

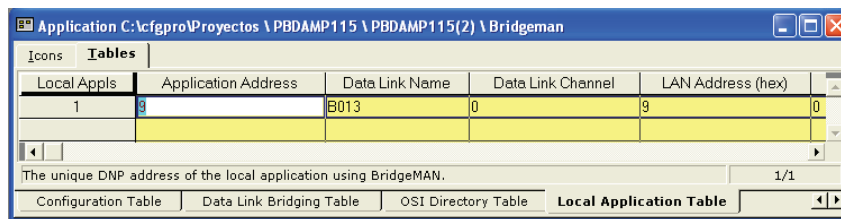


Figura 2.51 Ventana de aplicación local del Bridgeman para enlace con UTM.

En el submenú **Remote Application Table** se asignan la dirección DNP de la UTM en la columna **Application Address** y la misma dirección en código Hex en la columna **LAN Address (hex)**, figura 2.52.

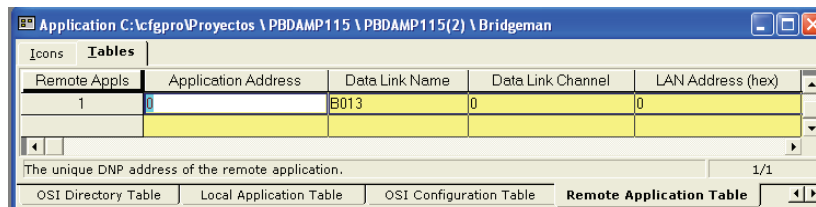


Figura 2.52 Ventana de aplicación remota del Bridgeman para enlace con UTM.

4. En la pestaña **Data Processing Application** y aplicación **DNP V3.0 DPA**  se configura el direccionamiento DNP y las bases de datos hacia nivel superior (UTM), figura 2.53

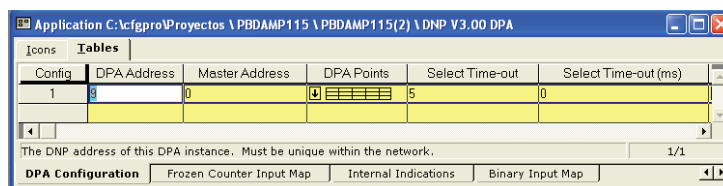


Figura 2.53 Ventana de configuración de dirección DNP de la UTM.

En la columna **DPA Points** se asigna el número de entradas binarias y analógicas y salidas binarias que van a ser monitoreadas por la UTM, figuras 2.54 y 2.55.

[illegible]

Figura 2.54 Ventana de entradas y salidas binarias de la base de datos de la UTM.

DNP V3.00 DPA Configuration Table (Record 1) \ DPA Points

DPA Points	Num Analog Inputs	First Analog Input	Num Analog Outputs
1	10	1	0

The number of binary input records in the B021MT01 table for this DPA instance.

1/1

OK Cancel ? Help

Figura 2.55 Ventana de entradas analógicas de la base de datos de la UTM.

Al dar doble clic en la columna **First Binary Input** aparece un cuadro de diálogo donde se agregan los puntos de la base de datos que van a ser monitoreados, figura 2.56.

DNP V3.00 DPA \ Binary Input Map Table

Point	Binary Input Point	Invert Status	
1	(000006) ANORM SEL311C 21/21L 73070 RSN	Enabled	
2	(000007) ANORM SEL351 67/67N 73070 RSN	Enabled	
3	(000008) PROT. 21/21L 73070 RSN	Enabled	
4	(000009) PROT. 67/67N 73070 RSN	Enabled	
5	(000011) RECIERRE EN SERVICIO 73070 RSN	Disabled	
6	(000012) RECIERRE 73070 RSN	Enabled	
7	(000013) REDISPARO 50FI 73070 RSN	Enabled	
8	(000014) DISPARO 50 FI 73070 RSN	Enabled	
9	(000015) 86 FI 73070 RSN	Enabled	
10	(000016) FVCD DISPARO 2 73070 RSN	Disabled	
11	(000017) FVCD PROT. 21/21N 73070 RSN	Disabled	
12	(000018) FVCD PROT. 67/67N 73070 RSN	Disabled	
13	(000022) FALLA BOBINA DISP. 2 73070 RSN	Enabled	
14	(000025) ORDEN BLOQ/DESBLOQ 79 73070 RSN	Enabled	
15	(000026) CUCHILLA 73078 RSN CERRADA	Disabled	
16	(000030) CUCHILLA 73077 RSN CERRADA	Disabled	
17	(000031) ANORM MR2/FVCD CUCH. 73070 RSN	Enabled	
18	(000032) CUCHILLA 73079 RSN CERRADA	Disabled	

The system point number of the binary input in the RTU database. 1/165

Range: Start 1 # of Recs 165 OK Cancel ? Help

Figura 2.56 Ventana de base de datos de entradas digitales de la UTM.

Nota: Para elaborar la base de datos de las entradas analógicas y salidas digitales se realiza el mismo procedimiento anterior dando doble clic en la columna respectiva.

Con esto concluye la configuración del nodo 2.

En la figura, 2.57, se muestra el diagrama de flujo de la programación que se realizó para el nodo 2.

Una vez concluida la configuración de los nodos, se procede a compilar el proyecto para que tome los cambios. En el menú principal **Project** opción **Generate ISCS LAN Configuration** se generan las configuraciones de red y en el menú **Device** opción **Generate, All Tables** se generan todas las tablas que se modificaron.

Por último se descarga el proyecto realizado a través de una terminal VT100, ingresando en el icono **Terminal Emulator** en menú principal del hyper terminal se entra en la opción **SYSTEM FUNCTION, 68K MONITOR** y en menú **Communications** del programa Configpro se elige opción **Download**.

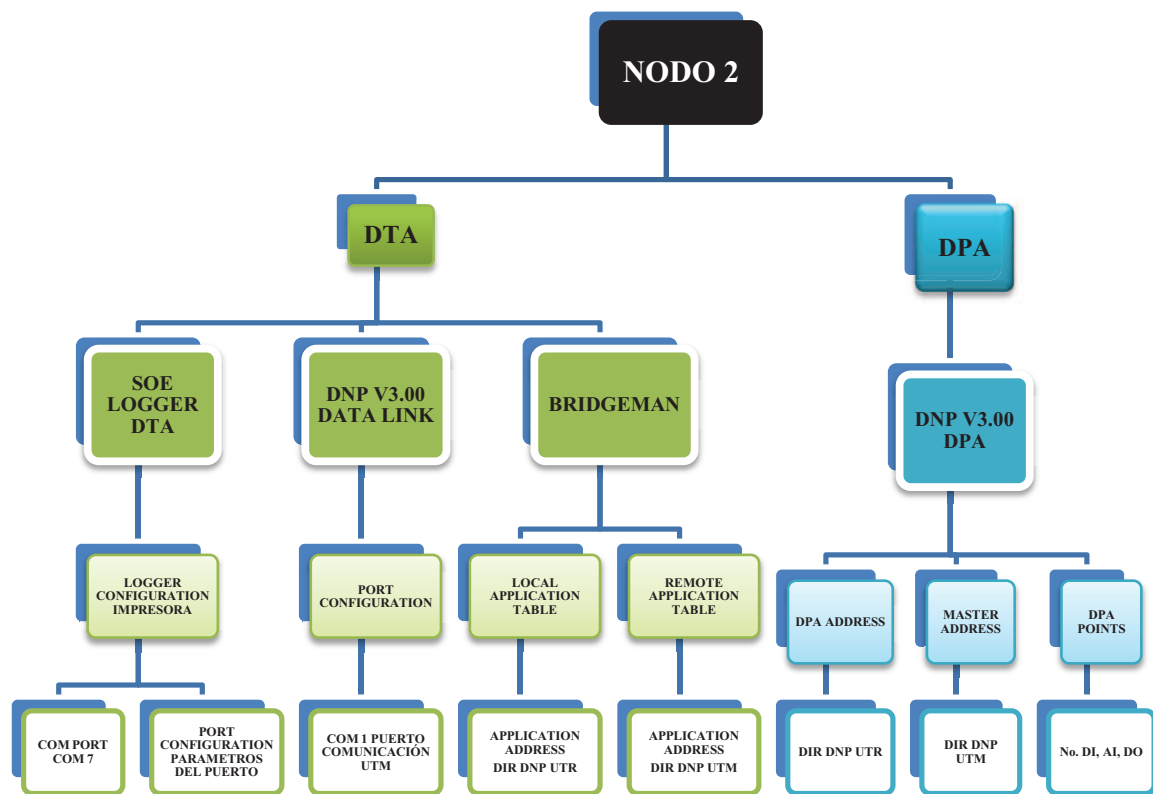


Figura 2.57 Diagrama de flujo de la programación en nodo 2.

3. CONFIGURACIÓN PROCESADOR DE COMUNICACIONES SEL-2032

3.1 INTRODUCCIÓN

El procesador de comunicaciones SEL-2032 adquiere y almacena datos de los DEI's o relevadores de protección, separa esta información en partes útiles, y distribuye sólo los datos necesarios a otros dispositivos o sistemas como las unidades terminales remotas. Provee muchas características especiales necesarias en las subestaciones de hoy, para comunicarse con una variedad de dispositivos basados en microprocesadores. El SEL-2032 provee comunicación y capacidad de manejo de datos requerida por los proyectos de integración avanzada de subestaciones.

Las aplicaciones más comunes del procesador de comunicaciones son las siguientes:

- Integrador de subestación. La integración de subestaciones es el proceso de proveer la comunicación y otras conexiones entre los DEI's para sacar provecho de las funciones distribuidas.
- Interfaz hombre máquina (HMI) y SCADA. El SEL-2032 puede ser la interfaz con una variedad de dispositivos, incluyendo UTR. El SEL-2032 puede servir como un concentrador de datos, siendo encuestado por una UTR local, o puede estar conectado a un circuito dedicado de comunicación SCADA y ser encuestado por el dispositivo central.
- Fuente para sincronía de tiempo. El SEL-2032 transmite una señal IRIG-B demodulada en las puertos 1 al 16. La fuente para la señal IRIG-B transmitida puede ser la entrada IRIG-B del SEL-2032 o el reloj interno del propio SEL-2032. Se puede sincronizar el reloj del SEL-2032 de varias formas diferentes. Se ajusta el reloj del SEL-2032 usando los comandos **TIME** y **DATE**. Una batería mantiene el reloj en operación durante pérdidas de alimentación que afecten al SEL-2032. También puede sincronizar el SEL-2032 vía una señal de entrada IRIG-B modulada

o demodulada en el conector BNC rotulado IRIG-B IN. Hay también un puente interno que permite configurar los pines IRIG-B del Puerto 15 como una entrada IRIG-B demodulada. También puede usar la sincronía de tiempo a través de protocolos seriales tales como el DNP y tarjetas de protocolo de hardware³.

3.2 FUNCIONES

Las funciones principales del SEL-2032 son las siguientes:

- Procesador de comunicaciones.
- Base de datos automática.
- Gateway para red.
- Controlador programable para ecuaciones de control SELOGIC.
- “Port switch” inteligente.
- Fuente para sincronización de tiempo.

3.2.1 Procesador de comunicaciones.

El SEL-2032 puede enviar y recibir códigos y mensajes en varios formatos diferentes, permitiendo la comunicación con una variedad de dispositivos que incluyen relés SEL, PCs, módems, UTR's, impresoras, otros DEI's, y otros SEL-2032, la figura 3.1 muestra una aplicación típica que incluye varios de los tipos de procesamiento de comunicación.

³ Schweitzer III, Edmund O. (2006): *SEL-2032 Communications Processor instruction manual*. Pullman: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.

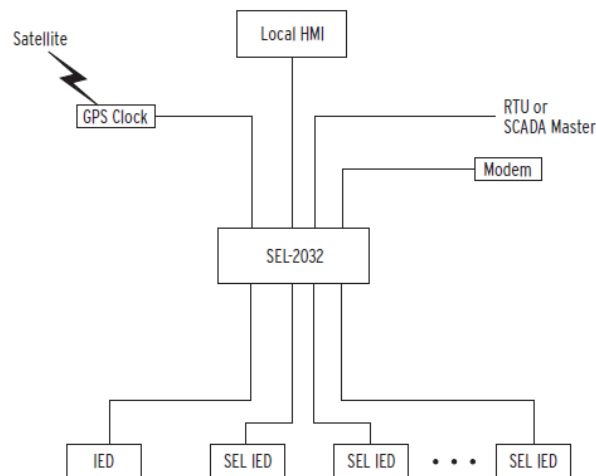


Figura 3.1 Manejo de las comunicaciones del SEL-2032 con múltiples dispositivos maestros y esclavos.

El conjunto de comandos internos facilitan la comunicación hacia y a través del SEL-2032 usando cualquier software que soporte emulación de terminal ASCII. También puede desarrollar cadenas de comandos definidos por el usuario para comunicarse hacia y desde dispositivos no SEL. La Tabla 3.1 en esta sección, describe las comunicaciones sobre cada tipo de enlace mostrado en Figura 3.1.

De	Hacia	Descripción
DEI	SEL-2032	Mensajes que emulan el protocolo nativo del IED
DEI SEL		Auto configuración, mensajes “20” de SEL
Modem		Conjunto de comandos del SEL-2030, mensajes definidos por el usuario
UTR o Maestra SCADA		DNP 3.0 Nivel 2 esclavo o Modbus
HMI local		Red Ethernet de alta velocidad
Reloj GPS		Sincronización de tiempo IRIG-B

Tabla 3.1 Tipos de comunicación del SEL-2032.

Las ecuaciones de control SELOGIC se usan para controlar el envío de mensajes del SEL-2032. En las ecuaciones de control SELOGIC se puede usar como argumentos datos de otros DEI's, funciones periódicas y de una hora definida dentro del día, comandos de protocolos maestros y datos calculados dentro del propio SEL-2032. Cuando el resultado de las ecuaciones de control SELOGIC es una transición del 0 lógico al 1 lógico (un flanco de subida), el SEL-2032 envía el mensaje.

3.2.1.1 Protocolos intercalados SEL.

El SEL-2032 simplifica el diseño y construcción de una red en la subestación, debido a que intercala varias conversaciones sobre un cable entre el relé o protección de la línea y el SEL-2032. Primero, el SEL-2032 usa el Fast Meter, el Fast Operate, y el Fast SER (protocolo de mensaje rápido) para la adquisición de datos y el control. Segundo, puede usar una conexión transparente desde una de los puertos del SEL-2032 para comunicación ASCII con el relé, para la configuración, diagnósticos, y lectura de reportes. Tercero, el SEL-2032 genera una señal IRIG-B en cada puerto para la sincronización de tiempo. Debido a que las tres conversaciones son intercaladas, a menudo es innecesario conectar al relé más de un cable de comunicaciones para lograr conexiones para ingeniería, adquisición de datos, y sincronización del tiempo. Si se usa un tranceptor de fibra óptica SEL-2810, las tres conversaciones ocurren sobre un solo par de fibra.

3.2.1.2 Auto-configuración.

El ajuste de los parámetros de comunicación para un puerto del SEL-2032 es simplificado a través del proceso de auto-configuración. Este proceso determina la velocidad de comunicación de datos apropiada para comunicarse con el dispositivo conectado. El SEL-2032 también determina el string de inicio, el tipo de relé, la capacidad de Fast Meter, y la identificación ID del relé para cualquier relé SEL conectado a su puerto. Se utiliza el comando **SET P** para activar y configurar cada puerto que tenga un dispositivo conectado. Cuando se

conecta el SEL-2032 a un relé SEL, no se configuran los mensajes individuales, la separación, ni los mensajes de activación del control. El SEL-2032 se conecta al relé y adquiere los datos de configuración a través de un proceso llamado auto-configuración. Cuando se conecta el cable y se configura el puerto para un dispositivo SEL, recibe un mensaje para iniciar la auto-configuración. Una vez que la auto-configuración está completa, se pueden habilitar los mensajes de control desde el SEL-2032 al relé, configurar el relé para aceptar mensajes de control y activarlos automáticamente a través de las ecuaciones de control SELOGIC. Cuando un bit remoto o un bit del interruptor cambian su estado, el SEL-2032 automáticamente envía un mensaje de control al relé.

3.2.1.3 Mensajes “20”.

Cuando se conecta a un relé SEL y se ha completado la autoconfiguración, se puede adquirir datos desde el relé usando mensajes “20”. El SEL-2032 crea automáticamente mensajes de preguntas, separa los datos de entrada y marca los datos en la base de datos del SEL-2032. Los mensajes “20” más frecuentemente usados son 20METER y 20TARGET. El mensaje 20METER adquiere datos de medida, mientras que el mensaje 20TARGET adquiere datos de estado binario de las entradas, salidas y elementos de protección.

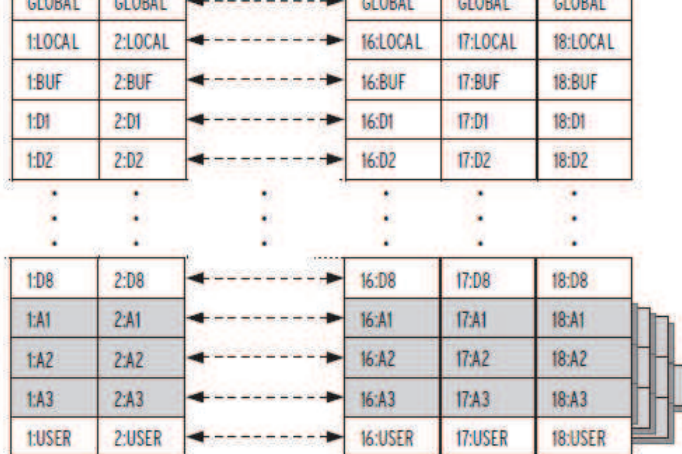
Los mensajes enviados desde el SEL-2032 pueden ser usados para pedir datos desde otros dispositivos o para controlar otros dispositivos. Los mensajes “20”, tal como el 20METER y el 20TARGET, se emplean para pedir datos del relé SEL que son reconocidos por el SEL-2032 y son separados automáticamente cuando llegan. Los mensajes no “20” sirven para adquirir otros datos y para propósitos de control.

El SEL-2032 puede recibir, guardar en buffer, separar, almacenar y actuar en base a datos y mensajes solicitados y no solicitados.

Los DEI's pueden enviar datos al SEL-2032 sin haber sido interrogados. Estos mensajes son guardados en un buffer y las actividades pueden ser activadas en base a mensajes específicos. Los relés SEL envían auto-mensajes para reportar una actividad o condición

3.2.2.1 Estructura de la base de datos.

PORT 1	PORT 2	PORT 16	PORT 17	PORT 18



La región global incluye los datos que son comunes a todos los puertos, como son:

- String FID del SEL-2030
- Información de estados y configuración
- Fecha y hora
- Elementos globales
- Estado de la tarjeta de protocolo
- Estado del puerto F

Los elementos globales tienen estado lógico 1 cuando están activados o son verdaderos y estado lógico 0 si no están activados o son falsos. Los elementos globales son almacenados en la región global, que está disponible para ser usada por todos los puertos. Estos elementos pueden ser usados en cualquier ecuación de control SELOGIC para definir una condición de gatillado. Cuando la condición es verdadera, el SEL-2032 envía el mensaje asociado con la ecuación de control SELOGIC, tal como una petición de datos o la emisión de un comando de control.

La región local incluye la siguiente información, que es única para cada puerto serial (1–16) y para cada puerto de red (17–18):

- Estado y configuración
- Contador de archivo (sólo para memoria flash no volátil)
- Elementos locales
- String FID de dispositivos conectados
- String de identificación de puerto

Los elementos locales tienen estado lógico 1 cuando están activados o son verdaderos y estado lógico 0 si no están activados o son falsos. Los elementos locales residen en la región local de cada puerto. Estos elementos pueden ser usados en cualquier ecuación de control SELOGIC, para definir una condición de gatillado. Cuando la condición es verdadera, el SEL-2032 enviará el mensaje asociado con la ecuación de control SELOGIC, tal como una petición de datos o la emisión de un comando de control.

La región BUF contiene almacenados en un buffer los mensajes no solicitados de su puerto asociado, si se ha ajustado AUTOBUF en Yes. El buffer acumula mensajes hasta estar lleno, punto en el que el mensaje más nuevo sobre escribe el mensaje más antiguo. El buffer puede ser leído y limpiado de varias formas, manual y automáticamente. El buffer principalmente es usado cuando se están desarrollando nuevos ajustes y operaciones de detección de anomalías.

Para todos los puertos, excepto el puerto frontal, la base de datos incluye las regiones de datos D1 a D8, asignadas para datos solicitados por el SEL-2032. Los primeros cuatro registros de cada región mantienen la fecha y hora de los datos que fueron adquiridos. Lo restante de cada región es para los datos adquiridos. El modo en que la información es separada en grupos útiles, depende del tipo de datos y cómo se han adquirido. Cada región es asociada con un mensaje creado mediante el comando **SET A**. Por ejemplo, la respuesta del Mensaje 1 será capturada en la región de Datos D1 y la respuesta del Mensaje 2 en la región de Datos D2.

Las respuestas de los mensajes “20” son separadas automáticamente. Los datos recibidos en las respuestas de mensajes no “20” son separados de acuerdo a la opción de separación seleccionada en los ajustes de mensaje automático SET A. El SEL-2032 le asigna una estampa de tiempo a cada respuesta en el momento en que empieza a recibir el mensaje. Los datos adquiridos en las regiones D1 a D8 son mantenidos hasta que los siguientes datos son recibidos; los datos nuevos sobre escriben a los antiguos. El SEL-2032 asignará un rótulo de datos a cada región, dependiendo del contenido del mensaje y del método de separación elegido. Por ejemplo, si se ajusta el mensaje 1 en el puerto 1 para leer datos de medida de un relé SEL usando el comando **20METER**, a la región 1:D1 será asignado un rótulo de datos de

“METER”. Este rótulo puede ser muy útil cuando se direcciona la región usando los comandos **MAP** o **VIEW**, o para recuperar ítems de datos específicos desde la región.

Las regiones de archivos de datos, A1 a A3, sólo están disponibles si el SEL-2032 está equipado con la memoria flash no volátil opcional. Estas regiones están diseñadas para almacenar información por mucho tiempo, tal como reportes largos de eventos y datos de medida de demanda del relé SEL. Cada región de archivos de datos trabaja en modo “First-In-First-Out” (FIFO). El número de registros que pueden ser almacenados en cada región depende del tamaño de cada registro. Registros individuales pueden ser vistos, recuperados y limpiados.

La región de usuario da acceso al poder del SEL-2032 para adquirir datos, combinar datos, y proveer un conjunto de datos optimizados para dispositivos maestros múltiples. Cada puerto tiene una región de usuario que permite escribir los ajustes **SET M** para crear un conjunto personalizado de datos escalados, concentrados y agregados para cada maestro.

3.2.2.2 Herramientas de la base de datos.

El conjunto de comandos del SEL-2032 contienen varios comandos para ayudar a verificar que los datos pedidos son puestos en el lugar apropiado de la base de datos y para prevenir interferencias entre los datos pedidos y las respuestas. A continuación se describen los comandos más utilizados:

AUTO

Este comando del SEL-2032 proporciona una lista de comandos “20” y de operación soportados en los puertos del DEI SEL auto-configurados, se utiliza para confirmar que los comandos deseados existen en el relé que se está usando.

MAP

Este comando del SEL-2032 provee un método para mirar puerto por puerto, la estructura y direcciones de una región de la base de datos o regiones específicas dentro de la

base de datos de cada puerto. Cuando este comando es aplicado a un puerto, el SEL-2032 responde con una lista de regiones de la base de datos, los nombres de sus datos, y el número de registros archivados. También se emplea el comando **MAP** para mirar la estructura de la base de datos dentro de una región. Cuando este comando se aplica a una región, el SEL-2032 responde con una lista de rótulos de ítems de datos, sus direcciones, y el tipo y número de datos.

VIEW

Esta herramienta de la base de datos SEL-2032 lo habilita para mirar los datos que están siendo leídos, separados, y almacenados en una región de la base de datos de un puerto específico. Diversas variaciones de este comando permiten ver todo, una parte, o ítems específicos dentro de la región.

TARGET

Este comando se utiliza para ver el estado de los elementos globales y locales del SEL-2032 y el estado de cualquier elemento del relé, recibido desde un relé SEL. Los elementos del relé aparecerán agregados a los elementos locales. El comando **TARGET**, al igual que el comando **TARGET** del relé SEL, incluye variaciones que permiten solicitar todos los elementos o una fila seleccionada de elementos y repetir la solicitud automáticamente un número de veces especificado.

CARD

Con el comando **CARD** se despliega el valor de los elementos de control entrada y salida, para los puertos de la tarjeta de protocolo. El parámetro n especifica el puerto (17 ó 18). Se agrega la indicación “bit label” BL para mostrar los rótulos de los bits de control.

STATUS

El comando **STATUS** provee una descripción general del desempeño del SEL-2032 y un análisis puerto por puerto del desempeño de la base de datos y las comunicaciones. Cualquier problema con la adquisición de datos o retardos en la base de datos que ocurran en una región específica será identificado en este reporte. Esta información le ayudará a determinar

si los datos están siendo pedidos más rápido que lo que puede responder el dispositivo conectado, o si preguntas múltiples se están interfiriendo unas con otras. El despliegue de estados también identifica los puertos en comunicación transparente.

MEM

El comando **MEM** indica el estado del grupo RAM, RAM compartida, EEPROM, y memoria Flash. Se emplea para determinar si está en peligro de quedarse sin memoria.

3.2.2.3 Datos del registrador secuencial de eventos (SER).

El SEL-2032 es capaz de adquirir datos del registrador secuencial de eventos (SER) de los relés SEL, generar datos SER en base a sus 16 entradas digitales y enviar automáticamente todos los datos SER a otro SEL-2032 o a otro dispositivo recolector de datos programable. Todos los datos SER son adquiridos y transmitidos usando el protocolo Fast Message de SEL.

Se utiliza el comando **SET R** para definir qué bits son supervisados por el registrador de eventos secuenciales (SER). Esta clase de ajuste no tiene rótulos ni cursores, se ingresa el nombre de aquellos elementos del SEL-2032 que se desea sean supervisados por el SER. Los únicos elementos que son permitidos son las entradas digitales IN1– IN16. Se puede supervisar uno o todos estos elementos. Debido a que las entradas digitales están disponibles sólo con la tarjeta de E/S opcional instalada, el comando **SET R** no tiene efecto cuando la tarjeta de E/S no está instalada.

3.2.3 Gateway para Red.

El SEL-2032 puede conectarse a una variedad de redes, en forma nativa puede comunicarse como un esclavo en una red modbus UTR o DNP 3.0. El SEL-2032 tiene dos

ranuras donde pueden instalarse tarjetas de protocolo, esto le permite conectar hasta 16 dispositivos seriales a dos redes de alta velocidad.

El SEL-2032 también soporta conexiones de terminal virtual a través de las ranuras de tarjetas de comunicaciones opcionales. Por ejemplo, con un procesador Ethernet SEL-2701 instalado, los usuarios Ethernet pueden establecer sesiones telnet a través de la tarjeta, como resultado de un comando **PORT**, y comunicarse con un DEI conectado al SEL-2032.

3.2.4 Controlador programable para ecuaciones de control SELOGIC.

El SEL-2032 incluye ecuaciones de control SELOGIC® que pueden ser usadas para activar mensajes, comandos, y funciones de control, se pueden generar mensajes y acciones de control con las ecuaciones de control SELOGIC.

El SEL-2032 emite mensajes cuando una condición definida por el usuario es verdadera. La condición es definida para cada mensaje por una ecuación de control SELOGIC.

El SEL-2032 también soporta 16 bits remotos y 16 bits de interruptores en cada puerto. Estos bits pueden ser controlados por ecuaciones de control SELOGIC; o en forma directa, mediante los protocolos modbus, DNP o fast operate.

Cada uno de los puertos para tarjetas insertables (17 y 18) tiene 64 bits de entradas de control que son ajustados por la tarjeta insertada y son accedidos como elementos locales mediante ecuación de control SELOGIC. Los puertos 17 y 18 tienen 64 bits de salidas de control cada uno; las ecuaciones de control SELOGIC se definen con el comando **SET O**.

3.2.5 “Port Switch” Inteligente.

El SEL-2032, en su rol más básico, es un “port switch”. Las características del SEL-2032 que mejoran significativamente este rol son: su capacidad de multitarea/multiusuario, auto-configuración, un amplio rango de velocidades de comunicación ajustables (300 baud a 38400 baud), y una selección completa de parámetros de comunicación (bits de datos, paridad, bits de parada, RTS/CTS, y XON/XOFF).

Una vez que se ha configurado cada puerto usando el comando **SET P**, se puede iniciar la comunicación transparente con el dispositivo desde cualquier puerto usando el comando **PORT n**, donde *n* es el número de puerto. Para salir de la comunicación transparente, simplemente se usa la secuencia de desconexión por defecto, **<Ctrl+D>**, manteniendo apretada la tecla **Ctrl** y presionando la **D** del teclado.

El comando **WHO** provee una lista de todos los puertos, el tipo de relé o dispositivo conectado a cada puerto, los parámetros de comunicación actuales, y un string ID del puerto que describe el dispositivo o la aplicación. El tipo de dispositivo y el string ID del puerto son ingresados automáticamente durante el proceso de auto configuración, cuando el dispositivo conectado es un relé SEL.

Para tener acceso a los distintos niveles de comunicación del SEL-2032, se requiere emplear contraseñas. El nivel de acceso 1 permite solamente la interrogación de los ajustes y datos. Se requiere ingresar al nivel de acceso 2 para cambiar los ajustes.

3.2.6 Fuente para sincronía de tiempo.

El SEL-2032 distribuye una señal IRIG-B demodulada a través de los Puertos 1 a 16. Esta señal puede ser usada por cualquier dispositivo adjunto que reconozca el código IRIG-B

conectando el cable apropiado al SEL-2032. La señal puede ser distribuida a los relés SEL que acepten una entrada IRIG-B, usando un cable especial diseñado para atender al mismo tiempo la comunicación transmitir señales IRIG-B. El SEL-2032 genera internamente la señal IRIG-B, a menos que se conecte una fuente externa IRIG-B modulada o demodulada al SEL-2032. También se puede realizar una sincronización de tiempo del SEL- 2032 de baja exactitud, usando un protocolo serial o una tarjeta de protocolo instalada. Si el dispositivo conectado no acepta IRIG-B, puede programar el SEL-2032 para enviar un mensaje de fecha y hora al dispositivo.

3.3 COMUNICACIONES

3.3.1 Comunicación serial.

El SEL-2032 está equipado con 16 puertos de comunicación serial en el panel posterior, rotulados “PORT 1” a “PORT 16” y un puerto de comunicación serial en el panel frontal, rotulado “PORT F”, en la figura 3.3 se presenta la vista frontal del SEL-2032 y en la figura 3.4 la vista posterior.

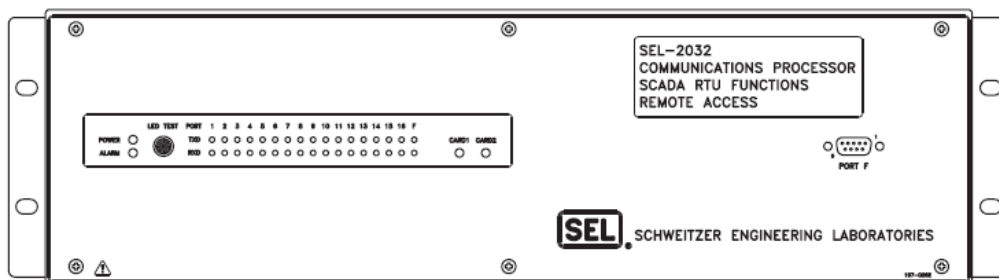


Figura 3.3 Panel frontal SEL-2032.

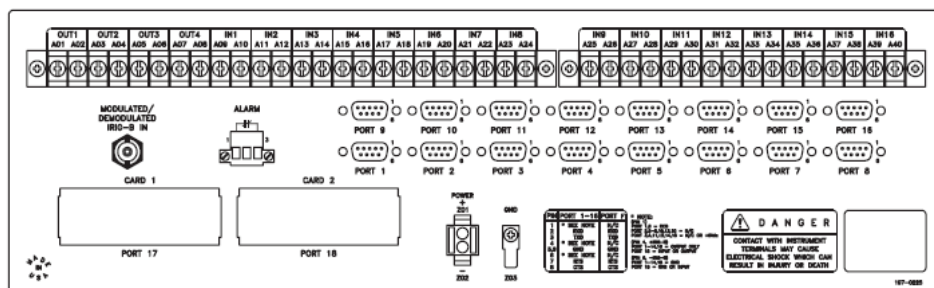


Figura 3.4 Panel posterior SEL-2032.

La conexión de datos para cada puerto de comunicación serial del SEL-2032 usa niveles de señal estándar EIA-232 en un conector DB-9 de 9 pines, ver la figura 3.5 y tabla 3.2.

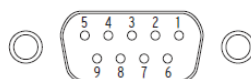


Figura 3.5 Convención de número de pin para el conector de 9 pines.

Pin	Puertos 1,9	Puerto F
1	Ver nota1	N/C
2	RXD	RXD
3	TXD	TXD
4	Ver nota2	N/C
5,9	GND	GND
6	Ver nota3	N/C
7	RTS	RTS
8	CTS	CTS

Tabla 3.2 Definición de pines para los conectores de puertos seriales del SEL-2032.

Nota 1: Puerto 1, 9 = DCD; Puerto 2, 5-8, 10, 13, 15 = N/C; puerto 3, 4, 11, 12, 14, 16 = N/C o +5 Vdc si el puente interior apropiado está instalado.

Nota 2: Puerto 1-14, 16 = Salida +IRIG-B; puerto 15 = entrada o salida +IRIG-B, dependiendo de la configuración del puente interior.

Nota 3: Puerto 1-14, 16 = Salida -IRIG-B; puerto 15 = entrada o salida -IRIG-B, dependiendo de la configuración del puente interior.

Los circuitos de comunicación son protegidos internamente por MOVs de baja energía y bajo voltaje y filtros RC pasivos.

La figura 3.6 muestra la configuración de los pines para los cables que conectan el SEL-2032 a la PC local para la configuración. Este tipo de cable se usa con un programa de emulación de terminal o con el software asistente de ajustes SEL-5020.

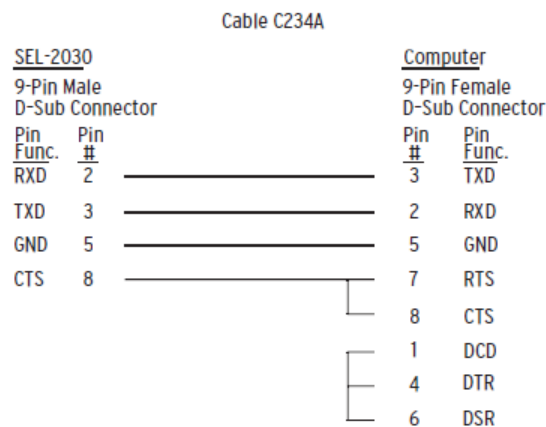


Figura 3.6 Configuración de los pines del cable C234A.

3.3.2 Comunicación Ethernet.

El SEL-2701 es una tarjeta procesadora Ethernet diseñada para su uso en equipos procesadores de comunicaciones SEL-2032 y relés de la serie SEL-400, es un sistema de procesamiento de comunicación completo, cuenta con un procesador, una memoria, interfaz con el host y la interfaz Ethernet física.

El protocolo TCP / IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) es uno de los conjuntos de protocolos más reconocidos utilizado en redes Ethernet debido a que es parte de la Internet. El SEL-2701 soporta el protocolo TCP / IP, también es compatible con la capa aplicación de protocolos TCP / IP, FTP y Telnet.

Telnet es también parte del protocolo TCP / IP, se puede utilizar para establecer una terminal de acceso remoto a un dispositivo. Una conexión de telnet proporciona acceso a la interfaz de usuario del SEL-2701, es similar a una conexión de terminal ASCII al puerto frontal de un dispositivo SEL.

El SEL-2701 puede utilizar la conexión en el puerto A o B para operar en el puerto una red. Estos puertos funcionan conjuntamente para proporcionar una interfaz principal y de respaldo, la tarjeta que se encuentra instalada en los SEL-2032 de los tableros integrales de la subestación Puebla dos tiene las siguientes características: 100BASE-FX, 100 Mbps de comunicaciones a través de cable de fibra óptica multimodo con un conector ST, como se muestra en la figura 3.7.

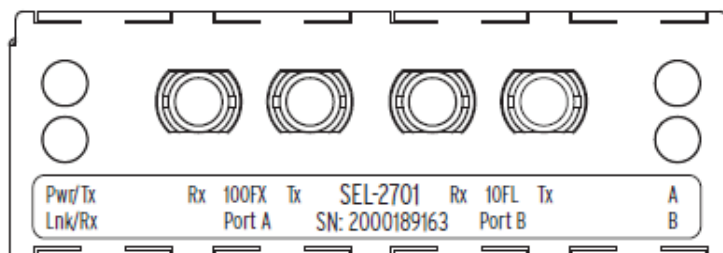


Figura 3.7 Tarjeta sel-2701 con puertos 100BASE-FX.

3.3.3 Protocolo DNP 3.0 LAN/WAN.

El SEL-2032 soporta el protocolo DNP 3.0 esclavo de nivel 2 sobre una conexión Ethernet mediante la tarjeta SEL-2701, esto se puede utilizar para el acceso de datos y para el control.

Los ajustes del protocolo DNP 3.0 que están disponibles para los puertos Ethernet 17 y 18 del SEL-2701 se pueden ver en la tabla 3.3, solo se consideran los parámetros para configurar una maestra.

Name	Description	Range	Default
ENDNP	Enable DNP3 (Y,N)	Y,N	N
DNPADR	DNP3 Address (0–65519)	0–65519	0
DNPPNUM	DNP3 Port Number for TCP and UDP (1–65534)	1–65534	20000
DNPMP01	DNP3 map Mode (AUTO, CUSTOM)	AUTO, CUSTOM	AUTO
RPADR01	DNP3 Address for Master 1 (0–65519)	0–65519	1
DNPIP01	IP Address for Master 1 (www.xxx.yyy.zzz)	20 Char String	""
DNPTR01	Transport Protocol for Master 1 (UDP, TCP)	TCP, UDP	TCP
DNPUP01	UDP Response Port Number for Master 1 (1–65534, REQ)	REQ, 1–65534	20000
UNSL01	Enable Unsolicited Reporting for Master 1 (Y,N)	Y,N	N
PUNSL01	Enable Unsolicited Reporting at Powerup for Master 1 (Y,N)	Y,N	N
DNPMP01	CUSTOM Mode: DNP3 map associated with Master 1 (1–5)	1–5	"1"
DNPCLO1	Enable Controls for Master 1 (Y,N)	Y,N	N

ECLASSA	Class for Analog Event Data (0-3)	0-3	2
ECLASSB	Class for Binary Event Data (0-3)	0-3	1
ECLASSC	Class for Counter Event Data (0-3)	0-3	0
DECPL	Data Scaling Decimal Places (0-3)	0-3	0
ANADB	Data Reporting Deadband Counts (0-32767)	0-32767	100
STIMEO	Seconds to Select/Operate Time-out (0.0-30.0)	0.0-30.0	1.0
DNPPAIR	AUTO Mode: Enable Use of DNP3 Trip Close Pairs (Y,N)	Y,N	N
DNPINA	Seconds to send Inactive Heartbeat (0=Off, 1-7200)	0-7200	120
NUMEVE	Number of Events to Transmit On (1-200)	1-200	10
AGEEVE	Age of Oldest Event to Transmit On (0-100000 sec)	0-100000	2
ETIMEO	Event Message Confirm Timeout (1-50 sec)	1-50	2
URETRY	Unsolicited Message Max Retry Attempts (2-10)	2-10	3
UTIMEO	Unsolicited Message Offline Timeout (1-5000 sec)	1-5000	60

Tabla 3.3 Ajustes del protocolo DNP 3.0 por puerto Ethernet del SEL-2032.

Puede ser útil tener en cuenta algunos parámetros que son únicos para configurar DNP3 a través de Ethernet:

- El ajuste ENDNP permite al usuario activar o desactivar todas las sesiones de la interfaz Ethernet DNP 3.0.
- El ajuste DNPMAP permite el uso de mapas de datos y control personalizados para las sesiones DNP. Este ajuste puede tener uno de dos valores-AUTO o CUSTOM.
- DECPL indica un factor de escala exponencial, 10^{DECPL} , que se multiplica por el valor en bruto para calcular las unidades de ingeniería. Así el valor por defecto de DECPL, 0, aún resultará en el valor en bruto siendo multiplicada por 1 (10^0).

Para establecer los parámetros personalizados del DNPMAP se debe especificar los puntos de datos disponibles para la sesión maestra DNP utilizando cualquiera de los 5 mapas de

datos distintos. La forma más eficaz de configurar el mapa DNP y el modo de asignar los mapas de datos maestros es utilizar el asistente de configuración SEL-5020, el cual ayuda a crear la configuración del SEL-2032.

3.4 ASISTENTE DE CONFIGURACIÓN SEL-5020

El SEL-5020 es un software asistente para crear la configuración de un SEL-2032 mediante una interfaz gráfica de usuario flexible.

La ventana principal de este programa utiliza tres pestañas, Setting Map, Update Map, y Connection Map para la operación del SEL-5020. La ventana de configuración proporciona acceso a los ajustes en el SEL-5020 y también muestra su estado, la actualización de mapas sirve para identificar los valores que se van a enviar al SEL-2032 y también para mostrar el estado de la operación y el mapa de conexión proporciona una manera fácil de conectar y desconectar a un nivel más bajo el SEL-2032.

La ventana mapa de configuración se muestra a continuación, figura 3.8. El formulario principal muestra el estado de cada puerto según la leyenda. Para acceder a los ajustes, se da clic con el botón del ratón sobre el puerto deseado y el entorno. También puede acceder a la configuración mediante la opción "editar" en el menú de formulario principal. La flecha de conexión, tal como aparece en la figura, apunta al puerto del SEL-2032 que está en comunicación con la PC.

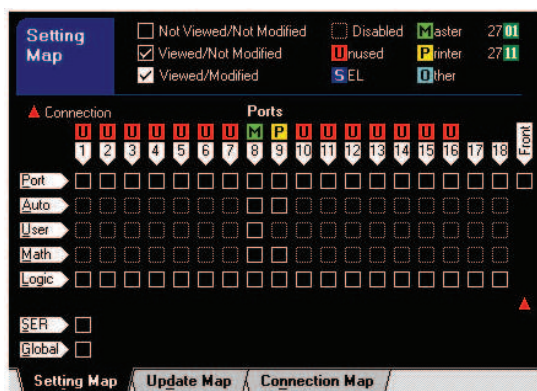


Figura 3.8 Ventana mapa de configuración del SEL-5020.

3.5 CONFIGURACIÓN DE SEL-2032

Para poder configurar el SEL-2032 se tiene que establecer el enlace con la PC, a través de un puerto serial RS-232 o un puerto Ethernet como se describe a continuación:

1. En el menú principal del asistente de configuración SEL-5020, se abre la opción **Configuration** y **Connection Directory** y en la ventana del directorio se añade una conexión en donde se agregan los parámetros de comunicación, figura 3.9.

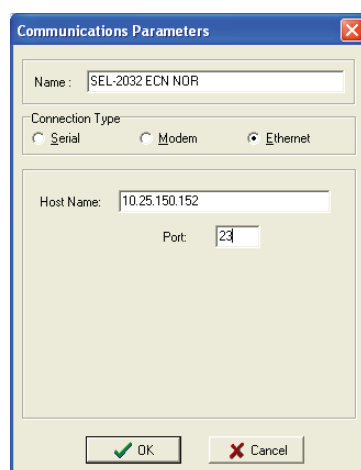


Figura 3.9 Ventana de parámetros comunicación Ethernet del SEL-5020.

2. En el menú **Configuration, Options** se ajustan las opciones de hardware y de envío de configuración, figura 3.10.

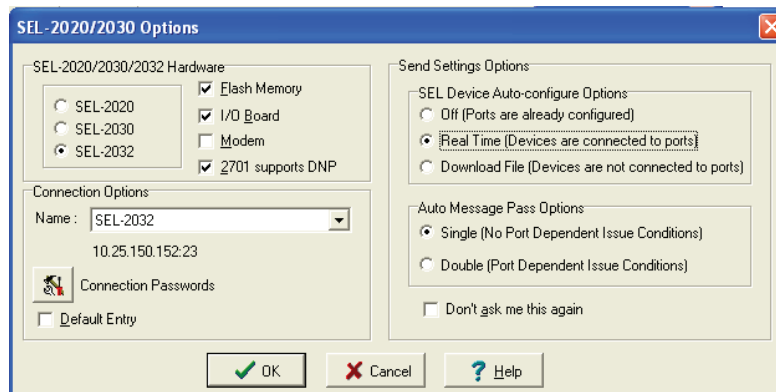


Figura 3.10 Ventana de opciones de hardware del SEL-5020.

3. Para conectarse con el SEL-2032 se abre el menú **Configuration, Connect** y se le da clic en el botón **OK**, figura 3.11.

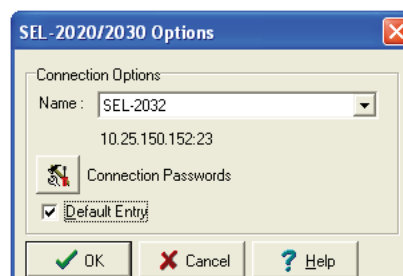


Figura 3.11 Ventana de opciones de conexión del SEL-5020.

4. Enseguida se despliega la ventana de mapa de configuración, en donde se selecciona el puerto 17, que es el que se va a configurar para que el SEL-2032 le reporte al dispositivo D20, figura 3.12.

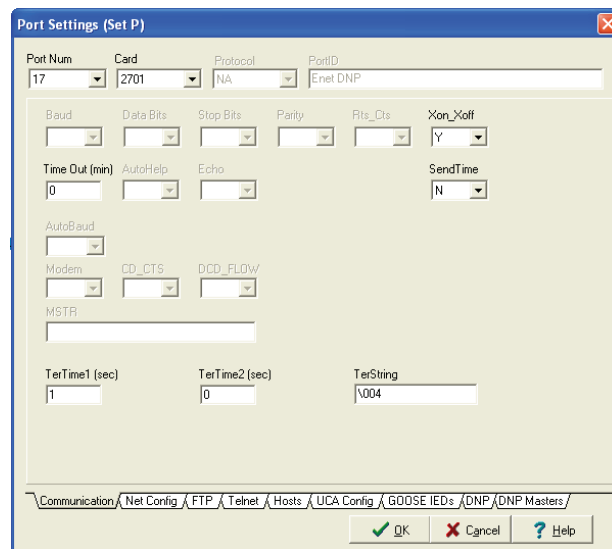


Figura 3.12 Ventana de configuración del puerto DNP 17 de programa SEL-5020.

5. En el submenú **Net Config** se configuran los parámetros de red para el puerto 17 (SEL-2701) del SEL-2032 y se selecciona el puerto de red principal que es el puerto que utiliza el cable Ethernet, figura 3.13.

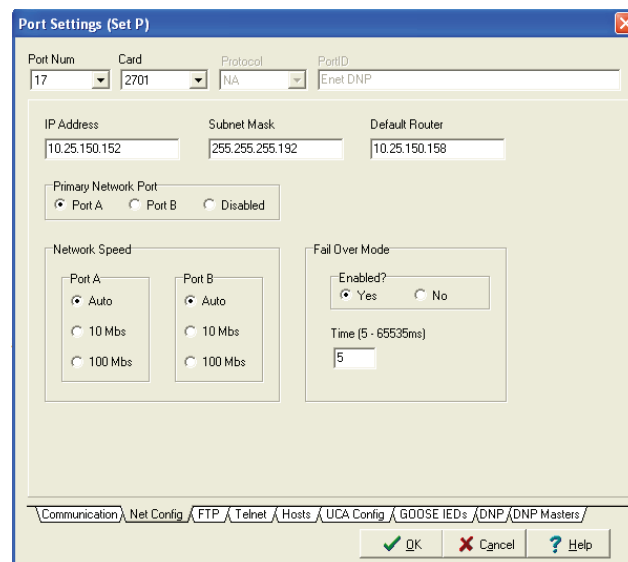


Figura 3.13 Ventana de parámetros de red del puerto 17.

6. En el submenú **Host** se configura la dirección IP del dispositivo D20, figura 3.14.

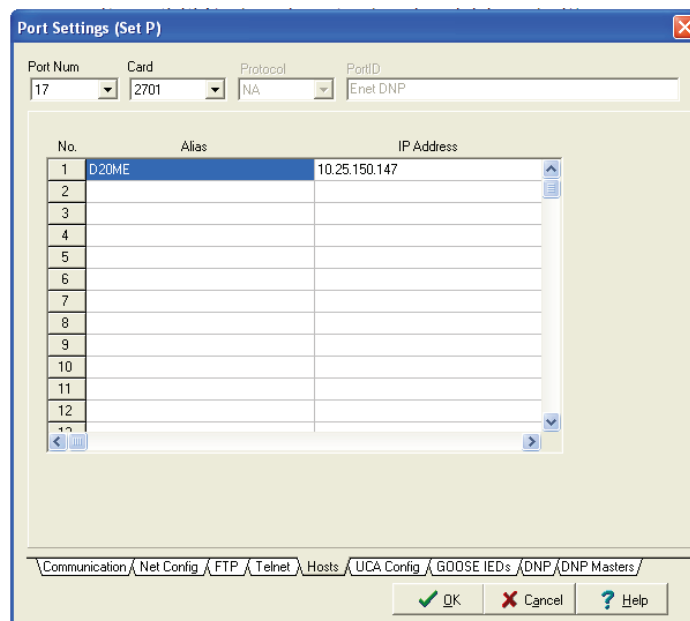


Figura 3.14 Ventana de configuración de host.

7. En la pestaña DNP se realiza la configuración del protocolo, figura 3.15, esta ventana incluye los siguientes ajustes:
 - Habilitación del protocolo DNP.
 - Dirección DNP del sel-2701.
 - Número de puerto DNP para las conexiones TCP/UDP.
 - Selección de modo de mapa DNP.
 - Selección de clases de señales analógicas y binarias.

Figura 3.15 Ventana de configuración del puerto DNP.

8. Para configurar una base de datos DNP personalizada se da clic en el botón **Edit**, desplegando los mapas de entradas binarias y analógicas y salidas binarias.

La Figura 3.16 muestra los valores para los puntos de entradas binarias. Se debe seleccionar el número de mapa personalizado en el menú desplegable. El campo de texto 0002 muestra un formato utilizado para hacer referencia a los puntos del SER. Es también una forma conveniente para hacer referencia al punto en la región del estado sin tener que utilizar la dirección exacta. El campo de texto 0001 muestra el camino directo a los puntos de referencia del SER, aquí se utiliza la dirección de inicio para la región de datos D8, que es la región de datos predeterminada establecida por el procesador de comunicaciones después de que está configurado para recibir los puntos de SER. El bit utilizado es crítico y depende de donde el punto se coloca en las regiones del estado del relé.

Custom DNP Maps

Custom Map Number : 1 Map Type : Binary Input

	Map Setting	Event Class
0000	1:680Ah:7	DFLT
0001	2:680Ah:0	DFLT
0002	3:STATE:STATE:IN101	DFLT
0003	3:STATE:STATE:IN102	DFLT
0004	3:STATE:STATE:IN301	DFLT
0005	3:STATE:STATE:IN302	DFLT
0006	3:STATE:STATE:IN303	DFLT
0007	3:STATE:STATE:IN304	DFLT
0008	3:STATE:STATE:IN305	DFLT
0009	3:STATE:STATE:IN306	DFLT
0010	3:STATE:STATE:IN307	DFLT
0011	3:STATE:STATE:IN308	DFLT
0012	3:STATE:STATE:IN403	DFLT
0013	3:STATE:STATE:IN404	DFLT
0014	3:STATE:STATE:IN405	DFLT
0015	3:STATE:STATE:IN406	DFLT

OK Cancel

Figura 3.16 Base de datos de entradas digitales del SEL-2032.

Al seleccionar en **Map Type** la opción **Analog Input** aparece la ventana de la figura 3.17 que muestra la base de datos para los puntos de entradas analógicas, aquí las mediciones que se monitorean por línea de transmisión son: corrientes y voltajes por fase, potencias activa y reactiva y frecuencia, (IA, IB, IC, VA, VB, VC, P, Q Y F).

En configuración del mapa, el campo de texto 000 muestra un formato que puede ser utilizado para hacer referencia a los puntos de datos del medidor, corriente de la fase A. También es una forma conveniente para hacer referencia al punto sin tener que utilizar la dirección exacta. La columna **Scaling** muestra el factor de escala por el que se tiene que multiplicar la medición para que dé el valor real.

Custom DNP Maps

Custom Map Number : 1 Map Type : Analog Input

	Map Setting	Event Class	Scaling	Deadband
0000	3:METER:IAX	DFLT	1.000000	DFLT
0001	3:METER:IBX	DFLT	1.000000	DFLT
0002	3:METER:ICX	DFLT	1.000000	DFLT
0003	3:METER:VA	DFLT	0.001000	DFLT
0004	3:METER:VB	DFLT	0.001000	DFLT
0005	3:METER:VC	DFLT	0.001000	DFLT
0006	3:METER:PX	DFLT	0.000100	DFLT
0007	3:METER:QX	DFLT	0.000100	DFLT
0008	3:METER:FREQ	DFLT	100.000000	DFLT
0009	4:METER:IAX	DFLT	1.000000	DFLT
0010	4:METER:IBX	DFLT	1.000000	DFLT
0011	4:METER:ICX	DFLT	1.000000	DFLT
0012	4:METER:VA	DFLT	0.001000	DFLT
0013	4:METER:VB	DFLT	0.001000	DFLT
0014	4:METER:VC	DFLT	0.001000	DFLT
0015	4:METER:PX	DFLT	0.000100	DFLT

OK Cancel

Figura 3.17 Base de datos de entradas analógicas del SEL-2032.

En la opción binary output del **Map Type** se configura la base de datos de los mandos de apertura/cierre del interruptor y del recierre, (369 y 371, respectivamente), conforme la lista de puntos de control de las salidas binarias del SEL-2032, como se muestra en la figura 3.18.

Custom DNP Maps

Custom Map Number : 1 Map Type : Binary Output

	Control Point
0000	369
0001	371
0002	377
0003	379
0004	OFF
0005	OFF
0006	OFF
0007	OFF
0008	OFF
0009	OFF
0010	OFF
0011	OFF
0012	OFF
0013	OFF
0014	OFF
0015	OFF

OK Cancel

Figura 3.18 Base de datos de salidas digitales del SEL-2032.

9. En la pestaña **DNP Masters** se configuran los ajustes para la maestra que va a estar interrogando al SEL-2032, en este caso el servidor SCADA D20. Todos los ajustes deben ser configurado correctamente para cada maestro que se utiliza, se pueden configurar hasta diez. Después de introducir las direcciones DNP e IP correctas, se elije el mapa DNP que se configuro anteriormente en el paso 8. Hay cinco mapas posibles para cada uno de los diez maestros. También se selecciona el protocolo, se configura el puerto UDP y se habilitan los controles, como se puede apreciar en la figura 3.19.

The screenshot shows the 'Port Settings (Set P)' dialog box. At the top, there are fields for 'Port Num' (17), 'Card' (2701), 'Protocol' (NA), and 'PortID' (Enet DNP). Below this, there are four sections for 'Master 1' through 'Master 4'. Each section contains fields for 'DNP Addr', 'IP Addr', 'Trans Proto', 'UDP Port', 'Unsol Pwr', 'DNP Map', 'Unsol Report', and 'En Controls'. Master 1 is configured with DNP Addr 10, IP Addr 10.25.150.147, Trans Proto UDP, UDP Port 20000, Unsol Pwr N, DNP Map 1, Unsol Report N, and En Controls Y. Master 2 has DNP Addr 1, IP Addr, Trans Proto TCP, UDP Port 20000, Unsol Pwr N, DNP Map 1, Unsol Report N, and En Controls N. Master 3 has DNP Addr 1, IP Addr, Trans Proto TCP, UDP Port 20000, Unsol Pwr N, DNP Map 1, Unsol Report N, and En Controls N. Master 4 has DNP Addr 1, IP Addr, and the other fields are empty. At the bottom, there is a breadcrumb trail: 'Communication / Net Config / FTP / Telnet / Hosts / UCA Config / GOOSE IEDs / DNP / DNP Masters'. There are also buttons for 'OK', 'Cancel', and 'Help'.

Figura 3.19 Ventana de configuración de parámetros del maestro DNP.

4. CONFIGURACIÓN DE CONSOLAS DEL SUBSISTEMA LOCAL (SSL)

4.1 SISTEMA POWERLINK ADVANTAGE

El sistema powerLink advantage es una herramienta para el manejo de utilidades eléctricas y automatización, provee funcionalidad maestra para uno o más dispositivos utilizando el protocolo DNP 3.0, es una interface de usuario gráfica basada en una PC que muestra información en tiempo real de la señalización de interruptores y cuchillas así como de las alarmas que operan en la subestación Puebla dos, proporcionando gráficamente valores de las entradas analógicas y permitiendo la ejecución de mandos de apertura/cierre de interruptores, subir/bajar taps, bloqueo/desbloqueo, etc.

Hay tres áreas importantes en la pantalla principal de la interface de usuario gráfica, las cuales son:

- El área de iconos
- Desplegado de alarmas
- El área de desplegado principal

4.1.1 El área de iconos o botones

Se encuentra situada en la parte superior de la pantalla, aquí se localizan los distintos iconos para navegación entre pantallas, así como acceso al **control del sistema** y a las **aplicaciones**, también aquí se despliegan los mensajes de error del sistema, el **nombre del operador**, la **fecha y hora**, como se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1 Área de botones del programa powerlink advantage.

4.1.2 Desplegado de alarmas

Siempre está presente en la parte inferior de la pantalla y despliega un **listado de las alarmas** que han operado recientemente, aquí se pueden reconocer las alarmas que han caído seleccionándolas del listado con el cursor y dando clic en el botón de **reconocimiento de alarma**, también se puede habilitar o deshabilitar la alarma audible dando clic en el botón de **alarma audible**, figura 4.2.

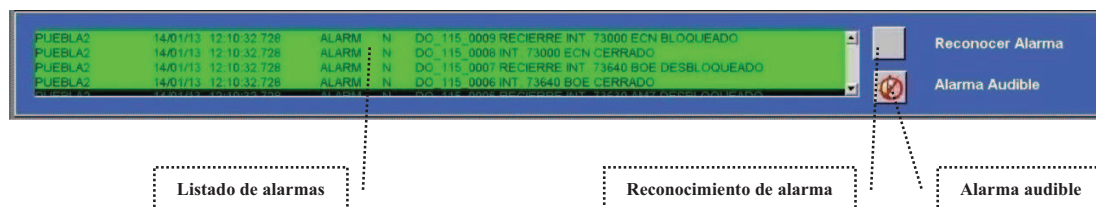


Figura 4.2 Área de despliegado de alarmas del programa powerlink advantage.

4.1.3 Área de despliegado principal

Esta área está localizada en la parte central de la pantalla. Cuando el operador selecciona un icono del área superior aquí se despliega la información correspondiente como son los unifilares, la base de datos de las entradas y salidas digitales y entradas analógicas, el histórico de alarmas, etc., como se aprecia en la figura 4.3.

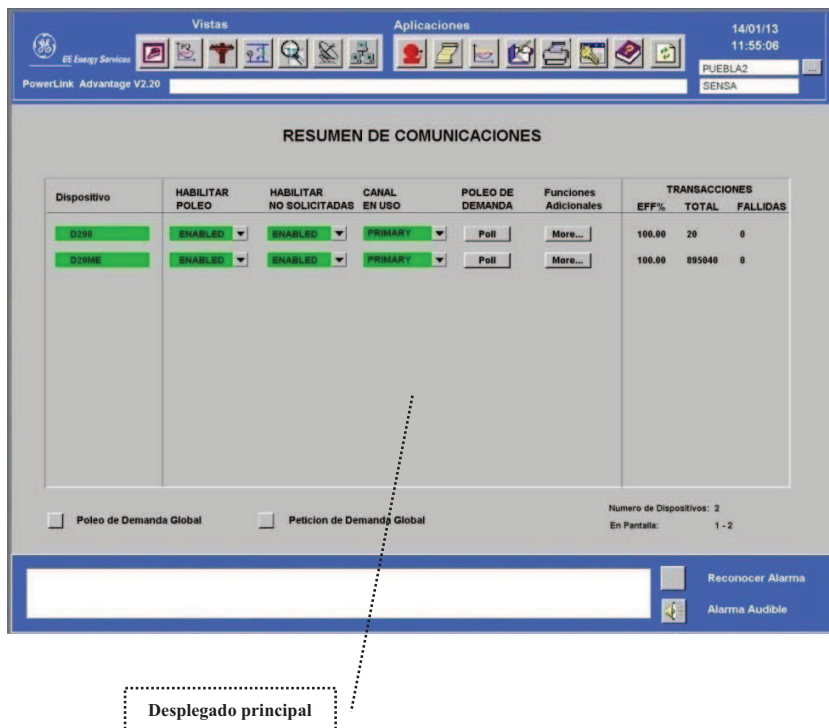


Figura 4.3 Área de desplegado principal del programa powerlink advantage.

4.2 CREACIÓN DE UN NUEVO DISPOSITIVO (UTR)

El software powerLink advantage configuration tool (PACT) es utilizado para la configuración de proyectos, provee herramientas necesarias para crear, modificar y duplicar puntos, puertos y dispositivos.

Lo primero que se tiene que configurar, antes que otra cosa, son los parámetros del proyecto, en el menú principal del programa PACT se selecciona la opción **tools, parameters, project** y aparece un cuadro de diálogo que contiene la dirección DNP, que se eligió, del dispositivo D20 (figura 2.34), como se muestra en la figura 4.4.

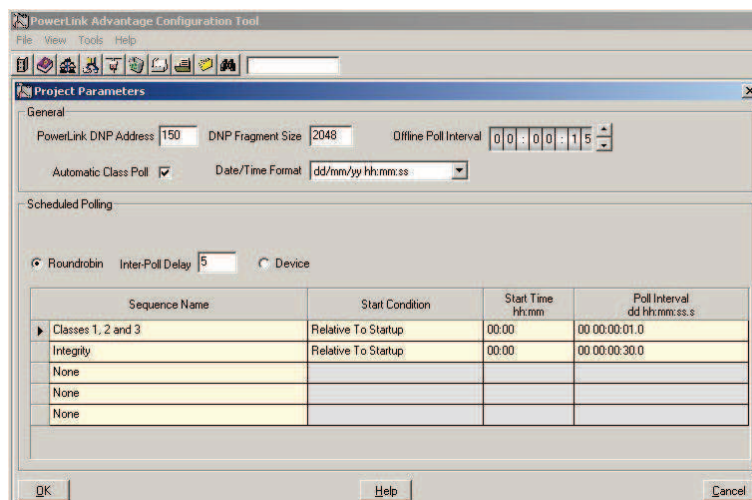


Figura 4.4 Parámetros del proyecto.

Al abrir el proyecto PUEBLA2 la interface del PACT muestra los datos del proyecto distribuidos en dos árboles, devices y ports, figura 4.5. Anteriormente la subestación Puebla dos solo contaba con una UTR, la D200, por lo que se tuvo que dar de alta un nuevo dispositivo, D20ME para migrar las señales de 115 KV's.

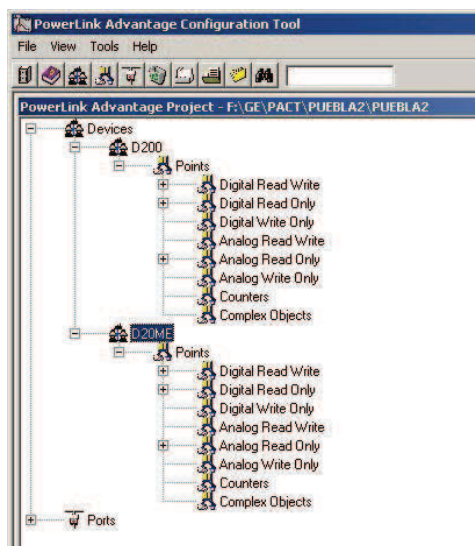


Figura 4.5 Datos del proyecto, dispositivos y puertos.

Al dar un clic derecho en el icono de **devices** despliega la opción de añadir un dispositivo, abriendo la ventana que se muestra en la figura 4.6, en donde se configura la dirección DNP de la consola, la descripción, el puerto UDP por el cual se explora la UTR, etc.

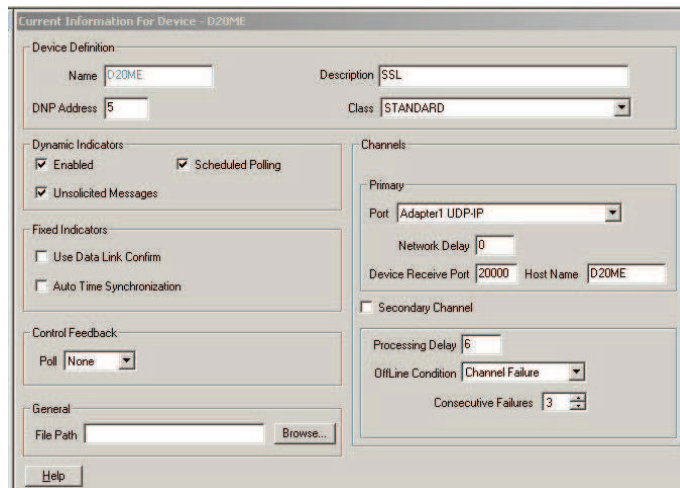


Figura 4.6 Ventana de configuración del dispositivo.

Después de haber creado el dispositivo se debe configurar el puerto de comunicación entre la consola y la UTR D20ME. Al abrir el árbol **ports**, de la ventana principal del proyecto, se muestran los puertos UDP/IP y seriales que vienen pre configurados, se elige **adapter1 UDP-IP** debido a que es un enlace Ethernet, figura 4.7.

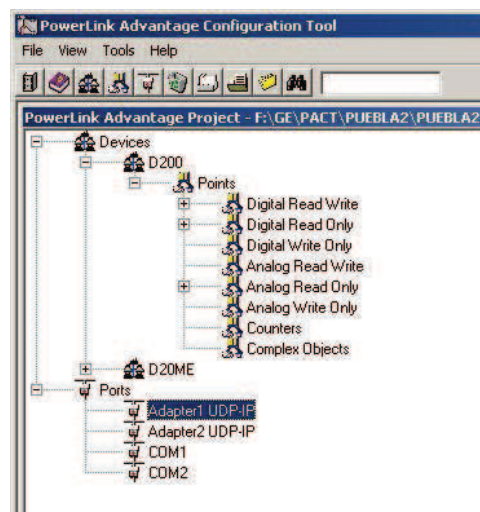


Figura 4.7 Ventana de puertos de comunicación del dispositivo.

Al dar clic sobre el puerto **adapter1 UDP-IP** se muestra la ventana de configuración del puerto, donde se introducen datos como nombre del host (consola) SSL y el puerto 2000 que debe ser el mismo que se eligió al configurar el dispositivo D20 (figura 2.24), como se muestra en la figura 4.8

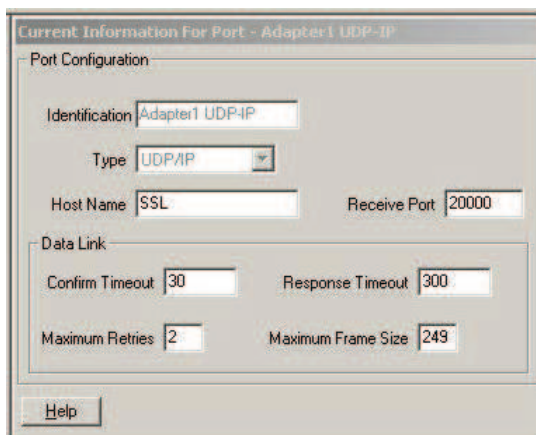


Figura 4.8 Ventana de configuración de puerto de comunicación del dispositivo.

4.3 ELABORACIÓN DE BASE DE DATOS

Ahora se tiene que dar de alta la misma base de datos de entradas y salidas digitales y entradas analógicas que se consideraron para el dispositivo D20.

Para agregar un punto de control se selecciona el árbol **digital read write** y se da clic con el botón derecho, apareciendo un menú en donde se selecciona **add a point** y se muestra una ventana de configuración de los parámetros de control, como son: nombre o tag, descripción del control, numero de punto para la retroalimentación, estado, tipo de punto (alarma, cuchilla, recierre, etc.), lógica y condición de control, numero de punto para el control, alarma, etc., como se ilustra en la figura 4.9.

Current Information - D20ME - DO_115_0008

General | Alarm | Control

Point

Name: DO_115_0008

Description: INT. 73000 ECN

SCADA Point

Size: 2 State

Input Point: 243

State Names And Control Actions:

Enumeration ID: INTERRUPTOR

I/Lock	Control Actions	Name	Input Point
None	Primary Output Point On	ABIERTO	0
None	Primary Output Point Off	CERRADO	1

Primary Output Point: 7

Other

Group Name: INTERRUPTORES

☒ Alarm Configured

Help

Figura 4.9 Cuadro de diálogo de configuración de controles.

Para agregar un punto de entradas digitales en la base de datos se selecciona el árbol **digital read only** y se da clic con el botón derecho, apareciendo un menú en donde se selecciona **add a point** y se muestra una ventana de configuración de los parámetros de entradas digitales, como son: nombre o tag, descripción, número de punto, tipo de punto (alarma, cuchilla, recierre, etc.), lógica, alarma, etc., como se ilustra en la figura 4.10.

Current Information - D20ME - DI_115_0208

General | Alarm

Point

Name: DI_115_0208

Description: RELE M PRUEBA 21/21L 73000 ECN

SCADA Point

Size: 2 State

Input Point: 207

State Names:

Enumeration ID: ALARMA_INV

Name	Input Point
OPERO	0
NORMAL	1

Other

Group Name: ALARMAS

☒ Alarm Configured

Help

Figura 4.10 Ventana de configuración de entradas digitales.

Por último, para configurar un punto de entradas analógicas se selecciona el árbol **analog read only** y se da clic con el botón derecho, apareciendo un menú en donde se selecciona **add a point** y se muestra una ventana de configuración de los parámetros de entradas analógicas, como son: nombre o tag, descripción, número de bits de la medición, numero de punto, escalamiento, grupo y unidades, como se muestra en la figura 4.11.

Figura 4.11 Configuración de entradas analógicas.

Una vez que se dan de alta todos los puntos, que se quieren monitorear y controlar, se puede visualizar la base de datos creada seleccionando el árbol correspondiente al tipo de datos y dando clic con el botón derecho en la opción **modify**, figura 4.12.

Point Name	Point Description	Group Name	Point Size	Enumeration ID	Input Point	Paired Point	Alarm Type	Alarm Class	Alarm Screen	Alarm Message
DI_115_0208	RELE M PRUEBA 21/21L 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA_INV	207		On Update	ALARM		DI_115_0208 RELE M PRUEBA 2
DI_115_0209	RELE M PRUEBA 67/67N 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA_INV	208		On Update	ALARM		DI_115_0209 RELE M PRUEBA 6
DI_115_0210	ANORM. SEL-311C 21/21L 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	209		On Update	ALARM		DI_115_0210 ANORM. SEL-311C
DI_115_0211	ANORM. SEL-351 67/67N 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	210		On Update	ALARM		DI_115_0211 ANORM. SEL-351 6
DI_115_0212	PROT. 21/21L 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	211		On Update	ALARM		DI_115_0212 PROT. 21/21L 7300
DI_115_0213	PROT. 67/67N 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	212		On Update	ALARM		DI_115_0213 PROT. 67/67N 7300
DI_115_0214	CIERRE VERIFICADO 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	213		On Update	ALARM		DI_115_0214 CIERRE VERIFICAD
DI_115_0215	RECIERRE EN SERVICIO 73000 ECN	ALARMAS	2 State	RECIERRE_INV	214		On Update	ALARM		DI_115_0215 RECIERRE EN SER
DI_115_0216	RECIERRE 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	215		On Update	ALARM		DI_115_0216 RECIERRE 73000 E
DI_115_0217	REDISPARO 50FI 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	216		On Update	ALARM		DI_115_0217 REDISPARO 50FI 7
DI_115_0218	DISPARO 50FI 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	217		On Update	ALARM		DI_115_0218 DISPARO 50FI 7300
DI_115_0219	86FI 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	218		On Update	ALARM		DI_115_0219 86FI 73000 ECN 2
DI_115_0220	FVCD DISPARO 2 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA_INV	219		On Update	ALARM		DI_115_0220 FVCD DISPARO 2 7
DI_115_0221	FVCD PROT. 21/21L 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA_INV	220		On Update	ALARM		DI_115_0221 FVCD PROT. 21/21
DI_115_0222	FVCD PROT. 67/67N 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA_INV	221		On Update	ALARM		DI_115_0222 FVCD PROT. 67/67
DI_115_0223	FVCD MMED 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA_INV	222		On Update	ALARM		DI_115_0223 FVCD MMED 73000
DI_115_0224	FVCD MC SEL2100 ECN/NOR	ALARMAS	2 State	ALARMA_INV	223		On Update	ALARM		DI_115_0224 FVCD MC SEL2100
DI_115_0225	ANORM. MC SEL2100 ECN/NOR	ALARMAS	2 State	ALARMA	224		On Update	ALARM		DI_115_0225 ANORM. MC SEL21
DI_115_0226	FALLA BOBINA DISP. 2 73000 ECN	ALARMAS	2 State	ALARMA	225		On Update	ALARM		DI_115_0226 FALLA BOBINA DIS

Figura 4.12 Ventana de base de datos de entradas digitales.

Ya que se configuro la totalidad de la base de datos en el sistema powerlink advantage se puede visualizar en tiempo real el estado que guardan cada uno de los puntos como se puede apreciar en las figuras 4.13, 4.14 y 4.15.



Nombre	Descripcion	Grupo	Valor	Unidad	Atributo
D20ME.DI_115_0208	RELE M PRUEBA 21/21L 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0209	RELE M PRUEBA 67/67N 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0210	ANORM. SEL-311C 21/21L 73000 ECH	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0211	ANORM. SEL-351 67/67N 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0212	PROT. 21/21L 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0213	PROT. 67/67N 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0214	CIERRE VERIFICADO 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0215	RECIERRE EN SERVICIO 73000 ECN	ALARMAS	BLOQUEADO		
D20ME.DI_115_0216	RECIERRE 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0217	REDISPARO 50FI 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0218	DISPARO 50FI 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0219	86FI 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0220	FVCD DISPARO 2 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		
D20ME.DI_115_0221	FVCD PROT. 21/21L 73000 ECN	ALARMAS	NORMAL		

Figura 4.13 Estado de las entradas digitales.



Nombre	Descripcion	Grupo	Valor	Unidad	Atributo
D20ME.DO_115_0320	PTO MIRRORED B.MR 6 73860 NOR	ALARMAS	OPERO		
D20ME.DO_115_0321	PTO MIRRORED B.MCP ECH/NOR	ALARMAS	OPERO		
D20ME.DO_115_0322	PTO MIRRORED B.MCP ECH/NOR	ALARMAS	OPERO		
D20ME.DO_115_0001	INT. 73070 RSN	INTERRUPTORES	CERRADO		
D20ME.DO_115_0002	RECIERRE INT. 73070 RSN	INTERRUPTORES	DES BLOQUEADO		
D20ME.DO_115_0003	INT. 77010 TRANS	INTERRUPTORES	ABIERTO		
D20ME.DO_115_0004	INT. 73630 AMZ	INTERRUPTORES	CERRADO		
D20ME.DO_115_0005	RECIERRE INT. 73630 AMZ	INTERRUPTORES	DES BLOQUEADO		
D20ME.DO_115_0006	INT. 73640 BOE	INTERRUPTORES	CERRADO		
D20ME.DO_115_0007	RECIERRE INT. 73640 BOE	INTERRUPTORES	DES BLOQUEADO		
D20ME.DO_115_0008	INT. 73000 ECH	INTERRUPTORES	CERRADO		
D20ME.DO_115_0009	RECIERRE INT. 73000 ECH	INTERRUPTORES	BLOQUEADO		
D20ME.DO_115_0010	INT. 73860 NOR	INTERRUPTORES	ABIERTO		
D20ME.DO_115_0011	RECIERRE INT. 73860 NOR	INTERRUPTORES	BLOQUEADO		

Figura 4.14 Estado de las salidas digitales.

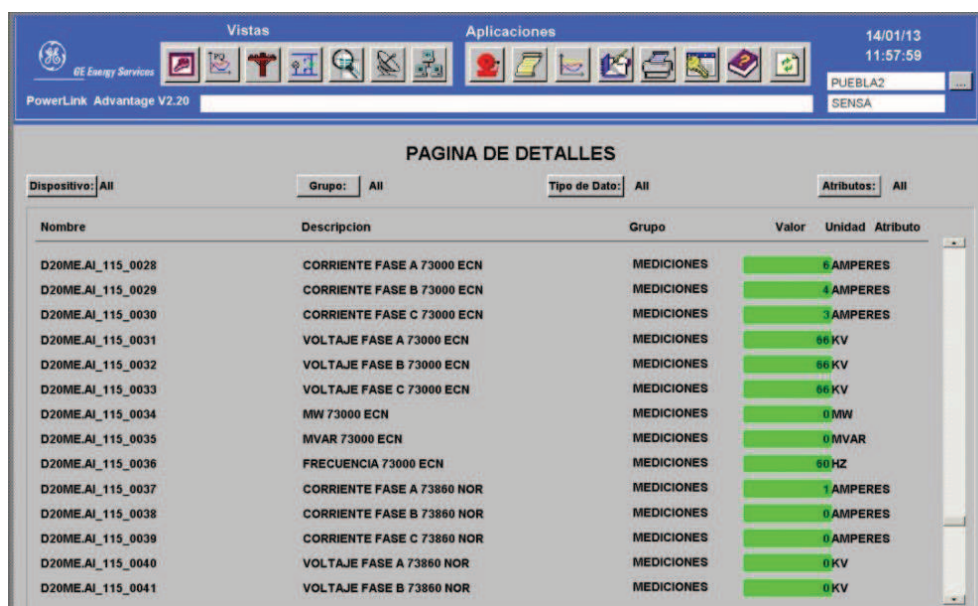


Figura 4.15 Estado de las entradas analógicas.

4.4 DIAGRAMA UNIFILAR

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella. El esquema unifilar se distingue de otros tipos de esquemas eléctricos en que el conjunto de conductores de un circuito se representa mediante una única línea, independientemente de la cantidad de dichos conductores. Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol.

El programa cimedat proporciona un conjunto de herramientas que permiten representar gráficamente las instalaciones eléctricas por medio de diagramas unifilares.

Hay que ligar los puntos de la base de datos (señalización de interruptor, cuchillas y recierre, medición de Mwatts y Mvars) con las representaciones del diagrama unifilar para tener datos en tiempo real, solo se da doble clic en el elemento del diagrama unifilar que se quiere

ligar y aparece un cuadro de diálogo **smartobject configuration** en donde se escribe, en el apartado **point ID**, el nombre o tag de la base de datos, correspondiente al punto, figura 4.16.

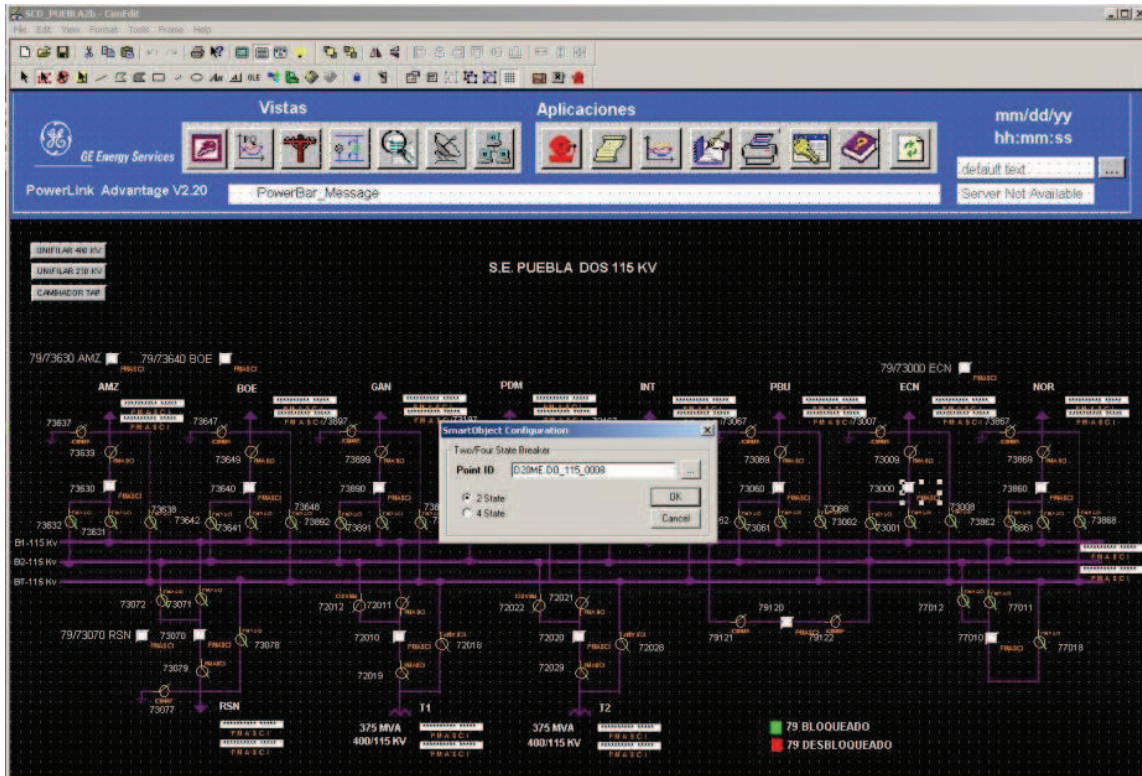


Figura 4.16 Diagrama unifilar de programa editor cimedtit.

En la figura 4.17 se muestra el unifilar de 115 KV de la subestación Puebla dos con datos en tiempo real.

5. RESULTADOS

5.1 PRUEBAS OPERATIVAS HACIA NIVEL INFERIOR

Después de que se han configurado los equipos descritos en los capítulos 2, 3 y 4 y para asegurar que se elaboraron correctamente todas las bases de datos y se configuraron adecuadamente los parámetros de comunicación, se procede a realizar las pruebas operativas hacia el nivel jerárquico inferior, verificando la operación en el servidor SCADA D20, el procesador de comunicaciones SEL-2032 y las consolas del SSL, forzando cambios de estado de todos los puntos de entradas digitales, número de cuentas para las entradas analógicas y mandos de salidas de control desde el servidor SCADA D20 y verificando la correspondencia de puntos en los equipos, es decir, debe de operar la señal correspondiente al punto que se ha forzado.

5.2 PRUEBAS OPERATIVAS HACIA NIVEL SUPERIOR

Ya que se ha comprobado que operan todos los puntos correctamente y que no existe ningún corrimiento en la base de datos se realizan las pruebas operativas hacia el nivel jerárquico superior que consisten en forzar todos los puntos de la base de datos desde el servidor SCADA para que el personal del departamento de sistemas de control de la subárea Puebla-Tlaxcala los valide en su consola de la UTM.

Al forzar las entradas digitales, desde el D20, operan en la consola de la subárea las alarmas correspondientes, de igual modo se refleja el número cuentas en las mediciones para las entradas analógicas que se han forzado y se ejecutan, desde la subárea, los mandos de cierre/apertura de interruptores y los mandos de bloqueo/desbloqueo del recierre de la línea de

Comisión Federal de Electricidad
Área de Control Oriental
Departamento de Sistemas de Control de Energía

Inicio

Alarmas

Base de Datos

Puntos SCADA

Histórico

CONSULTA DE ALARMAS EN MAESTRA ACOR

Dia

Mes

Año

Fecha Inicial

22

May

2013

FBD - Puebla Dos

Fecha Final

22

May

2013

Consultar

22/may/2013	14:32:02	02	PBD	AL-73000	FCD	PR	67/N	NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:31:57	02	PBD	AL-73000	FCD	PR	67/N	OPERO				
22/may/2013	14:31:50	02	PBD	AL-73000	FCD	PR	21/N	NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:31:43	02	PBD	AL-73000	FCD	PR	21/N	OPERO				
22/may/2013	14:31:25	02	PBD	AL-73000	FCD	CTO	DISP 2	NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:30:27	02	PBD	AL-73000	FCD	CTO	DISP 2	OPERO				
22/may/2013	14:30:17	02	PBD	PR-86FI	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:30:12	02	PBD	PR-86FI	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:30:03	02	PBD	PR-51/50FI	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:30:01	02	PBD	PR-51/50FI	73000	ECN		NORMAL	Tiempo SOE: 22 MAY '13	14:30:01.614		
22/may/2013	14:29:55	02	PBD	PR-51/50FI	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:29:54	02	PBD	PR-51/50FI	73000	ECN		OPERO	Tiempo SOE: 22 MAY '13	14:29:54.322		
22/may/2013	14:31:43	02	PBD	AL-73000	FCD	PR	21/N	OPERO				
22/may/2013	14:31:25	02	PBD	AL-73000	FCD	CTO	DISP 2	NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:30:27	02	PBD	AL-73000	FCD	CTO	DISP 2	OPERO				
22/may/2013	14:30:17	02	PBD	PR-86FI	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:30:12	02	PBD	PR-86FI	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:30:03	02	PBD	PR-51/50FI	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:29:55	02	PBD	PR-51/50FI	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:29:35	02	PBD	PR-79	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:29:29	02	PBD	PR-79	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:29:22	02	PBD	CT-79	73000	ECN		BLOQ				
22/may/2013	14:29:15	02	PBD	CT-79	73000	ECN		DESBLO	RTN			
22/may/2013	14:29:03	02	PBD	PR-51/67N	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:29:03	02	PBD	PR-51/67N	73000	ECN		NORMAL	Tiempo SOE: 22 MAY '13	14:29:03.844		
22/may/2013	14:29:35	02	PBD	PR-79	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:29:29	02	PBD	PR-79	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:29:22	02	PBD	CT-79	73000	ECN		BLOQ				
22/may/2013	14:29:15	02	PBD	CT-79	73000	ECN		DESBLO	RTN			
22/may/2013	14:29:03	02	PBD	PR-51/67N	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:28:39	02	PBD	PR-51/67N	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:28:39	02	PBD	PR-51/67N	73000	ECN		OPERO	Tiempo SOE: 22 MAY '13	14:28:39.468		
22/may/2013	14:28:30	02	PBD	PR-21F	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:28:30	02	PBD	PR-21F	73000	ECN		NORMAL	Tiempo SOE: 22 MAY '13	14:28:30.531		
22/may/2013	14:28:22	02	PBD	PR-21F	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:28:22	02	PBD	PR-21F	73000	ECN		OPERO	Tiempo SOE: 22 MAY '13	14:28:22.394		
22/may/2013	14:28:30	02	PBD	PR-21F	73000	ECN		NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:28:22	02	PBD	PR-21F	73000	ECN		OPERO				
22/may/2013	14:28:11	02	PBD	AL-73000	RELE	INOP	51	NORMAL	RTN			
22/may/2013	14:28:04	02	PBD	AL-73000	RELE	INOP	51	OPERO				
22/may/2013	14:27:48	02	PBD	AL-73000	RELE	INOP	21	OPERO				

5.3 ENTREGA DE SEÑALES A OPERACIÓN

Una vez concluidas satisfactoriamente las pruebas y después de haberlas validado el personal del departamento de sistemas de control se hace entrega, a personal de operación de la subárea Puebla-Tlaxcala, de todas las señales de bahía para su supervisión y control a distancia para la operación eficiente del sistema eléctrico nacional tendiente a proporcionar a los usuarios un servicio público de energía eléctrica continuo, de calidad y con la máxima seguridad.

Desde que se comenzó con este proyecto de configuración de un servidor SCADA para adquisición de datos se han migrado desde el equipo SICLE anterior a este nuevo sistema todas las señales de siete líneas de transmisión de 115 KV de la subestación Puebla dos, como se muestra a continuación en la tabla 5.1, faltando todavía por migrar dos líneas más.

LINEA DE TRANSMISIÓN	No. DE ENTRADAS DIGITALES	No. DE ENTRADAS ANALÓGICAS	No. DE SALIDAS DIGITALES	INICIO DE OPERACIÓN
PBD-73070-RSN	47	9	2	02 FEBRERO 2011
PBD-73630-AMZ	47	9	2	24 JUNIO 2011
PBD-73640-BOE	47	9	2	02 AGOSTO 2011
PBD-73000-ECN	56	9	6	07 DICIEMBRE 2012
PBD-73860-NOR	51	9	2	06 FEBRERO 2013
PBD-73890-GAN	54	9	6	24 OCTUBRE 2013
PBD-73160-INT	55	9	2	01 DICIEMBRE 2013

Tabla 5.1 Líneas de transmisión y señales supervisadas por el servidor SCADA configurado.

A continuación se incluye un oficio suscrito por el Ing. Alejandro Bautista Sánchez, jefe del departamento de control de la zona de transmisión Puebla en el que se informa de las señales correspondientes a las líneas de transmisión de 115 KV que se han migrado al sistema SCADA configurado en la subestación Puebla dos.

Asunto: Constancia de participación

A quien corresponda:

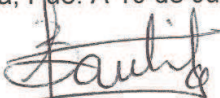
Por medio del presente se informa que a partir del mes de febrero del año 2011 se encuentra en funcionamiento el servidor SCADA Harris de la subestación Puebla dos para el monitoreo de señales y control a distancia de las líneas de transmisión de 115 KV. A partir de esta fecha se han integrado gradualmente al servidor SCADA las señales de siete líneas, de un total de nueve, siendo estas:

PBD-73070-RSN, PBD-73630-AMZ, PBD-73640-BOE, PBD-73000-ECN,
PBD-73860-NOR, PBD-73890-GAN y PBD-73160-INT

Para la realización de estos trabajos se ha contando con la participación del C. Juan Jaime Mauricio Licona Chávez en la configuración de equipos, pruebas operativas y puesta en servicio.

Con esta integración se ha logrado un incremento considerable en la capacidad de señales supervisadas y una mayor confiabilidad para la operación eficiente del sistema eléctrico nacional en lo que respecta a la subestación Puebla dos.

Atentamente
Puebla, Pue. A 10 de Junio del 2014



Ing. Alejandro Bautista Sánchez
Jefe Depto. Control Zona de Transmisión Puebla



5.4 INCONVENIENTES CONTRA MEJORAS

En la tabla 5.2 se enlistan los inconvenientes del sistema anterior y las mejoras logradas con el sistema SCADA D20.

INCONVENIENTES SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO ANTERIOR	MEJORAS SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO CONFIGURADO
Incremento de costos y tiempo de puesta en servicio al hacer el cableado de señales con cobre.	Reducción de cableado de control.
Se requiere de módulos periféricos de entradas y salidas	Registro secuencial de eventos.
Disminución de la confiabilidad del sistema al haber pérdida de señales o cortos en el trayecto por mal estado del cable.	Mayor confiabilidad del sistema con el monitoreo continuo de la comunicación entre equipos.
Mayor indisponibilidad de los equipos.	Incremento de la disponibilidad del sistema con menores puntos de conexión.
Problemas asociados a inducción, interferencia y elevaciones de voltaje.	Eliminación de problemas de inducción, interferencia y sobre voltajes.
Diferencias entre las lecturas de la medición debidas a las distintas fuentes de información.	Se evitan las diferencias entre las lecturas de la medición al contar solo con una fuente directa de información.
	Supervisión permanente del estado operativo del sistema.
	Distribución de señal de sincronía en todos los DEI's.
	Ahorro significativo en costos del proyecto, tiempo de puesta en servicio y de mantenimiento.

Tabla 5.2 Listado de inconvenientes contra mejoras entre el sistema de control supervisorio anterior y el configurado.

CONCLUSIONES

Derivado del compromiso de la comisión federal de electricidad de ofrecer servicios de excelencia, con criterios de suficiencia, competitividad y sustentabilidad y al constante incremento de la demanda de energía eléctrica, es imprescindible contar con un sistema de control supervisorio que permita la operación local y remota de los equipos asociados a una instalación eléctrica de forma segura y confiable, garantizando con esto altos índices de calidad en los procesos y reduciendo los costos de operación y mantenimiento y los tiempos de puesta en servicio.

Los criterios de diseño empleados en el presente trabajo, permiten aprovechar la capacidad de los dispositivos electrónicos inteligentes modernos en el desarrollo de proyectos de sistemas integrados de protección, control y medición, teniendo un impacto significativo en el costo, calidad, tiempo de desarrollo y confiabilidad del sistema, también se logra una disminución en el uso de cable de cobre y en consecuencia una reducción de los requerimientos de espacio para cableado dentro y fuera de la caseta de control al hacer uso de módulos de entradas/salidas con enlaces de comunicaciones de fibra óptica.

Un sistema integrado de protección, control y medición diseñado apropiadamente, como el de la subestación Puebla dos, puede aprovechar al máximo los conceptos de sincronía de tiempo, confiabilidad, disponibilidad y congruencia de la información, además de contar con características muy importantes, tales como:

- Distribución de señal IRIG-B demodulada a través de todos los dispositivos electrónicos inteligentes interconectados, con lo que se facilita el análisis de falla al tener un estampado de tiempo en milisegundos permitiendo la correlación de múltiples eventos.
- Registro secuencial de eventos que facilita el análisis de disturbios en el sistema y la comprensión de la secuencia de eventos.

- Reducción de cableado de control y eliminación de problemas asociados a inducción, interferencia y elevaciones de voltaje con el uso de fibra óptica y módulos de entradas y salidas.
- Mayor confiabilidad del sistema con el monitoreo continuo y alarmas de comunicación para cada módulo.
- Incremento de la disponibilidad del sistema con menores puntos de conexión.
- Supervisión continua del estado operativo del sistema.
- Ahorro significativo en costo del proyecto, tiempo de puesta en servicio, entrenamiento, análisis de fallas, costos operativos asociados y mantenimiento.

El sistema configurado cumple, además, con una de las características más importantes del control supervisorio, que es la de visualización en “tiempo real”, por lo que la información de carácter operativo siempre está disponible para el usuario de manera oportuna.

Por otro lado, al realizar las pruebas de las entradas digitales se observa que las alarmas correspondientes a la falta de voltajes de corriente directa de las protecciones señalizan contrariamente, es decir, al estar en estado normal indican como si estuvieran operadas, por lo que se procede a invertir el estado en el servidor SCADA D20 y en las consolas del SSL para corregir su señalización para no modificar la configuración de los relevadores de protección.

En los valores de entradas analógicas se encuentra que no corresponde el número de cuentas que se simula, con la medición que se refleja en el equipo debido a los datos de escalamiento, por lo que se tiene que configurar el procesador de comunicaciones SEL-2032 de acuerdo a la siguiente tabla, con lo que se corrige el problema, mostrando ya los valores de la medición correcta.

VARIABLE	ESCALA PUERTO 12 IHM	ESCALA PUERTO 17 DNP LAN/WAN
CORRIENTE FASE A	10	1.000000
CORRIENTE FASE B	10	1.000000
CORRIENTE FASE C	10	1.000000
VOLTAJE FASE A	.010	0.001000
VOLTAJE FASE B	.010	0.001000
VOLTAJE FASE C	.010	0.001000
MW	.00001	0.000100
MVAR	.00001	0.000100
FRECUENCIA	10	100.000000

Tabla de escalamiento de entradas analógicas para procesador de comunicaciones SEL-2032.

Una mejora que se logra en las entradas analógicas, con respecto al sistema anterior, es evitar las diferencias entre las lecturas en la estación maestra y los medidores locales debido a que se tiene una sola fuente de información para las mediciones al eliminar el uso de transductores externos para la supervisión de mediciones debido a que los DEI's realizan esta labor más eficientemente.

Para las salidas digitales se ejecutan mandos de cierre/apertura de interruptores desde el servidor SCADA D20 y desde las consolas del SSL llegando correctamente al equipo primario correspondiente en la bahía. También se ejecutan mandos de bloqueo/desbloqueo del recierre de la línea de transmisión operando adecuadamente el relevador.

Para las líneas de transmisión PBD-73000-ECN y PBD-73860-GAN, que van hacia las subestaciones de distribución el conde y Guadalupe Analco, respectivamente, se tuvieron que implementar además los mandos de apertura y cierre de las cuchillas de bus 1, bus 2, transferencia y línea para que sean ejecutados por el operador de la subestación Puebla dos

desde las consolas del SSL debido a que se dañaron las pantallas IHM (interfaz hombre-máquina) de los tableros integrales desde donde normalmente se enviaban estos mandos.

Por todo lo descrito anteriormente se puede concluir que se cumplió con el objetivo general al configurar un sistema SCADA que sea capaz de adquirir datos de bahía a través de procesadores de comunicación en protocolo DNP 3.0 LAN/WAN y enviarlos hacia nivel superior e inferior para la supervisión y control a distancia de la subestación eléctrica Puebla dos.

GLOSARIO

ACOR Área de control oriental, es la entidad que tiene a su cargo el control y la operación de un conjunto de centrales generadoras, subestaciones y líneas de transmisión dentro de un área geográfica determinada por el grupo director del CENACE.

ASCII Código estándar estadounidense para el intercambio de información, está basado en el alfabeto latino y utiliza 7 bits para representar los caracteres.

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.

BIT Es el acrónimo de binary digit o dígito binario. Un bit es un dígito del sistema de numeración binario. Las unidades de almacenamiento tienen por símbolo bit. Un bit o dígito binario puede representar uno de esos dos valores: 0 o 1.

BAHÍA Conjunto conformado por los equipos que se utilizan para conectar una línea de transmisión, un equipo de compensación o un transformador.

CANAL DE COMUNICACIÓN Es la vía de propagación de la información, incluyendo cables, atmósfera, vidrio y/o equipos que se localizan entre el transmisor y el receptor.

CCL La consola de control local es el dispositivo por el cual se debe tener el control del total del equipo eléctrico primario de la subestación y también es el medio que debe proporcionar al operador toda la información referente a la subestación

CENACE Centro nacional de control de energía. Entidad responsable en la comisión federal de electricidad de la operación del sistema eléctrico nacional (SEN).

CENTRO DE CONTROL Es la entidad de la comisión federal de electricidad encargada de la supervisión y telecontrol de las instalaciones eléctricas. Por su importancia y nivel de tensión supervisado existen varias subdivisiones (nacional; áreas de control; subáreas de control).

CI La consola de ingeniería debe tener las mismas características de la consola de control local, este equipo principalmente se utiliza para la conexión con los dispositivos electrónicos inteligentes, a través del puerto transparente con protocolo propietario, para configuración o acceso a información de los dispositivos, a través de la red LAN, así como para la configuración del Sistema CCL, Servidor SCADA y MCAD's.

CONFIGPRO Es el programa configurador del servidor SCADA Harris, está basado en Windows, es una herramienta que ayuda a gestionar la información asociada con la unidad terminal remota.

CONTOL SUPERVISORIO Es un equipo que ha sido diseñado con la finalidad de obtener información y control a distancia de las instalaciones eléctricas desde una estación maestra mediante la cual se hace posible la ejecución de controles, adquisición de información analógica y adquisición de información digital, mediante estaciones remotas ubicadas en las subestaciones, con el fin de proporcionar un mejor servicio.

CUCHILLA Es un dispositivo primario de maniobra diseñado para seccionar un circuito de potencia sin flujo de corriente, solo con potencia.

D20 Unidad terminal remota de la marca GE Harris que se compone de tarjetas procesadoras, módulos periféricos, fuente de alimentación y equipo de comunicación.

DATAGRAMA Es un fragmento de paquete que es enviado con la suficiente información para que la red pueda simplemente encaminar el fragmento hacia el equipo terminal de datos receptor, de manera independiente a los fragmentos restantes.

DCA Aplicación de colección de datos, es responsable de coleccionar los datos de una fuente externa, como un DEI conectado y del mapeo de este en el sistema de puntos de base de datos, para su almacenaje.

DB9 Es un conector analógico de 9 pines de la familia de conectores Sub-D que se utiliza principalmente para conexiones en serie, ya que permite una transmisión asíncrona de datos según lo establecido en la norma RS-232.

DECODIFICADOR Es un dispositivo que acepta una entrada digital codificada en binario y activa una salida. Este dispositivo tiene varias salidas, y se activará aquella que establezca el código aplicado a la entrada.

DEI Dispositivo electrónico inteligente con una función específica como puede ser Medición, Protección, etc. y que está equipado con una interfaz de comunicación.

DP Dispositivo de potencial, es un elemento para obtener pequeñas cantidades de potencia de líneas de alta tensión, entregan una tensión de salida de 115 V y 66.4 V, que es sustancialmente proporcional a la tensión de fase a tierra de la línea y que está en fase con la misma.

DPA Aplicación de procesamiento de datos, toma copia de cualquier dato disponible en la base de datos del sistema y lo procesa en un formato compatible con el protocolo de la estación maestra.

DTA Aplicación de traslación de datos, combina elementos de la DPA y DCA, puede copiar datos existentes del “system point database”, procesarlos y generar puntos de salida de regreso a la base de datos. Los puntos de datos creados por la DTA son frecuentemente llamados “pseudo-puntos”, dado que no son puntos físicos.

EIA-232 Interfaz que define las características mecánicas, eléctricas y funcionales entre un DTE (equipo terminal de datos) y un DCE (equipo terminal del circuito de datos). Esta interfaz fue publicada originalmente en el año 1962 como el estándar RS-232.

EEPROM Memoria programable borrrable de solo lectura. También se la conoce como E-2-PROM. Como su nombre sugiere, una EEPROM puede ser borrada y programada con impulsos eléctricos. Al ser una pieza que se puede gestionar por estos impulsos eléctricos, podemos realizar todas estas operaciones de reprogramación sin tener que desconectarla de la placa a la cual va conectada.

ENTRADAS DIGITALES Son señales digitales provenientes de campo que solamente tienen dos estados posibles: alto/bajo, abierto/cerrado, etc.

ENTRADAS ANALÓGICAS Son señales de naturaleza continua como la corriente, el voltaje, potencia (activa y reactiva), frecuencia, etc.

EPA Es el modelo de arquitectura para actuación mejorada, (en inglés, Enhanced Performance Architecture) es una simplificación del modelo OSI que está concebido específicamente para sistemas de telecontrol, utiliza solamente tres de las siete capas del modelo OSI las cuales son: física, enlace y aplicación.

EPROM ROM programable borrrable, es una memoria ROM no volátil.

FILTROS RC PASIVOS Es un circuito formado por resistores y capacitores que sólo deja pasar un rango de frecuencias.

FIRMWARE Es un programa que es grabado en una memoria ROM y establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo. Se considera parte del hardware por estar integrado en la electrónica del dispositivo, pero también es software, pues proporciona la lógica y está programado por algún tipo de lenguaje de programación.

FULL DUPLEX (Definición en idioma Inglés) Dialogo simultaneo en ambos sentidos. Termino de comunicaciones para referirse a enlace de datos o voz en ambos sentidos de manera simultánea.

GE HARRIS General Electric Harris es una compañía internacional de comunicaciones y tecnología de la información que sirve los mercados gubernamentales y comerciales en más de 125 países.

GPS Sistema de posicionamiento global, es un sistema compuesto por un lado por una red de 30 satélites denominada NAVSTAR, situados en una órbita a unos 20.000 km. de la Tierra, y por otro lado por unos receptores GPS, que permiten determinar nuestra posición en cualquier lugar del planeta, bajo cualquier condición meteorológica.

HALF (Definición en idioma Inglés) Dialogo no simultaneo en ambos sentidos. Termino de comunicaciones para referirse a enlace de datos o voz en ambos sentidos de manera no simultánea.

HOST Anfitrión en español, es usado en informática para referirse a las computadoras conectadas a una red, que proveen y utilizan servicios de ella. Los usuarios deben utilizar anfitriones para tener acceso a la red.

IEC 870-5 Es conjunto de normas que definen los sistemas utilizados para el telecontrol, proporciona un perfil de comunicación para el envío de mensajes básicos entre dos sistemas.

IHM Interfaz hombre-máquina. Es la parte de un sistema con la que el usuario puede interactuar con él, permitiendo controlar, monitorear, diagnosticar y gestionar alguna aplicación. Proporciona un interfaz de control y visualización entre un ser humano y un proceso, máquina, aplicación o dispositivo.

INTERFACE Término general que define la interconexión entre dispositivos en forma local o a distancia, a través de líneas físicas o de algún otro medio de programación y/o comunicación.

INTERRUPTOR DE POTENCIA Es un dispositivo primario de maniobra con capacidad de interrumpir un flujo de corriente en condiciones normales o de disturbio y en un tiempo mínimo.

INTERFASE GRAFICA DE USUARIO Es el software que crea un medio físico al usuario para interactuar con un sistema computacional y de aplicaciones, independientemente de la funcionalidad del programa de aplicación.

ISO Organización Internacional para la Estandarización . (Por sus siglas en Inglés International Standards Organization). Es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas industriales. Su función principal es la de buscar la estandarización de normas de productos y seguridad para las empresas u organizaciones, públicas o privadas, a nivel internacional.

IRIG-B Protocolo de sincronización de tiempo por GPS. (Por sus siglas en Inglés, se define como: "Inter-Range Instrumentation Group - Time Code Format B".

LAN (De las siglas de la definición original en idioma Inglés: "Local Área Network") Termino informático que define los equipos y/o programación utilizados para la interconexión entre equipo de computo a nivel de un sistema físicamente reducido, comprendiendo instalaciones, oficinas, edificios, etc. "red de área local".

LATCH Relevador que cuenta con dos bobinas set y reset que al ser energizadas mantienen cerrado o abierto los contactos, a diferencia de los relevadores sencillos que su operación es por pulsos.

LINEA DE TRANSMISIÓN La línea está formada por conductores eléctricos con una disposición geométrica determinada que condiciona las características de las ondas electromagnéticas en ella. Confina la energía electromagnética a una región del espacio limitada por el medio físico que constituye la propia línea.

MAPEO Es una técnica de programación para convertir datos entre el lenguaje de programación orientado a objetos y el utilizado en una base de datos relacional.

MB Megabyte es un múltiplo del byte u octeto, que equivale a 10^6 B (un millón de bytes).

Mbps El megabit por segundo es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos equivalente a 1 024 kb/s.

MCAD Módulos de control y adquisición de datos. Conjunto de equipos y programas para realizar el intercambio de datos entre los dispositivos electrónicos inteligentes (DEI's), de la subestación y el Servidor SCADA para el control y supervisión desde cualquier nivel de seguridad.

MODBUS Es un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor.

MODEM (De su definición Original en idioma Inglés: "Modulator/Demodulator") Dispositivo por medio del cual un computadora puede mandar o recibir datos a través de una red de telecomunicaciones. Dispositivo de modulación - demodulación de datos para diferentes medios de comunicación.

MUX Multiplexor, es un circuito con varias entradas y una única salida de datos, está dotado de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada hacia dicha salida, se utiliza como dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las por un medio de transmisión compartido. Para ello lo que hace es dividir el medio de transmisión en múltiples canales, para que varios nodos puedan comunicarse al mismo tiempo.

NODO Dispositivo físico/lógico de una red.

NIVEL INFERIOR Sistema de supervisión, control o informático considerado en un nivel jerárquico inferior para intercambio de datos o recepción de comandos.

NIVEL SUPERIOR Sistema de supervisión, control o informático considerado en un nivel jerárquico superior para intercambio de datos o recepción de comandos.

NVRAM Memoria de acceso aleatorio no volátil, es un tipo de memoria de acceso aleatorio que, como su nombre indica, no pierde la información almacenada al cortar la alimentación eléctrica.

OPLAT Onda portadora por línea de alta tensión que hace uso de la misma línea de alta tensión como medio físico de transporte de la información. El sistema OPLAT es el método más común de comunicaciones entre subestaciones y es utilizado para la transmisión de fax y datos, telefonía, telemandos, protección de la red etc. Este sistema de comunicación ha desarrollado la reputación de ser uno de los más económicos y altamente confiables.

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

OSI Modelo de interconexión de sistemas abiertos (en inglés, Open System Interconnection) es el modelo de red descriptivo, que fue creado por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) en el año 1980. Es un marco de referencia para la definición de arquitecturas en la interconexión de los sistemas de comunicaciones.

POWERLINK ADVANTAGE Es una herramienta para el manejo de utilidades eléctricas y automatización, es una interface de usuario grafica basada en una PC que muestra información en tiempo real de la señalización de interruptores y cuchillas así como de las alarmas que operan en la subestación Puebla dos, proporcionando gráficamente valores de las entradas analógicas y permitiendo la ejecución de mandos de apertura/cierre de interruptores, subir/bajar taps, bloqueo/desbloqueo, etc.

PROCESADOR DE COMUNICACIONES SEL-2032 Dispositivo que adquiere y almacena datos de los relevadores de protección, separa esta información en partes útiles, y distribuye sólo los datos necesarios a otros dispositivos o sistemas como las unidades terminales remotas (UTR).

PROTOCOLO Formato y/o tecnología que en forma lógica y/o física realiza la función de intercambio de información y comandos entre diferentes sistemas de cómputo independientes o en redes ya sea normalizados o de procesos específicos del tipo SCADA para intercambio entre estación maestra y unidades terminales remotas.

PROTOCOLO DNP 3.0 (De las siglas de su definición original en idioma Inglés: Distributed Network Protocol) Protocolo para red distribuida que fue desarrollado para alcanzar interoperabilidad abierta y estándar entre elementos de subestaciones, como RTUs, IEDs y PCs, y las estaciones principales de monitoreo y control en las compañías eléctricas.

PUERTO TRANSPARENTE Acceso a dispositivos electrónicos inteligentes a través de la red local para obtener información, realizar configuraciones o ajustes con el protocolo propietario.

PUSH TO TALK (Definición original del idioma Inglés) Oprimir para hablar, también llamado "PTT" (Por las siglas de su definición en idioma Inglés) define la activación del transmisor en equipos de radio comunicación.

RAM Memoria de acceso aleatorio, se utiliza como memoria de trabajo para el sistema operativo, los programas y la mayoría del software. Es allí donde se cargan todas las instrucciones que ejecutan el procesador y otras unidades de cómputo. Se denominan «de acceso aleatorio» porque se puede leer o escribir en una posición de memoria con un tiempo de espera igual para cualquier posición, no siendo necesario seguir un orden para acceder a la información de la manera más rápida posible.

RECIERRE Control automático de la reconexión y desconexión definitiva de un interruptor de un alimentador de C.A.

RED ELÉCTRICA Es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Consiste de tres componentes principales, las plantas generadoras, las líneas de transmisión que llevan la electricidad de las plantas generadoras a los centros de demanda y los transformadores que reducen el voltaje para que las líneas de distribución puedan entregarle energía al consumidor final.

RELEVADOR DE PROTECCIÓN Son dispositivos digitales compactos que tienen la función de detectar de fallas dentro del sistema de potencia, de acuerdo al diseño del mismo y las características de las fallas, para tomar las acciones inmediatas y adecuadas que las eliminen y de esta forma evitar o minimizar los daños que pudieran ocasionar al sistema.

RS-485 Es un estándar de comunicaciones en bus de la capa física del modelo OSI, ideal para transmitir a altas velocidades sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que reduce los ruidos que aparecen en los voltajes producidos en la línea de transmisión.

RTS (De las siglas de su definición original en idioma Inglés: "Request To Send") Petición para transmitir forma parte del protocolo de comunicación entre dos dispositivos.

SALIDAS DIGITALES Son señales que se utilizan para controlar remotamente a los dispositivos que se encuentran localizados en una subestación, por ejemplo, para arrancar/parar una bomba o para abrir/cerrar un interruptor de potencia.

SCADA (De las siglas de la definición original en idioma Inglés: "Supervisory Control And Data Acquisition") Conjunto de equipos y programación que integran un sistema de control supervisorio y adquisición de datos.

SEL Schweitzer Engineering Laboratories, compañía con sede en Pullman, Washington en los Estados Unidos de Norteamérica, dedicada al desarrollado de líneas completas de

productos para la protección, control, automatización, medición y supervisión de sistemas eléctricos de potencia.

SER Registro secuencial de eventos.

SERVIDOR Procesador central encargado de los recursos a compartir, descarga tareas de los procesadores en red, en él reside el sistema operativo de red.

SICLE (De las siglas de la definición original: "Sistema de información y control local de estación"). Conjunto de equipos y programación que comprenden al subsistema local (SSL), subsistema de protecciones y medición (SSPM) y subsistema remoto (SSR).

SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL (SEN) Es el conjunto de instalaciones destinadas a la generación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica de servicio público en toda la República, estén o no interconectadas.

SUBESTACION ELÉCTRICA Es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador.

SUBSISTEMA Un conjunto de módulos que ejecutan una porción de las funciones realizadas en un ambiente operativo, como ejemplos se pueden citar base de datos y subsistema gráfico.

SUBSISTEMA DE PROTECCIÓN Y MEDICIÓN SSPM, conjunto de equipos y programación que realizan las funciones de integración, procesamiento, almacenamiento, manejo 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 medición.

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

SUBSISTEMA REMOTO SSR conjunto de equipos y programación que realizan las funciones de integración, procesamiento, almacenamiento, manejo 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.

SYSTEM POINT DATABASE Es el corazón del sistema de DEI's, guarda todos los datos que son recolectados o reenviados por todas las aplicaciones previamente discutidas.

TCP/IP (De las siglas de su definición en idioma Inglés: "Transmission Control Protocol/Internet Protocol") Protocolo en paquetes normalizado para utilización en redes de datos.

TRANSECTOR Es un dispositivo capaz de realizar el envío y la recepción de información empleando elementos comunes del circuito para ambas funciones.

UDP Por sus siglas en inglés User Datagram Protocol, protocolo de datagrama de usuario no orientado a conexión de la capa de transporte del modelo TCP/IP. Este protocolo es muy simple ya que no proporciona detección de errores, no es un protocolo orientado a conexión.

UNIFILAR Es un diagrama que muestra en forma sencilla mediante una sola línea las conexiones entre dispositivos, componentes o partes de un circuito eléctrico o de un sistema de circuitos y estos se representan mediante símbolos.

UTR ("RTU" por las siglas de su definición en idioma Inglés "Remote Terminal Unit") Conjunto de equipos y programación que integran la Unidad terminal remota.

UTM ("MTU" por las siglas de su definición en idioma Inglés "Master Terminal Unit") Es el conjunto de hardware, software, sistema de comunicaciones y mobiliario que se encuentra en las áreas y subáreas de control del CENACE, cuya función es monitorear, concentrar y procesar toda la información proveniente de las subestaciones eléctricas para operar el sistema eléctrico con la mayor eficiencia posible.

VME Es un estándar de bus informático, desarrollado originalmente para la línea de microprocesadores Motorola 68000, pero utilizado con posterioridad para muchas otras aplicaciones.

VT100 Es una terminal de vídeo fabricada originalmente por Digital Equipment Corporation (DEC). Se convirtió en el sistema estándar de serie para los emuladores de terminal. Fue introducida en agosto de 1978 como continuación de su predecesora, la VT52.

WAN (De las siglas de la definición original en idioma Inglés: "Wide Area Network") Término informático que define los equipos y/o programación utilizados para la interconexión entre equipo de cómputo a nivel de un sistema que comprende físicamente extensiones geográficas amplias: poblaciones, ciudades, países, etc. "red de área amplia".

WATCHDOG Es un mecanismo de seguridad que provoca un reset del sistema en caso de que éste se haya bloqueado.

WESMAINT Es una instancia de mantenimiento que reside en el servidor SCADA D20, se accede a través de una terminal VT100 para crear una interfaz simple para ver los datos recogidos y el estado del sistema y hacer cambios en la configuración.

BIBLIOGRAFÍA

- CFE (2010): *Curso de control supervisorio orientado a operadores*. Comisión federal de electricidad.
- CFE (2004): *Sistema de información y control local de estación*. Coordinadora de transmisión y transformación.
- *CFE y la electricidad en México*. Disponible en <http://www.cfe.gob.mx>.
- GE Energy services (2003): *Instalación y configuración de power link advantage server*. Torreón: SENSE Control Digital, S. A. de C. V.
- GE Energy services (2003): *PowerLink Advantage user's guide*. Torreón: SENSE Control Digital, S. A. de C. V.
- GE Energy systems (2002): *Configpro 4.1x tutorial & exercises*. General electric Canada inc.
- Klas Dean, Doug Krivsky, Niraj Shah, and Ryan O'Fallon (2010): *Custom Data Mapping in the SEL-2030 or SEL-2032 Using the SEL-5020 Settings Assistant Software*. Pullman: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- Laboratorios magnéticos (1999): *Descripción del protocolo DNP 3.0*. Laboratorios magnéticos S. A. de C. V.
- Quiñones A., Juan Carlos (2007): *D20/D200 Guía de instalación y operación GE Energy*. Torreón: SENSE Control Digital, S. A. de C. V.
- Ruíz Andrade, Javier (2007): *Manual de operación subestación eléctrica Puebla II*. Puebla: Subárea de transmisión Puebla.
- Schweitzer III, Edmund O. (2007): *SEL-2701 Ethernet Processor instruction manual*. Pullman: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- Schweitzer III, Edmund O. (2006): *SEL-2032 Communications Processor instruction manual*. Pullman: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc.
- Smith, Malcolm, Jim, McFadyen (1991): *DNP 3.0*. DNP Users group.
- Yarza Acuña, José (2006): *ConfigPro Guía de usuario GE Energy*. Torreón: SENSE Control Digital, S. A. de C. V.

ANEXOS

A: GUÍA RÁPIDA PARA CONFIGURACIÓN DE SERVIDOR SCADA D20

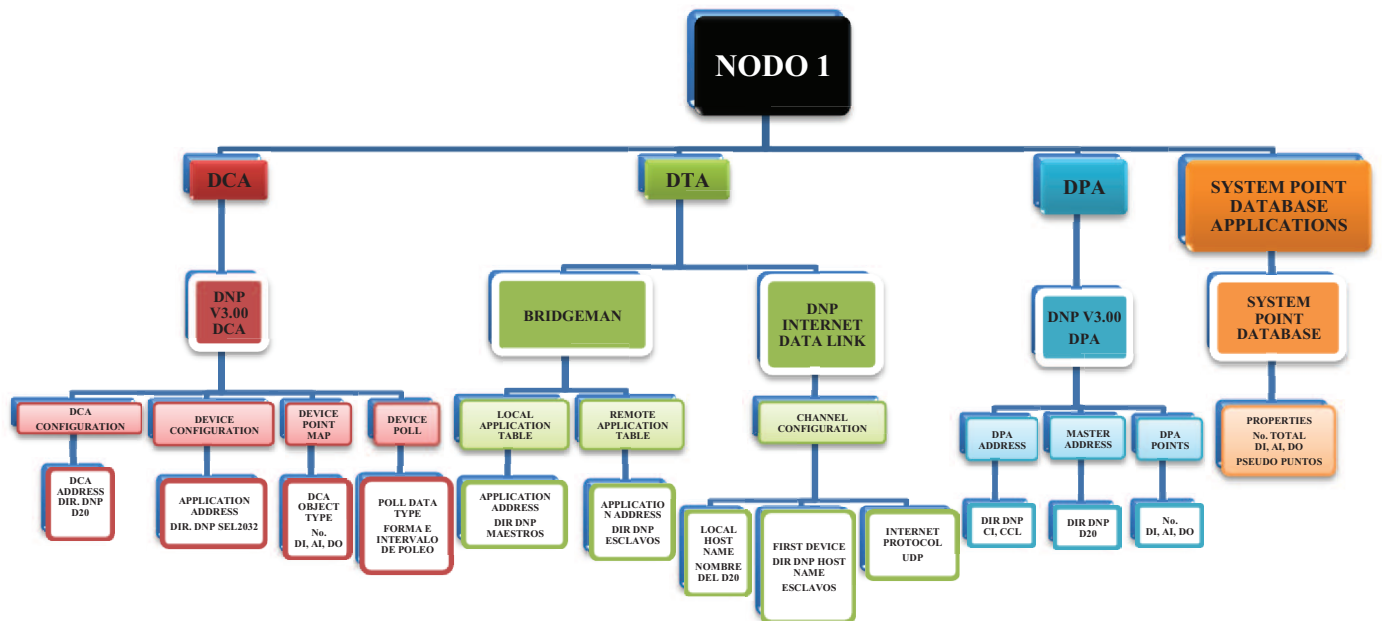
Configuración módulo principal D20ME II

- Colocación de puentes para el procesador principal D20ME II, nodos 1 y 2.

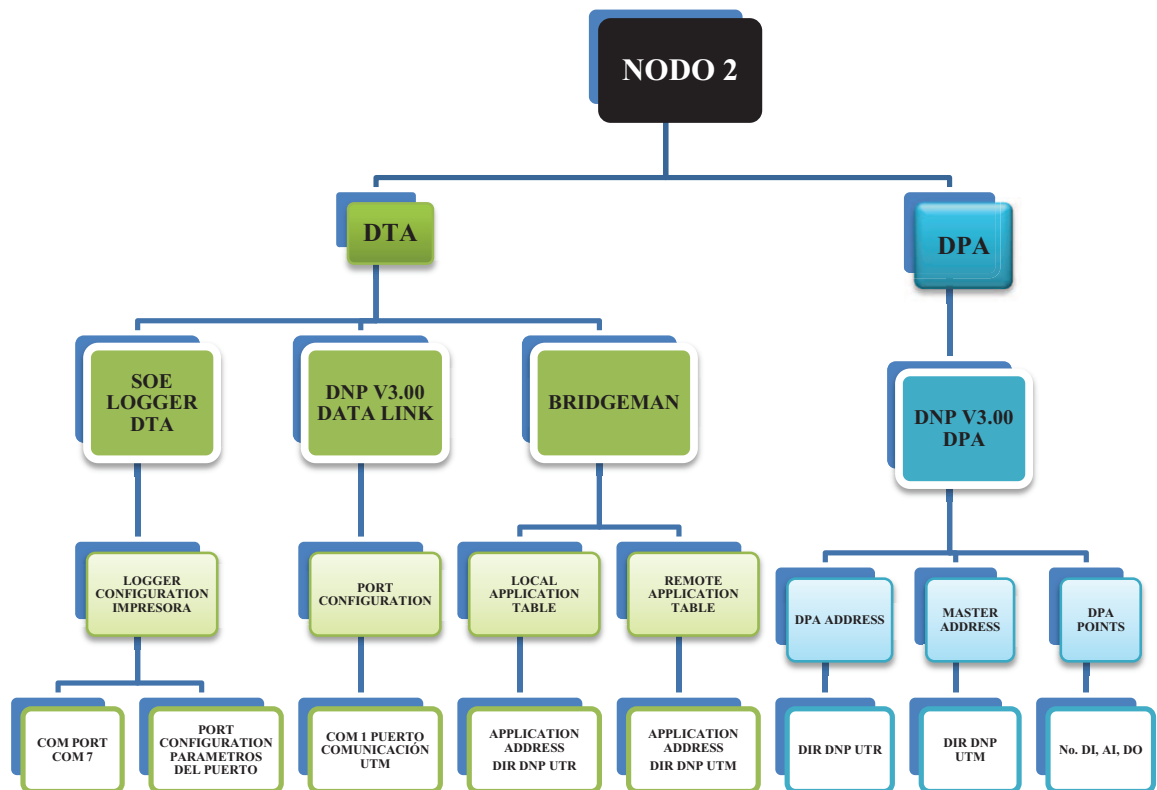
Elaboración del proyecto en configpro 6

- Selección de aplicaciones que deben ser cargadas en las tarjetas procesadoras D20ME II.
- Creación del firmware de cada tarjeta D20ME II.
- Creación del dispositivo D20.
- Configuración de las propiedades del proyecto.
- Configuración de aplicaciones.

Configuración del Nodo 1



Configuración del Nodo 2



B: GUÍA RÁPIDA PARA CONFIGURACIÓN DE PROCESADOR DE COMUNICACIONES SEL-2032

Configuración de los parámetros de red para el puerto 17

- Dirección IP SEL-2032.
- Mascara de subred.
- Dirección IP ruteador.
- Puerto de red principal.

Configuración de la dirección IP del dispositivo D20 (host)

Configuración del protocolo DNP

- Habilitación del protocolo DNP.
- Dirección DNP del sel-2701
- Número de puerto DNP para las conexiones TCP/UDP.
- Selección de modo de mapa DNP.
- Selección de clases de señales analógicas y binarias.

Configuración de la base de datos DNP

- Entradas binarias.
- Entradas analógicas.
- Salidas binarias.

Configuración de ajustes DNP para la maestra (servidor SCADA D20)

- Dirección DNP.
- Dirección IP.
- Protocolo.
- Puerto.
- Mapa DNP.
- Habilitación de controles.



C: GUÍA RÁPIDA PARA CONFIGURACIÓN DE CONSOLAS DEL SSL

Configuración de parámetros del proyecto

- Dirección DNP del servidor SCADA D20.

Creación de un nuevo dispositivo (UTR)

- Dirección DNP de la consola.
- Descripción de la consola.
- Puerto de comunicación.

Configuración del puerto de comunicación entre consola y servidor SCADA D20

- Nombre de la consola.
- Numero de puerto.

Elaboración de la base de datos

- Entradas binarias.
- Entradas analógicas.
- Salidas binarias.



D: ANÁLISIS EJECUTIVO

Para realizar un análisis ejecutivo se elabora el cálculo del costo inicial de operación de la tecnología anterior, tabla D.1, en comparación con el costo inicial de operación de la tecnología configurada, tabla D.2, basado en el inventario físico valorizado para equipo de control de la subárea de transmisión Puebla.

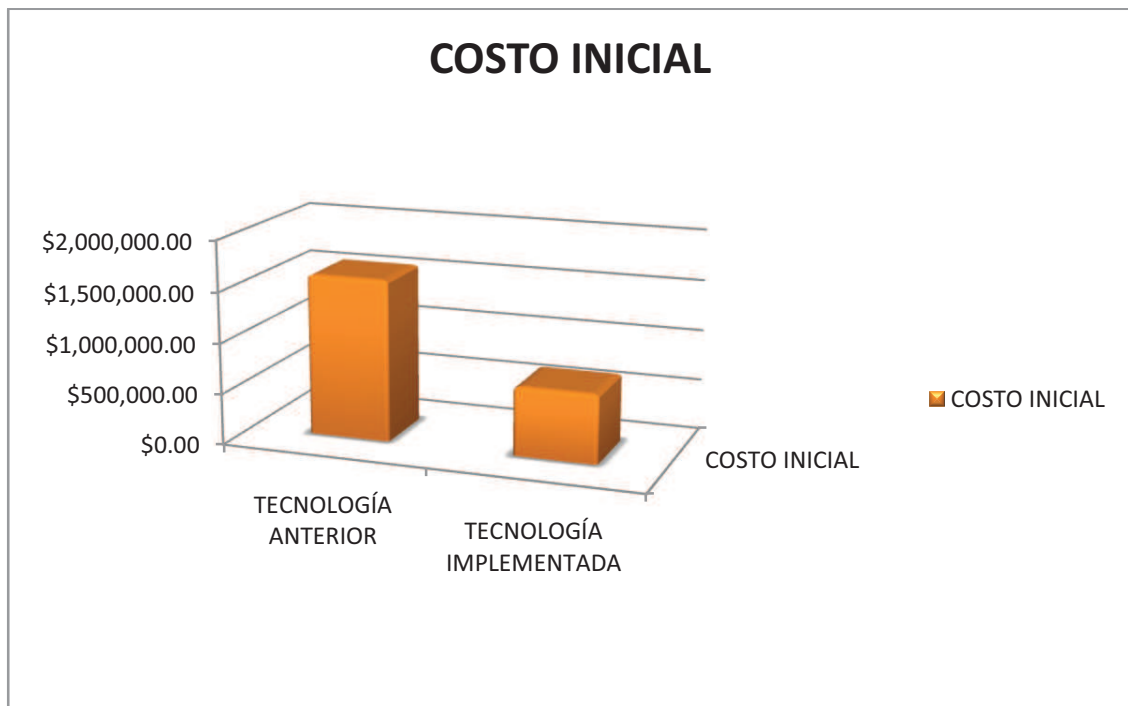
UNIDAD DE INVENTARIO	COMPONENTE	MARCA	No. SERIE	COSTO
SUBSISTEMA REMOTO SSR	SE PBD SSR HARRIS MCAD GAB. C CASETA PAL	GE/HARRIS	P216F-003	\$ 163,746.21
	SE PBD SSR HARRIS MCAD GAB. B CASETA PAL	GE/HARRIS	P216F-002	\$ 163,746.21
	SSR HARRIS MCAD GAB BCOS SITIO 1	HARRIS	0017-05-03	\$ 50,135.25
	SSR HARRIS MCAD GAB BCOS SITIO 2	HARRIS	017-05-03	\$ 50,135.25
SERVIDOR DE APLICACIONES	SERVIDOR SCADA S.E. PBD	GE/HARRIS	P216-7F-001	\$ 163,746.21
	CABLE DE CONTROL 8X10 AWG	CONDUMEX	N. A.	\$ 1,003,023.00
TOTAL:				\$ 1,594,532.13

Tabla D.1 Costo inicial aproximado de operación de la tecnología anterior.

UNIDAD DE INVENTARIO	COMPONENTE	MARCA	No. SERIE	COSTO
SUBSISTEMA DE PROTECCION Y MEDICION SSPM	SSPM BAHIA 73070 RSN - 77010	SEL	2009194007	\$ 81,873.10
	SSPM BAHIA 73630 AMZ - 73640 BOE	SEL	2009194012	\$ 81,873.10
	SSPM BAHIA 73000 ECN - 73860 NOR	SEL	2009194009	\$ 81,873.10
	SSPM BAHIA 73190 PMD - 73160 INT	SEL	2009194010	\$ 81,873.10
	SSPM BAHIA 73890 ORT - 73060 PBU	SEL	2009194014	\$ 81,873.10
SERVIDOR DE APLICACIONES	SERVIDOR SCADA S.E. PBD 115KV	GE/HARRIS	5000280-006259	\$ 163,746.21
	FIBRA OPTICA MULTIMODO 24 HILOS	CORNING	N. A.	\$105,892.50
TOTAL:				\$ 679,004.21

Tabla D.2 Costo inicial aproximado de operación de la tecnología configurada.

Se puede apreciar que al integrar el servidor SCADA se logra una reducción en gasto inicial de operación del 57.5 % en comparación con el costo inicial de operación del equipo SICLE, gráfica D.1.



Gráfica D.1 Comparativo de costo inicial de operación entre tecnologías.