

**CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES PARA LA SUBESTACIÓN
CONUCO DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.
IMPLEMENTACIÓN**

LAURA MILENA LAGUADO RINCÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO- MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2005

**CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES PARA LA SUBESTACIÓN
CONUCO DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.
IMPLEMENTACIÓN**

LAURA MILENA LAGUADO RINCÓN

Tesis de trabajo para optar por el título de Ingeniera Electrónica.

DIRECTOR

JULIO GÉLVEZ

Ingeniero Electricista

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

**FACULTAD DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2005

DEDICATORIA

*A **Dios** por permitirme hacer
este sueño realidad.*

*A mi **madre** por ser
mi bendición.*

*A mis **sobrinas** que son
mi razón de ser.*

*A **Juank** por su
paciencia y amor.*

AGRADECIMIENTOS

*A mi **madre**, por su paciencia y todo su esfuerzo para permitirme hacer este sueño realidad.*

*A toda mi **familia** quienes siempre creyeron en mí.*

*A **Juank** por ser mi bastón en todo momento y darme su amor.*

*A la **Empresa Electrificadora de Santander**, por haberme permitido realizar este proyecto.*

*A todo el **personal de la subestación Sur** por los momentos vividos y por su compañerismo.*

*Al ingeniero **Néstor Marín** por todo el apoyo que me brindó.*

*Al ingeniero **Julio Gèlvez** por su ayuda en el momento indicado.*

*A los ingenieros **Robinsón, Edgar y Cesar** por todos los conocimientos compartidos.*

*A las personas que me han apoyado durante toda esta etapa, **Luisa y doña Manuelita**,
gracias una vez más.*

*A mis amigos, **Jose Andrés, Juan Manuel, Pedrito, Gloria, Cañitas, Luzda, Jean, Lina y Olga**, por estar ahí siempre.*

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
1.ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	3
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo General	3
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. Justificación	4
1.3. Alcance	4
2. CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES SEL 2030	6
2.1. Aplicaciones del concentrador de comunicaciones	8
2.1.1. Integrador de comunicaciones	8
2.1.2. SCADA e HMI	8
2.1.3. Función Switch	8
2.2. Funciones	9
2.2.1. Procesador de comunicaciones	9
2.2.2. Base de datos automática	11
2.2.3. Red Gateway	11
2.2.4. Tiempo de sincronización	11
2.3. Circuitos de conexión para comunicaciones	12
2.3.1. Cables de fibra óptica	12
2.4. Comunicaciones	12
2.4.1. Modems y transceivers	12
2.4.2. Empleando línea telefónica	12
2.4.3. Comunicación transparente entre el IED y el concentrador	13
2.5. Datos	13
2.5.1. Región de datos	13
2.5.2. Archivo en la región de datos	14
2.5.3. Colección periódica de datos	14
2.5.4. Control de datos	15
2.6. Métodos de acceso	15
2.6.1. Acceso por función	15
2.6.2. Acceso por región	16
2.6.3. Acceso por registro	16
2.7. Settings	16
2.7.1. SET P	17
2.7.2. SET A	20
2.7.3. SET U	21
2.7.4. SET L	21

2.7.5. SET M	22
2.7.6. SET G	22
2.7.7. SET R	23
2.7.8. SET O	23
2.8. Protocolos	23
2.8.1. Protocolo de Mensaje Rápido SEL	24
2.8.2. Protocolo Modbus RTU	24
2.8.3. Protocolo de Red Distribuida (DNP 3.0.)	25
2.8.4. Protocolo Puerto Switch Distribuido (LMD)	25
2.9. Designaciones robustas	26
3. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS INTELIGENTES INTEGRADOS MEDIANTE EL SEL 2030	27
3.1.DPU 2000R (Unidad de Protección para Distriución)	27
3.1.1. Estados e indicadores	30
3.1. 2.Instrucciones para comprar	31
3.2. TPU 2000R (Unidad de Protección de Transformadores)	34
3.2.1.Funciones de protección	34
3.2.2.Verificación incorporada	34
3.2.3.Estado de autoprueba	34
3.2.4.Instrucciones para ordenar	35
3.2.5.Opciones de software	35
3.3. Software de Comunicaciones Externo en Windows (WinECP)	41
3.4. Configuración de los Puertos de Comunicaciones	47
3.5. Implementación de IRIG B en las Unidades DPU/TPU/ 2000/R	49
4. IMPLEMENTACIÓN DEL CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES SEL 2030 EN LA SUBESTACIÓN CONUCO	51
4.1. Subestación conuco	51
4.2. Configuraciones	54
4.2.1. Primera configuración	54
4.2.2. Segunda configuración	57
4.2.3. Tercera configuración	60
5. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	66
5.1. Ventajas del software implementado	66
5.2. Descarga de archivos	73
6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Tipo de comunicación hacia el SEL 2030	10
Tabla 2. Etiquetas y tipos de etiquetas de datos	16
Tabla 3. Parámetros de configuración	18
Tabla 4. Selección opciones de comunicación	32
Tabla 5. Selección catálogo DPU 2000R	33
Tabla 6. configuración comunicaciones TPU	36
Tabla 7. Selección número catálogo TPU	37
Tabla 8. Selección rango de corriente	38
Tabla 9. Conexiones de pines de RS-232	48
Tabla 10. Configuración en comunicaciones	49
Tabla 11. Conexiones de pines de RS-485, INCOM, SIU e IRIG-B	49
Tabla 12. DPU's de la subestación Conuco	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Medidas integradas dentro de una subestación	7
Figura 2. Concentrador como Switch	9
Figura 3. Conexión típica	10
Figura 4. Conexión del SEL 2030 a una red	11
Figura 5. DPU 2000R	29
Figura 6. Descripción número de catálogo	31
Figura 7. TPU 2000R	34
Figura 8. Número de catálogo TPU	35
Figura 9. Interfaz de control de operador (OCI)	39
Figura 10. Panel de acceso al HMI	40
Figura 11. Menú principal software WinECP	42
Figura 12. Sincronización por medio de GPS	50
Figura 13. Unifilar subestación Conuco	52
Figura 14. Primera configuración	55
Figura 15. Recolección de datos y estados de la primera configuración	56
Figura 16. Segunda configuración	58
Figura 17. Recolección de datos y estados de la segunda configuración	58
Figura 18. Tercera configuración	61
Figura 19. Recolección de datos y estados de la tercera configuración	61
Figura 20. Primera ventana de visualización	69
Figura 21. Segunda ventana de visualización	70
Figura 22. Tercera ventana de visualización	71
Figura 23. Cuarta ventana de visualización	72
Figura 24. Descarga de archivos	73

LISTA DE FOTOS

	Pág
Foto 1. Concentrador de comunicaciones SEL 2030	7
Foto 2. Panel Frontal	74
Foto 3. Panel posterior	75
Foto 4. Módem ADSL y Módem de Respaldo	75
Foto 5. IED's concentrados	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo A. RS-232, RS-485	81
Anexo B. Protocolo FTP y Ten Bytes	84
Anexo C. Cables para la comunicación	96



UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE
SANTANDER

NOTA DEL PROYECTO DE GRADO

Nombre del Estudiante LAURA MILENA LAGUADO RINCÓN		CÓDIGO 1984028
TÍTULO DEL PROYECTO PRÁCTICA EMPRESARIAL: CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES PARA LA SUBESTACIÓN CONUCO DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. IMPLEMENTACIÓN		
CODIGO 01200582	FACULTAD INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS	CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
CALIFICACIÓN CUATRO, SEIS (4.6)		CRÉDITOS 15

DIRECTOR DEL PROYECTO	
NOMBRE JULIO AUGUSTO GÉLVEZ FIGURERDO	FIRMA

CALIFICADORES		
F HOMERO ORTEGA BOADA	F RUBÉN DARIÓ CRUZ RODRIGUEZ	FECHA A | M | D 2005 | 11 | 11



UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE
SANTANDER

NOTA DEL PROYECTO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE LAURA MILENA LAGUADO RINCÓN		CÓDIGO 1984028
TÍTULO DEL PROYECTO PRÁCTICA EMPRESARIAL: CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES PARA LA SUBESTACIÓN CONUCO DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. IMPLEMENTACIÓN.		
REGISTRO No. 01200582	FACULTAD INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS	CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
CALIFICACIÓN APROBADO		CRÉDITOS 15

DIRECTOR DEL PROYECTO	
NOMBRE JULIO AUGUSTO GELVEZ FIGUEREDO	FIRMA

CALIFICADORES		
F N HOMERO ORTEGA BOADA	F N RUBÉN DARIÓ CRUZ RODRIGUEZ	FECHA A | M | D 2005 | 11 | 11

RESUMEN

TITULO:

CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES PARA LA SUBESTACIÓN CONUCO DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. IMPLEMENTACIÓN.*

AUTOR:

LAURA MILENA LAGUADO RINCON**

PALABRAS CLAVES:

Control, Concentrador, Dispositivos Electrónicos Inteligentes, implementación, Documentación, Subestaciones, Protocolos de comunicaciones, Puertos de Conexión, JAVA, Interruptores.

DESCRIPCION:

La empresa Electrificadora de Santander como una empresa líder en el mercado Energético y como organización receptiva a todos los cambios generados en el entorno, decide llevar a cabo la implementación de un sistema a través del cual se logren automatizar sus subestaciones.

En este trabajo se formularon cuatro etapas de manera que se lograra cumplir con los objetivos planteados inicialmente; la primera etapa corresponde al estudio y documentación del concentrador de comunicaciones SEL 2030, en la segunda etapa se lograron identificar los dispositivos electrónicos inteligentes (IED's) que hay en la subestación Conuco, en esta se logró conocer con qué protocolos y puertos de conexión se contaba. Una vez realizado este estudio, se plantearon tres esquemas de comunicación donde lo que se buscaba era tener el menor tiempo de recolección a la vez que un esquema que no implicara gastos adicionales para la empresa; en la última etapa se implementó un software a través de la herramienta JAVA logrando una interfaz amigable para el usuario tanto en la toma de medidas concentradas en el SEL 2030 como la operación (cierre o apertura) de los interruptores.

* *Proyecto de Grado*

** *Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Director Magister Julio Augusto Gélvez Figuerdo.*

ABSTRACT

TITLE

CONCENTRADOR OF COMMUNICATIONS FOR THE SUBSTATION CONUCO OF THE ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. IMPLEMENTATION.*

AUTHOR

LAURA MILENA LAGUADO RINCÓN

KEY WORDS

Control, Concentrator, Intelligent Electronic Devices, implementation, Documentation, Substations, Protocols of communications, Ports of Connection, JAVA, Switches.

SUMMARY

The company Electrificadora of Santander like a company leader in the Energy market and I eat receptive organization to all the changes generated in the environment, you decides to carry out the implementation of a system through which you/they are possible to automate your substations.

In this work four stages were formulated so that you was possible to fulfill the objectives outlined initially; the first stage corresponds to the study and documentation of the communications concentrator SEL 2030, in the second stage they were possible to identify the intelligent electronic devices (IED's) that there is in the substation Conuco, in this you was possible to know what protocols and connection ports had. Once realized this study, they thought about three communication outlines where what was looked for was to have the smallest time of gathering at the same time that an outline that didn't imply additional costs for the company; in the last stage a software was implemented through the tool JAVA achieving a friendly interface for the so much user in the taking of measures concentrated on the SEL 2030 as the operation (you closes or opening) of the switches.

* Grade work

* * Faculty of Physical-mechanical Engineering, Engineers Electric, electronic and telecommunications School. Director Magister Julio Augusto Gélvez.

INTRODUCCIÓN

En el altamente competitivo mundo actual, las exigencias de un entorno globalizado a causa del veloz crecimiento de la ciencia y la tecnología, obliga a las naciones y a sus actores en todos los ámbitos a mantenerse en un alto nivel competitivo y de respuesta. Con base en los principios de la Electrónica, la tecnología ha desarrollado elementos y dispositivos electrónicos para infinidad de usos prácticos, provocando una verdadera revolución técnica. El significado de esas aplicaciones ha modificado cualitativamente el ámbito de las comunicaciones por encima de cualquier otra consideración.

Las empresas de distribución de energía eléctrica con el ánimo optimizar el manejo de IED's (Dispositivos Electrónicos Inteligentes) que existen en las subestaciones y dar una mejor calidad, a la vez que disminuir el tiempo de reacción ante una falla, busca diseñar sistemas que le permitan integrar dispositivos o ampliar los sistemas actuales utilizando sus medios de comunicación ya instalados, software y el protocolo de datos más apropiado, luego a medida que crecen sus necesidades operativas, es posible agregar actualizaciones inteligentes a su sistema para mejorar aún más el funcionamiento operativo del mismo.

La empresa Electrificadora de Santander (ESSA), como una de las empresas líder a nivel Nacional en la prestación de servicios de distribución y comercialización de energía eléctrica ha cumplido con las disposiciones legales y organizacionales que le competen, no siendo ajena al desarrollo y expansión de sistemas que han sido generados por el desarrollo de la tecnología en su campo y por lo tanto comprende la necesidad de implementar dispositivos en el que a través de los medios, los recursos y el talento humano se realice un esfuerzo colectivo mediante el cual se logre integrar dispositivos eléctricos que permitan dar cumplimiento de manera más eficaz a las políticas y objetivos organizacionales de satisfacción al cliente.

Es por esto y gracias a que el concentrador de comunicaciones, SEL 2030, permite configurar cada sitio remoto para ejecutar un programa de aplicación específico, que una vez configurado el SEL 2030 en la subestación, el sistema permitirá verificar y controlar las comunicaciones en dispositivos ubicados en localidades remotas. Esto brindará acceso a los equipos que se encuentren conectados al SEL, tales como DPU's, Recloser y demás equipos que permitan un control adecuado de la subestación en general; es así como por medio de un equipo más económico que una RTU, se busca brindar una comunicación de fácil acceso a los equipos que deben ser manejados directamente en una subestación como los mencionados anteriormente.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Configurar el SEL 2030 como un “integrador de comunicaciones”¹ en las subestaciones a partir de los IED’s existentes, con el objeto de lograr de una manera sencilla y económica, el control y supervisión del sistema eléctrico que opera la Electrificadora de Santander (ESSA).

1.1.2. Objetivos Específicos

- Documentar el SEL 2030, para facilitar su configuración, e iniciar un proceso de conocimiento de la tecnología.
- Definir con qué equipos se cuenta dentro de las pequeñas subestaciones, para establecer los requerimientos de comunicaciones existentes y los protocolos que cada uno de ellos maneja.
- Desarrollar un software que permita acceder fácilmente a la subestación y a los equipos que serán interconectados en el SEL 2030.
- Fundamentar las bases para el desarrollo del software SEL I/O Server que permita desarrollar otras aplicaciones del concentrador de comunicaciones SEL 2030 como concentrador de datos.

1.2. Justificación

La Electrificadora de Santander S.A E.S.P (ESSA), es responsable del correcto y óptimo funcionamiento del Sistema de generación y comercialización del departamento de Santander y sur del Cesar, además tiene como objetivo la distribución de energía eléctrica con el mínimo de interrupciones.

Para cumplir con este objetivo de una forma más eficiente y flexible, desde finales de la década de los 80, la ESSA ha planteado una serie de proyectos sobre automatización de subestaciones, con el fin de introducir nuevas tecnologías que permitan desarrollar Subestaciones supervisadas y controladas remotamente. Además ha venido implementando sistemas como SCADA en algunas de sus subestaciones (minas, san Alberto, principal, norte, palenque y florida). Gracias a esto, la Electrificadora de Santander ha podido mejorar y contribuir con el desarrollo del departamento en cuanto al sector energético se refiere.

Es así como este trabajo continúa con esta labor y presenta una nueva alternativa que contribuye al fortalecimiento de los sistemas ya implementados dentro de las pequeñas subestaciones.

1.3. Alcance

Con la realización de este trabajo, se establecen los criterios y requerimientos básicos para la integración de los equipos de las subestaciones (IED's), y se determinan lineamientos para implantar o ajustar la estructura de las subestaciones que serían controladas remotamente de forma total o parcial por un concentrador de señales SEL 2030.

De esta forma, se está contribuyendo en el mejoramiento de la supervisión y monitorización del Sistema de Potencia en tiempo real, así como también en la disminución de los tiempos de reposición del servicio de energía eléctrica cuando existen interrupciones por fallas o

eventos ocurridos en el Sistema eléctrico Departamental, lográndose de esta forma, una minimización de los costos que se ocasionan.

Actualmente, dadas las exigencias regulatorias y la necesidad de optimizar la operación, los últimos avances tecnológicos han sido tomados como pie de apoyo para proponer la implementación del dispositivo (SEL 2030) como una estrategia para el aprovechamiento de las funciones de los IED's y de esta forma optimizar las subestaciones. De igual forma se documentará toda la información que se obtenga por medio de la investigación, esto hace parte de una capacitación para el personal de la Electrificadora, ya que es la primera vez que se va a implementar este equipo y no existe ningún tipo de conocimiento alguno en la empresa.

2. CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES SEL 2030

El término integración se define como el proceso de mezclar las partes dispares en un todo unificado. En el ambiente de la subestación, significa proporcionar los medios por los cuales los IED's (Dispositivos Electrónicos Inteligentes) se puedan comunicar. Las funciones necesarias en una subestación son la supervisión, control y protección.

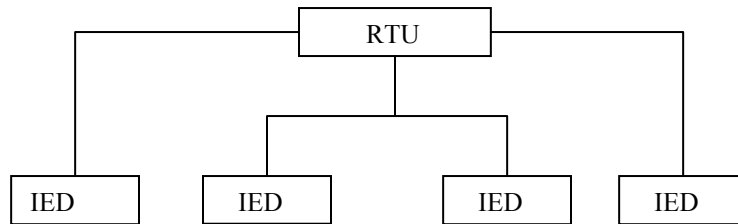
En las subestaciones se encuentran IED's tales como relés de protección, cargadores de baterías, equipos de monitoreo y muchos otros dispositivos. Ahora existen IED's que realizan funciones múltiples y pueden contener las medidas, los datos, estado, mando, información histórica y alarmas. A menudo, cada IED realiza funciones de varios dispositivos dentro de una subestación.

La integración dentro de la subestación, es el proceso de proporcionar la comunicación y las conexiones ente los diferentes IED's para aprovechar las funciones distribuidas que estos mismos ofrecen.

Las RTU's (Unidad Terminal Remota) sirve para la recolección de datos de una subestación local por medio de una interfaz de comunicación. Tradicionalmente, el control y la recolección de datos han sido realizados conectando cada una de las señales directamente a la RTU.

Los IED's requieren como entradas dichas señales de manera que permita desplegar las medidas de tensiones, corrientes y realizar funciones de protección. Por ejemplo, los relés requieren la conexión a PT's (transformadores de potencial) y CT's (transformadores de corriente) para realizar dichas mediciones. La RTU requiere las mismas entradas para desplegar las medidas analógicas a operadores del sistema.

Figura 1. Medidas integradas dentro de una subestación.



Se puede describir el sistema de la *figura 1* como un sistema donde se integran las medidas de tensiones, corrientes, factor de potencia y frecuencia, por medio de la integración de diversos IED's a una RTU local.

El concentrador de comunicaciones está provisto con 16 puertos en el panel posterior que permite la comunicación serie, etiquetad "Puerto 1" hasta "Puerto 16" y un puerto de comunicación serie en el panel frontal del mismo, etiquetado "Puerto F".

Foto 1. Concentrador de comunicaciones SEL 2030



2.1. APLICACIONES DEL CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES

Las diversas funciones y posibles aplicaciones lo hacen un sistema sumamente versátil; en el cual se pueden combinar sus funciones básicas para lograr desarrollar una aplicación específica.

Dichas aplicaciones pueden ser:

2.1.1 Integrador de comunicaciones

La comunicación que procesa y la capacidad de la base de datos le permiten recolectar y guardar datos de los dispositivos electrónicos inteligentes conectados a él, lo cual es un propósito fundamental de la integración de medidas dentro de la subestación.

2.1.2. SCADA e HMI

Puede unirse con una variedad de dispositivos, como por ejemplo RTU's, y PLC (controlador lógico programable), para que los datos obtenidos puedan ser visualizados mediante una HMI o un sistema SCADA.

2.1.3. Función Switch

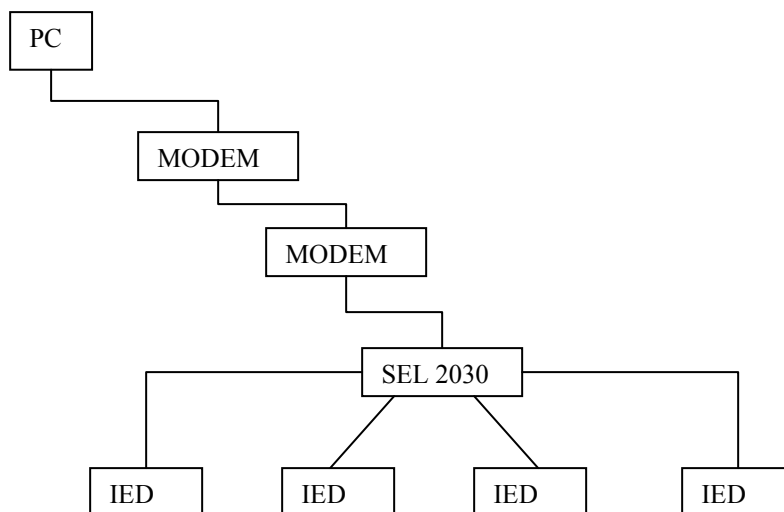
Los parámetros de comunicaciones, constituyen al SEL 2030 en una gran opción para diversas aplicaciones, ya que cada puerto se puede configurar de una manera distinta con un protocolo diferente. La selección completa de parámetros de comunicación dependen del IED conectado, entre estos parámetros se encuentran bits de datos, paridad y de parada, RTS/CTS, y XON/XOFF.

Una vez se conecta un IED al concentrador de comunicaciones, se activa el puerto de manera que se procede a la configuración del mismo teniendo en cuenta los parámetros señalados anteriormente y detallados mas claramente en la Tabla 3.

El puerto F (panel frontal) y el puerto ocho (panel posterior) pueden configurarse a través de software como puertos maestros para conectar el PC.

Una posible configuración del concentrador se aprecia en la figura 2.

Figura 2. Concentrador como Switch.



2.2. FUNCIONES

Su diseño lo constituye un dispositivo útil en la integración de dispositivos en una subestación. Sus principales funciones se presentan a continuación:

2.2.1. Procesador de Comunicaciones

El concentrador puede enviar y recibir un listado de mensajes y códigos en diferentes formatos, permitiendo la comunicación con una variedad de dispositivos, incluyendo relés SEL, PC's, módem, RTU's e impresoras. El set de comandos incorporado facilita la comunicación hacia y a través del SEL 2030 usando cualquier software de comunicación que soporte como Terminal de emulación ASCII. Además se pueden desarrollar una serie de comandos definidos por el usuario para comunicarse hacia y desde un dispositivo no-SEL.

Se tiene una ventaja distinta y significativa por encima de un simple puerto Switch, esto gracias a la posibilidad de configurar cada puerto con un protocolo diferente y a sus

capacidades de procesamiento. La *figura 3* muestra una conexión típica, esto incluye algún tipo de comunicación de las descritas en la *tabla 1*.

Figura 3. Conexión típica

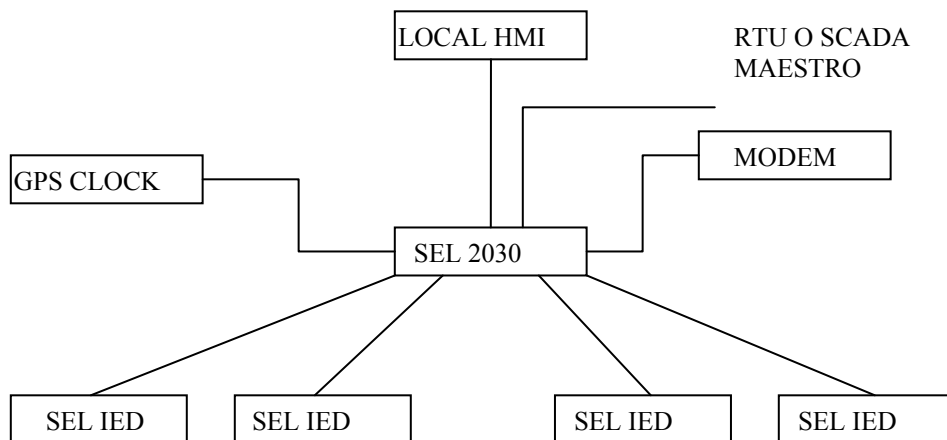


Tabla 1. Tipo de comunicación hacia el SEL 2030.

DESDE	HACIA	DESCRIPCIÓN
IED	SEL 2030	Mensajes emulados por el protocolo natural del IED.
SEL IED	SEL 2030	Autoconfiguración a través del SEL
MODEM	SEL 2030	Set de comandos del SEL 2030, mensajes definidos por el usuario.
RTU O SCADA MAESTRO	SEL 2030	DNP 3.0 (Protocolo de red distribuida) nivel 2 o Modbus.
LOCAL HMI	SEL 2030	Red de Ethernet de alta velocidad.
GPS CLOCK	SEL 2030	Tiempo de sincronización IRIG-B.

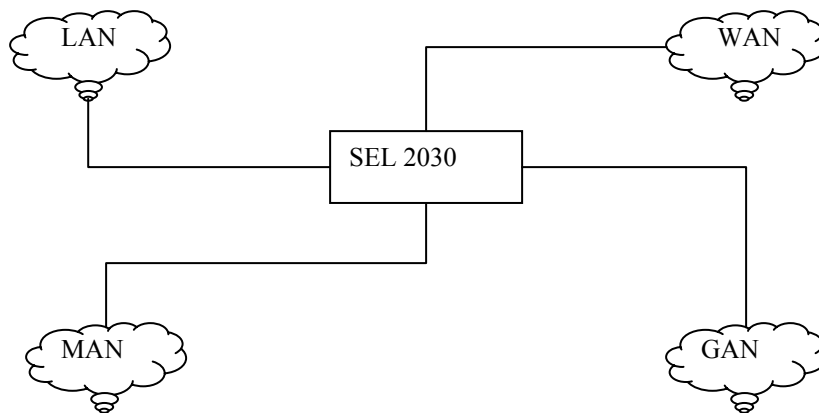
2.2.2. Base de datos automática.

Este dispositivo recibe, interpreta y analiza datos recolectados en los IED's conectados a él. Existen varias opciones que permiten interpretar los datos de forma diferente al análisis de los mismos con los relés SEL.

2.2.3.Red Gateway

En este se pueden conectar dispositivos electrónicos inteligentes de diversos proveedores. Por defecto, este concentrador puede comunicarse como n esclavo modbus RTU o DNP 3.0; además, soporta dos tarjetas de protocolo (Modbus plus y Ethernet) para la conexión a redes de gran velocidad. Estas características lo hacen una conexión ideal entre IED's y redes.

Figura 4. Conexión del SEL 2030 a una red.



2.2.4. Tiempo De Sincronización

El SEL 2030 distribuye una señal remodulada IRIG-B a través de los puertos 1 a 16. Esta señal puede ser usada por cualquier dispositivo conectado que reconozca una señal IRIG-B como señal de sincronización.

2.3. Circuitos De Conexión Para Comunicaciones

La conexión de los IED's al SEL 2030 usa un puerto serie de comunicación EIA-232 de 9 pines, con un conector subminiatura "D"

La longitud de los cables de comunicación deben ser lo más cortos posibles, para minimizar la interferencia y la magnitud de la diferencia de potencial a tierra (Anexo A).

2.3.1. Cables de Fibra Óptica.

Un beneficio de este dispositivo es que tiene bornes que permiten hacer conexión de IED's a través de fibra optica, a la vez que realizar una conexión con topología de estrella de los mismos y efectuar conexiones de fibra óptica punto a punto. Los tramos de fibra óptica mejoran la seguridad aislando el equipo del riesgo, reduce la susceptibilidad a RFI y EMI y permite conexiones más largas que las posibles con EIA 232.

2.4. Comunicaciones

2.4.1. Transceivers

Si la interferencia electromagnética es un problema, como es el caso en las subestaciones eléctricas, se debe considerar usar fibra óptica para los transceivers, y proporcionar así aislamiento eléctrico e inmunidad al ruido.

2.4.2. Empleando Línea Telefónica.

La marcación por teléfono es una opción para las comunicaciones desde fuera del sitio con un SEL 2030. Se debe usar un módem para convertir la línea telefónica de audio a una interfaz EIA-232. La línea telefónica que llega a la subestación, debe tener una protección para la seguridad del personal y reducir el daño del equipo debido a la diferencia de potencial con tierra y otras condiciones de riesgo.

2.4.3. Comunicación Transparente entre el IED y el Concentrador.

Las comunicaciones transparentes permiten que haya un dispositivo maestro para comunicar directamente con un IED o impresora a través del SEL 2030. Se inicia la comunicación transparente usando el comando PORT n (donde n es el número el puerto con el que se quiere realizar la comunicación) o usando el comando especial dentro de la cadena de comandos definidos por el usuario.

Mientras se está en comunicación transparente a través del SEL2030, las medidas y los mensajes de datos binarios continúan siendo coleccionados por el IED.

2.5. DATOS.

2.5.1.Región De Datos.

Las regiones de los datos D1-D8 sostienen datos coleccionados por el SEL 2030. El primero de los cuatro registros de cada región de datos tiene la fecha y el tiempo en que fueron coleccionados los datos. El resto de la región de datos es para los datos recolectados. A continuación se analizan los métodos definidos específicamente para los relés SEL, teniendo en cuenta los diferentes datos que se pueden tener, por ejemplo:

- Demanda medida
- Mediciones
- Históricos
- Estado
- Elementos
- Interrupciones
- Eventos

Las siguientes son opciones para la interpretación de los datos recolectados por cualquier IED

- Extraer y almacenar enteros
- Extraer y almacenar puntos flotantes.
- Guardar respuesta como una cadena de caracteres.

- Guardar respuesta como una cadena de enteros.
- Guardar respuesta como una cadena de enteros mientras XON/XOFF descifra las codificaciones.
- Extraer y guardar respuesta usando el análisis FLEX.
- Ignorar respuesta.

El formato de los datos guardados en una región de datos depende del protocolo que se esté manejando y el tipo de dispositivo conectado. Una vez se tiene una región de datos para recolectar un tipo específico de datos, se usa el comando MAP (comando definido por el fabricante) para determinar cómo los datos son organizados y en qué formato.

2.5.2. Archivo En La Región De Datos.

Las regiones de datos de Archivo (A1-A3) son muy similares a las regiones de los datos (D1-D8). Sin embargo, en las regiones de datos de archivo, se guardan los datos en una memoria Flash no volátil. Cada región de los datos actúa como una cola (en espera). Cada registro puede ser tan grande como la región de datos. El único límite en el número de los archivos que se puede guardar en una región de datos de archivo viene dado por la cantidad disponible de memoria Flash no volátil. Estas regiones de datos sólo son utilizables si la memoria Flash opcional es instalada en el SEL 2030; además, si la memoria del archivo se llena, no se guardará cualquier archivo nuevo hasta que gran cantidad de memoria del archivo se libere. Se usa el comando MEMORY para verificar el estado completo de la memoria.

2.5.3. Colección Periódica De Datos.

Se puede usar para coleccionar los datos de los dispositivos conectados a él. Cada puerto colecciona los datos independientemente, basados en sus eventos, además se puede configurar cada puerto para coleccionar los datos de manera distinta usando condiciones en los mensajes de forma diferente y los datos requeridos por los mensajes.

El SEL 2030 no usa ni responde a otros requerimientos para los datos en el mismo puerto hasta que el requerimiento anterior no esté satisfecho.

Si se envía un mensaje de disparo y aún no se ha completado el requerimiento anterior, el segundo mensaje se perderá completamente. El concentrador reconocerá el disparo perdido poniendo un bit de retraso en el registro del puerto en que se informa el estado del mismo.

2.5.4. Control De Los Datos

Todos los dispositivos SEL soportan el software XON/XOFF para el control y flujo de datos. Se debe seleccionar esta opción XON/XOFF=Y cuando se haga la configuración respectiva de cada IED.

El SEL 2030 también soporta el hardware RTS/CTS para el control y flujo de datos. Sólo se selecciona RTS/CTS=Y si el dispositivo usa RTS/CTS y no usa XON/XOFF como control de flujo.

2.6. MÉTODOS DE ACCESO

Se puede acceder a los datos contenidos dentro de la base de datos por función, región, registro o bit.

2.6.1. Acceso Por Función.

Se puede acceder a los datos dentro de la base de datos basada en su función; no se necesita saber dónde está en la base de datos de referencia. Los siguientes comandos acceden a la información de la base de datos por función:

- CONTROL afecta los elementos globales en la región global
- DATE accesos a los datos en la región global.
- ID cadenas desde las regiones globales o locales.
- STATUS lee varios artículos de la región global y local.
- TARGET lee global, local, y los elementos del relé que están contenidas en las regiones global, local, y regiones de Dx.
- TIME tiempo de accesos dentro de la región global.

2.6.2. Acceso Por Región.

El acceso por región cuando se trabaja con grupos de datos asociados, se debe especificar el número de puerto y una etiqueta de la región. La etiqueta de la región puede ser la etiqueta genérica o del tipo de datos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Etiquetas y tipos de etiquetas de datos.

Etiquetas genéricas	Ejemplo tipos etiquetas de datos
GLOBAL	MEDIDAS
LOCAL	DEMANDA
BUF	TARJETA
D1 hasta D8	ESTADO
A1 hasta A3	FLOTANTE
USUARIO	CARÁCTER

2.6.3. Acceso Por Registro.

Cuando se ve un puerto de la base de datos por registro, se está viendo de inmediato un espacio continuo de 64k registros. La referencia de un registro puede darse de una de las siguientes tres maneras.

- Puerto número: Address
- Puerto número: Región Label: Address Offset
- Puerto número: Región Label: Data Item Label

2.7. SETTINGS.

En esta parte se proporciona información detallada sobre los comandos usados para configurar y controlar el procesador de comunicaciones SEL 2030 y se explica cómo se debe responder a los settings de este.

Set De Comandos

- SET P: configuración del puerto.
- SET A: cadena de automensajes.
- SET U: comandos definidos por el usuario.
- SET L: lógica
- SET M: movimiento de datos.
- SET G: parámetros globales.
- SET R: registrador de eventos secuenciales.
- SET O: salidas lógicas.

2.7.1.SET P

El SET P puede ser usado para establecer la configuración de cada puerto y los parámetros de comunicación. Las opciones de la configuración se diseñan para hacer el concentrador compatible con casi cualquier dispositivo que tiene un puerto de EIA 232. Esto es el único requerimiento para usarlo como un puerto switch.

Se debe usar el comando SET P para configurar cada puerto (Tabla 3). Lo primero que se pide es la identificación del tipo de dispositivo conectado al puerto. El puerto F sólo puede configurarse como un puerto maestro. Los puertos 17 y 18 corresponden a las tarjetas protocolares (Modbus Plus y Ethernet, respectivamente).

Se usa el comando ***SET P*** para:

- Configurar cada puerto que se conecta a un nuevo dispositivo.
- Reconfigurar un puerto que se conecta a un dispositivo diferente.
- Reconfigurar un puerto conectado a un dispositivo que ha actualizado el firmware.

Cuando se usa el comando SET P, el SEL 2030 presenta por medio de software los parámetros de comunicación que se deben configurar. El comando SET P para el puerto 17 o 18 (tarjetas protocolares) proporciona los settings correspondientes.

En la siguiente tabla se visualizan los parámetros de configuración de los IED's.

Tabla 3. Parámetros de Configuración.

Setting	Comentario	Descripción
Dispositivo	Tipo de Dispositivo (no usado, IED SEL, otro IED, Impresora, Maestro)	Se selecciona el tipo de dispositivo que está en el puerto: <ul style="list-style-type: none"> • No usado si no hay dispositivo conectado. • SEL IED si un dispositivo SEL está conectado. • Otro IED si un IED de otro fabricante está conectado. • Impresora si una impresora serial está conectada. • Maestro si una RTU, PC, PLC, NIM o ASCII está conectado en un Terminal.
Configuración	Puerto de Auto-Configuración (Y/N)	Si dice Yes, el SEL 2030 determina el tipo de relé, número de modelo, capacidad de medida, puerto ID, tasa de velocidad, elementos del relé, y otra información necesaria para la comunicación automática con el relé SEL.
AUTO_BAUD	Procura detectar la tasa de velocidad en el puerto (Y/N)	El SEL 2030 depende de el retorno de los IED <CR> o <LF> carácter en respuesta a <CR> <LF> para tasa de velocidad determinada para el trabajo.
PROTOCOLO	Tipo de Comunicación (SEL/LMD/Modbus/DNP para Maestro o)	Identifica los parámetros especiales de comunicación del puerto. Para otros IEDs se puede escoger entre ASCII y BINARIO; seleccionando ASCII permite el ASCII normal y la comunicación binaria; el BINARIO seleccionando desactiva el XON/XOFF automáticamente. Si el puerto 16 es seleccionado como DISPOSITIVO maestro, las opciones son SEL, LMD, Modbus®, y DNP. Si el Puerto 12 o 14 DISPOSITIVO es maestro, entonces las opciones son SEL, LMD, y Modbus. Para cualquier otro puerto con DISPOSITIVO maestro, las opciones son SEL y LMD. Seleccionando SEL permite el ASCII normal y las comunicaciones binarias, mientras seleccionando LMD agrega el Protocolo SEL LMD, mientras seleccionando Modbus desactiva las comunicaciones normales y habilita las comunicaciones de Modbus en el puerto seleccionado, y seleccionando DNP desactiva las comunicaciones normales y habilita

		las comunicaciones de DNP en el puerto seleccionado. Si se escoge LMD, se debe seleccionar una dirección y carácter de prefijo y establecer el tiempo. Si se escoge Modbus, se debe seleccionar la dirección para cada puerto con los datos de Modbus. Si se escoge DNP, hay un número de escenas adicionales para configurar el funcionamiento de DNP.
BAUD	Rata de velocidad (300;600;1200;2400;4800;9600;19200;38400)	Se selecciona la rata de velocidad de cada puerto de comunicaciones. Los límites del puerto F son de 300 a 9600 baudio. Automáticamente se auto-configuran.
DATABIT	Número de bits de datos (7, 8)	Se entra el número de datos del puerto requerido para comunicación.
STOPBIT	Bits de parada (1,2)	Se entran los bits de parada de los puertos requeridos para la comunicación. El puerto F está fijo como 1.
PARITY	Paridad (N,O,E,1,0)	Se define la paridad de cada puerto usada para la comunicación. El puerto F está limitada en opciones de paridad N(no), O(paridad), y E(par).

Existe un proceso para la configuración de parámetros que permite coleccionar información del dispositivo conectado al SEL, el cual describe las capacidades de comunicación. Esta información incluye el firmware ID, el tipo de dispositivo, los bits remotos disponibles y los bits de parada. Se puede usar el comando AUTO cuando se quiera desplegar un resumen de la información recolectada.

Cuando se conecta un dispositivo SEL al SEL 2030, se debe usar 9600 o 19200 bps al realizar la auto-configuración. Si la aplicación requiere la comunicación a velocidades más bajas, se deben conectar los dispositivos antes de la instalación y realizar la autoconfiguración a 9600 bps. Después de que la autoconfiguración está completa, se instala el SEL 2030 y los demás dispositivos se selecciona la *tasa de velocidad más baja*.

Si la autoconfiguración falla, puede indicar que el dispositivo conectado no se reconoció, que hay un problema de comunicación entre los dispositivos, o que el dispositivo conectado

era lento en responder. Es necesario verificar cualquier falla obvia con la conexión. Si la autoconfiguración todavía falla, se intenta una comunicación transparente con el dispositivo usando PORT n. Si esto no tiene éxito, hay un problema en la comunicación. Si se puede conectar transparentemente, pero la auto-configuración todavía falla, hay una incompatibilidad probablemente entre el dispositivo conectado y el concentrador.

Cuando la auto-configuración está completa, se despliega en la pantalla de un computador un resumen de la información reunida. Es importante examinar este resumen y verificar que es la esperada. Los problemas de comunicaciones podrían causar una autoconfiguración incompleta sin causar un error en esta.

El SEL 2030 usa el firmware ID (FID) coleccionado en cada uno de los puertos para verificar que el dispositivo conectado no se ha reemplazado por un dispositivo diferente. Si el dispositivo ha cambiado (o tenía firmware instalado más nuevo), marca el puerto como “CONFIG FAIL”. Se puede prevenir la pérdida de comunicación inesperada siguiendo el procedimiento en las actualizaciones del Firmware del relé.

2.7.2.SET A

Se usa el comando SET A para:

- Recepción automática de los mensajes no solicitados por el SEL 2030.
- Imprimir los mensajes no solicitados automáticamente, y limpiar el buffer de memoria después de imprimir si así se desea.
- Operar mensajes en forma automática.
- Recolección automática de datos en el registrador de eventos secuenciales (SER).
- Definir las cadenas de STARTUP para los dispositivos conectados para que pueda comunicarse en forma automática con estos dispositivos.
- Crear los mensajes para enviar a otros dispositivos y definir las condiciones de disparo de esos mensajes (los mensajes son comandos, datos, o ambos).
- Definir métodos para interpretar datos para ser usados en las respuestas recibidas.
- Definir condiciones donde los datos se archiven en forma opcional en la memoria no volátil.

2.7.3.SET U

El comando SET U (puertos 1 a 16) debe ser usado para crear las órdenes definidas por el usuario que otros dispositivos envían al SEL 2030. También se puede usar este comando para activar la acción del relé SEL en la selección de automensajes (eventos, estado, y grupo). El usuario define comandos que puedan complementar o reemplazar los preprogramados en el set de comandos del concentrador.

Los comandos definidos por el usuario le permiten reconocer las entradas no solicitadas.

Se pueden crear hasta 11 órdenes definidas por el usuario para cualquier puerto maestro, incluyendo, 8 de uso general y 3 órdenes de propósito especial; además crear hasta 4 órdenes definidas por el usuario de uso general en el SEL IED y otros puertos de IED; este SET U tiene unos comandos predefinidos (SHOW, VIEW, SET) los cuales permiten controlar e interrogar las funciones desde un computador. Si un puerto se conecta a un dispositivo desatendido (por ejemplo, una RTU o el computador de la subestación), los comandos predefinidos pueden ser complementados o reemplazados por comandos definidos por el usuario que son apropiados para el dispositivo. Estos comandos se llaman definidos por el usuario porque es el usuario quien define la cadena de comandos para el SEL 2030; estos están absolutamente disponibles en los niveles de acceso.

En los puertos de los IED's reconoce los mensajes no solicitados del IED basado en el mensaje definido por el usuario que se define con el comando SET U.

Se puede configurar el SEL 2030 para que reciba los comandos que definió el usuario en la base de datos; además, hacer uso de las ecuaciones de control del SELOGIC para activar una acción de control o respuesta de mensaje.

2.7.4.SET L.

Se debe usar el comando SET L para establecer el control por medio de ecuaciones lógicas SELOGIC que realiza el control empleando bits de parada y lógica remota. Hay un total de 4 bits que pueden ser direccionados para construir estas ecuaciones de control. Estos bits actúan como las entradas S-R latches quienes están disponibles para el uso en el control de ecuaciones SELOGIC. En un puerto del SEL IED, estos bits pueden ser asociados con interruptores IED y bits de operación remota.

Se debe usar el comando SET L (puertos 1-18) para definir las ecuaciones de control para todo puerto específico (SBR1-SBR16,CRB1-CBR-16,CRB1-CRB16).

2.7.5.SET M

El comando SET M (puertos 1-18) es usado para subir y mover datos a una región de usuario. Además se pueden personalizar datos trasladando y moviendo datos en una locación central.

Esto puede reducir el tiempo de acceso de los datos significativamente disminuyendo el número de requerimientos necesarios para conseguir los datos de interés.

Se usa el comando SET M para crear un macro que automáticamente copie los datos específicos desde cualquier puerto del SEL 230 designado de la base de datos a la región de usuario del puerto “n” del SEL 2030. Esto permite concentrar los datos seleccionados de una o más bases de datos del puerto en un solo puerto de la región de usuario y la fácil recuperación de los datos.

2.7.6.SET G.

SET G es el comando que se usa para designar parámetros globales que son dados en todos los puertos incluso la cadena SEL 2030 ID, las variables lógicas intermedias, cadenas de tiempos lógicos en general, y las ecuaciones de control para I/O opcionales en el rendimiento de contactos.

Se usa el TIME_SRC para especificar la fuente y designar el tiempo.

Se usan los comandos del SET G para:

- Crear una cadena de identificación del dispositivo.
- Seleccionar una fuente de sincronización de tiempo.
- Seleccionar entre modular y demodular la entrada IRIG-B.
- Definir lógica intermedia que usa SELOGIC para control de ecuaciones.
- Definir las ecuaciones de control SELOGIC para control opcional de las tarjetas de I/O de contacto.

Se debe usar el SET G para modificar y SHOW G para ver estas escenas.

Se definen los elementos lógicos usando SELOGIC para control de ecuaciones y los tiempos usando el comando SET G.

2.7.7.SET R

SET R es el comando usado para especificar las entradas que deben ser incluidas en el registrador de eventos secuenciales (SER), además de definir qué bits son monitoreados.

Esta clase de escenas no tienen ninguna etiqueta o sugerencia. Se entra en los nombres de aquellos elementos del SEL 2030 que se desean sean supervisados por el SER. Los únicos elementos que se permiten son los elementos de las entradas digitales IN1-IN16. Se pueden supervisar uno o todos estos elementos porque las entradas digitales están disponibles solo con la tarjeta opcional de I/O instalada. El comando SET R no tiene efecto cuando la tarjeta de I/O no está instalada.

Para usar los datos de SET que se generan como resultado de estas escenas, se debe permitir al SEL 2030 transmitir los datos vía un protocolo binario; este además, es capaz de coleccionar en el registrador de eventos secuenciales los datos desde el relé SEL, generando una base de datos SER en sus 16 entradas digitales, y remitiendo todos los datos de SER automáticamente a otro SEL 2030 u otros datos programables que reúne el dispositivo. Todos los datos de SER son reunidos y transmitidos usando el protocolo de mensaje rápido SEL.

2.7.8. SET O.

Se usa este comando para establecer el control de ecuaciones SELOGIC. Hay un total de 64 bits para cada uno de los puertos 17 y 18 que pueden ser directamente controlables mediante estas ecuaciones.

2.8.PROTOCOLOS.

El SEL 2030 realiza mediciones rápidas, rápida operación, y rápido SER (El protocolo de mensaje rápido) para la recolección de datos y control a través de software. Además, se

puede usar una conexión transparente de uno de los puertos del SEL 2030 para comunicación ASCII con el relé para configuración, diagnóstico y recolección de reportes. Por otra parte, el SEL 2030 genera un signo de IRIG-B en cada puerto para sincronizar la comunicación.

Es a menudo innecesario conectar más de un cable de comunicación al relé para lograr las conexiones diseñadas, colección de los datos, y tiempo de sincronización, gracias a que las tres características de comunicación mencionadas anteriormente se entrelazan.

2.8.1. Protocolo De Mensaje Rápido SEL

El protocolo de mensaje rápido SEL es una colección de protocolos SEL incluyendo el de “rápida medida”, “rápida operación”, “rápido SER”, y transferencia de datos no solicitados. La configuración y funcionamiento de estos protocolos son completamente automáticos entre los dispositivos SEL.

El protocolo de mensaje rápido es un protocolo binario que se puede entrelazar con una conversación ASCII. Esto significa que cuando se conecta un solo cable entre el concentrador y otro dispositivo de SEL el cable lleva ambos (concentrador e IED SEL) en ASCII, cuando se configura el puerto, comienza un proceso llamado autoconfiguración. Cuando el SEL 2030 realiza una autoconfiguración, colecciona toda la información automáticamente necesaria para soportar las comunicaciones con el dispositivo por medio del mensaje rápido. Después de que se ha realizado una autoconfiguración y se ha completado la configuración del puerto del SEL 2030, se ejecuta el comando AUTO en él para determinar qué capacidades de mensaje rápido están disponibles en el dispositivo.

2.8.2. Protocolo Modbus RTU.

El SEL 2030 soporta el protocolo Modbus RTU en los puertos 12,14 y 16 para el acceso a los datos de cualquier puerto de la base de datos del SEL 2030. El SEL 2030 siempre trabaja como un esclavo Modbus. Pueden leerse todos los datos dentro de la base de datos del SEL 2030 usando Modbus, además de las funciones de mando básicas.

2.8.3. Protocolo De Red Distribuida (DNP 3.0).

El SEL 2030 soporta el protocolo DNP 3.0 nivel 2 de esclavo en el puerto 16. Este puede ser usado para acceso y control de los datos.

Si se está usando el SEL 2030 con una conexión DNP punto a punto, simplemente, se conecta al puerto 16 el maestro de DNP. Si se está usando el SEL 2030 en una configuración multidrop, se necesitará conectar un transceiver para el puerto 16. Si el transceiver tiene una señal carrier detect(CD), se debe conectar al puerto 16 una entrada CTS.

2.8.4. Protocolo Puerto Switch Distribuido (LMD).

Este protocolo permite a múltiples dispositivos SEL un canal de comunicaciones común. Es apropiado para puertos de baja velocidad y aplicaciones cuando la base de datos en tiempo real no es requerida.

Se debe usar el comando SET P para activar el protocolo de multidrop, cambiar el puerto protocolar donde se encuentra definido el SEL por defecto como LMD para revelar las siguientes escenas:

ADDRESS: dos caracteres ASCII de dirección. El rango es de "01" a "81". El valor predeterminado es "01". Esta dirección representa la primera de 17 direcciones que el SEL 2030 usará. La primera dirección conectará al SEL 2030 en el modo command/response. Las 16 direcciones subsecuentes lo conectarán directamente al puerto respectivo.

PREFIX: un caracter precede la dirección. Este debe ser un caracter que no ocurre en el curso de otras comunicaciones con el relé. Las opciones válidas son una de las siguientes: "@", "\$", "%", "&".

El valor predeterminado es "@".

SETTLE TIME: tiempo en segundos que la transmisión se tarda después de la demanda para enviar (RTS line) la confirmación. Este retraso acomoda los transmisores con un tiempo de levantamiento lento.

2.9. DESIGNACIONES ROBUSTAS

El SEL 2030 está diseñado para proporcionar el servicio fiable en una gran variedad de condiciones eléctricas, físicas, y medioambientales.

- ***Rango de Temperatura:***

El rango de temperatura a la que opera el SEL 2030 se diseña para el funcionamiento con una temperatura ambiente entre -40°C y $+85^{\circ}\text{C}$. Las tarjetas protocolares pueden tener rangos de temperatura más restrictivos.

- ***Rango de Voltaje:***

Están disponibles dos rangos de fuente de alimentación. Los 125/250 voltios de alimentación operará con un rango de voltaje de 8 a 350 Vdc o 85 a 264 Vac. Los 24/48 voltios de alimentación operará con un rango de voltaje de 20 a 60 Vdc.

- ***Normas IEEE e IEC:***

El SEL 2030 se diseña cumpliendo las normas eléctricas, medioambientales y normas de vibración, IEEE e IEC, permitiendo la aplicación de este en ambientes hostiles como las subestaciones y plantas de alimentación, lugares de control, o en los armarios al aire libre.

- ***Tasa de Velocidad:***

La tasa de velocidad predefinida (baudio) desde el panel frontal del SEL 2030, puerto F, es de 2400 baudios. Se puede cambiar la proporción de baudios del puerto F y los otros parámetros del puerto de comunicaciones usando el comando SET P.

- ***Entradas / Salidas:***

Dieciséis terminales de entrada y cuatro contactos de salida proporcionan detección y control adicional para el SEL 2030. Los voltajes de entrada se seleccionan basados en sus opciones de clasificación.

- ***Opciones de memoria:***

La opción de memoria básica proporciona 256 kB de memoria compartida y memoria rápida no volátil. La segunda opción de memoria extiende la memoria compartida a 1MB. Dos megabytes de memoria llamada no volátil están disponibles con la ampliación de la memoria. Esta adición extiende las capacidades del SEL 2030 para permitir el almacenamiento de los datos a largo plazo sin el riesgo de perder los datos si el SEL 2030 está desenergizado.

3. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS INTELIGENTES INTEGRADOS MEDIANTE EL SEL 2030.

La Subestación Conucos cuenta con IED's que permiten obtener medidas de tensión, corriente, potencia y energía, entre otras. Para el desarrollo de este trabajo, se tiene la necesidad de definir cuáles de los equipos que se encuentran allí, van a ser concentrados a través del SEL 2030, para poder de esta manera precisar los requerimientos y protocolos de comunicación que se van a manejar aguas abajo, de igual forma la velocidad de los datos de transmisión y la paridad.

En la subestación en la cual se va a implementar el concentrador, se encuentran 15 unidades de protección para distribución (DPU) y 1 unidad de protección para transformadores (TPU). A continuación se presenta una breve descripción de estos equipos, sus características, los protocolos que manejan aguas arriba, los puertos frontales y posteriores con los que cada uno cuenta.

Junto con los relés se suministra un software sencillo que permite calcular los niveles de cortocircuito en el punto de la red donde se instalará el relé, facilitando la selección de los ajustes. El mismo software permite obtener de los datos indicados en el frente del relé los valores de corrientes y tiempos de actuación de la última falla, permitiendo llevar estadísticas de corriente interrumpida por disyuntores o reconectores.

3.1. DPU 2000R (Unidad de Protección para Distribución)

La unidad de Protección de Distribución 2000R (DPU2000R) es un relé de tecnología avanzada basado en microprocesadores que protege sistemas de subtransmisión y distribución de energía eléctrica. El DPU2000R ofrece características singulares de

protección, monitoreo, medición y control programable que expanden los límites de protección proporcionados comúnmente por múltiples dispositivos de función única. La capacidad de medición exacta del DPU2000R permite reemplazar medidores por separado y reducir el cableado en los paneles.

Además, el analizador de registros oscilográficos y registrador de eventos de 64 ciclos por fase proporciona datos detallados de perturbaciones en el sistema.

Todas las conexiones al DPU2000R se hacen en terminales claramente identificados localizados en la parte posterior de la unidad. El DPU2000R, por la capacidad que le dan sus microprocesadores, ofrece las siguientes características en un sólo paquete integrado:

- Puertos de comunicaciones aislados, para una excelente comunicación libre de ruidos
- Ajustes y controles protegidos con contraseña
- Rango amplio de temperatura de operación, de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$
- Protección de sobrecorriente [sobrecorriente] instantánea y temporizada de fase.
- Protección de sobrecorriente instantánea y temporizada de tierra.
- Protección de sobrecorriente temporizada de secuencia negativa (I2).
- Recierre múltiple.
- Funciones de bajo voltaje [baja tensión] en una y tres fases, y de sobrevoltaje en una fase.
- Medición de: corrientes, voltajes, vatios [watts], VARs, VAR-hora, factor de potencia, frecuencia
- Vatios, VARs y corrientes de demanda pico con registro con estampado de tiempo
- Localizador de fallas con estimación de distancia en millas y resistencia de falla
- Resumen de fallas y registros detallados de fallas de los últimos 32 disparos
- Registro de operaciones (secuencia de eventos) de las últimas 128 operaciones
- Ocho (8) entradas binarias (contactos) programables por el usuario
- Ocho (8) contactos de salida: seis (6) son programables por el usuario
- Tres tablas de ajustes seleccionables: Primaria, Alternativa 1 y Alternativa 2
- Función de arranque [puesta en trabajo o enganche] de carga fría

- Se puede implementar fácilmente un esquema de respaldo de interruptor de barra [bus o barra colectora]
- Función de coordinación de secuencia de zonas
- Totalización del contador de corriente interrumpida y de operaciones del interruptor
- El reloj con batería de respaldo mantiene fecha y hora durante las interrupciones de la energía [alimentación] de control
- Autodiagnóstico continuo de la fuente de alimentación, los elementos de la memoria y los microprocesadores
- Puerto frontal RS-232 y diversas opciones de puertos de comunicaciones en la parte posterior, como RS-232 y RS-485.
- Capacidad opcional de perfil de carga: vatios, VARs y voltaje para 40, 80 ó 160 días
- Curvas opcionales de sobrecorriente temporizada programables por el usuario
- Almacenamiento opcional de datos oscilográficos que captura 64 ciclos de datos de forma de onda de corriente y voltaje
- La tarjeta madre y la fuente de alimentación pueden extraerse de la caja y transferirse a otra caja, sin que sea necesario realizar calibraciones.

El interfaz de control del operador (OCI) (*figura 5*) en el panel frontal consiste de un LCD gráfico con autocompensación de temperatura, seis botones (teclas) y doce indicadores LED.

Figura 5. DPU 2000R



3.1.1. Estados e Indicadores

En el panel frontal del DPU2000R se proporcionan doce Diodos Emisores de Luz (LEDs) llamados "Indicadores" (targets) que muestran las condiciones del DPU2000R, el arranque por sobrecorriente (la corriente excede su ajuste), el estado del recierre, y el tipo de falla. Se dispone de dos tipos de indicadores, llamados "sellados" y "no sellados".

Los indicadores sellados se mantienen iluminados aun luego de despejarse la condición que los hizo encenderse, mientras son resetiados.

Los indicadores y su función específica están listados a continuación:

Normal: Indica que el DPU2000R está en condiciones normales de operación. Si el DPU2000R detecta una falla interna, este LED se apagará, encendiéndose el LED de Falla. El LED de Normal “parpadea” cuando una entrada o una salida lógica ha sido **forzada** a un estado de activación o desactivación. El parpadeo indica que el DPU2000R está bien, pero se encuentra en un estado operativo anormal. El LED de Normal es un indicador no sellado de color verde.

Falla (Fail): Indica que el DPU2000R ha determinado una falla de autoprueba. La pantalla de LCD (si es aplicable) puede entonces indicar un código de error. Cuando el LED de Falla está iluminado, la unidad por lo general requiere reparación. Los contactos de alarma de Autocomprobación en la parte posterior de la unidad también cambian de estado cuando el LED de Falla está encendido. El LED de Falla es un indicador no sellado de color rojo.

Arranque (Pickup): Este LED se enciende si la corriente de entrada ha excedido el ajuste de arranque de cualquiera de los elementos de sobrecorriente. El LED de Arranque es un indicador no sellado de color rojo.

Recierre Desactivado (Recloser Out): Indica que la función de recierre contenida en el DPU2000R está desactivada.

Este LED se enciende cuando la entrada lógica 43A está desactivada. El LED de Recierre Desactivado es un indicador no sellado de color rojo.

A, B, C o N: Indican la fase o fases en falla. Estos indicadores se encienden después que el relé dispara por una falla. Estos LEDs son indicadores sellados de color rojo.

Tiempo (Time): Indica que ha ocurrido un disparo por sobrecorriente temporizada. Al disparar los elementos de sobrecorriente temporizada, activan el indicador de Tiempo. El LED de Tiempo es un indicador sellado de color rojo.

Instantáneo (Instantaneous): Indica que ha ocurrido un disparo por sobrecorriente instantánea. Al disparar los elementos de sobrecorriente instantánea, activan el indicador de Instantáneo. El LED de Instantáneo es un indicador sellado de color rojo.

Secuencia Negativa (Negative Sequence): Indica que ha ocurrido un disparo de secuencia negativa. Al disparar el elemento de secuencia negativa, activa el indicador de Secuencia Negativa. El LED de Secuencia Negativa es un indicador sellado de color rojo.

3.1.2. Instrucciones para Comprar

Los relés de la serie 2000R tienen un sistema estructurado de número de catálogo para ordenar. El número de catálogo de la unidad se prepara a partir de 13 caracteres seleccionables por el cliente. Cada carácter identifica características o funciones que pueden incorporarse en el relé, como se muestran a continuación.

Figura 6. Descripción número de catálogo

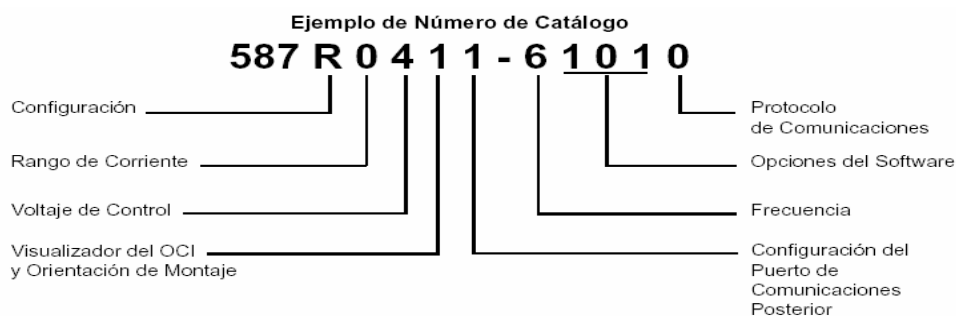


Tabla 4. Selección opciones de comunicación

ASIGNACIONES DE PUERTOS POSTERIORES



COM1
NO AISLADO
RS-232



COM2
NO AISLADO
RS-232



COM3
AISLADO
RS-232
a menos que
se indique



RS-485
AISLADO



INCOM
AISLADO



IRIG-B

Selección de Opciones en el Número de Catálogo

587 o
687 R041[] - 6101[]

		Con Visualiz.	Sin Visualizador*				
1	0		ABB Ten Byte		ABB Ten Byte		
2	0		ABB Ten Byte		ABB Ten Byte	ABB Ten Byte	IRIG-B
2	1		ABB Ten Byte		ABB Ten Byte	DNP 3.0	
						DNP 3.0		ABB Ten Byte
2	4		ABB Ten Byte		Modbus®	ABB Ten Byte	IRIG-B
						ABB Ten Byte		Modbus®
3	0		ABB Ten Byte				INCOM IRIG-B
4	0		ABB Ten Byte			ABB Ten Byte	INCOM IRIG-B
4	1		ABB Ten Byte			DNP 3.0	INCOM IRIG-B
4	4		ABB Ten Byte			Modbus®	INCOM IRIG-B
5	0		ABB Ten Byte			ABB Ten Byte	
6	4		ABB Ten Byte	ABB Ten Byte	Modbus Plus™		
7	4		ABB Ten Byte		Modbus Plus™	ABB Ten Byte	
8	0		ABB Ten Byte		ABB Ten Byte (RS-485)	ABB Ten Byte	IRIG-B
8	1		ABB Ten Byte		ABB Ten Byte (RS-485)	DNP 3.0 (RS-485)	
						DNP 3.0 (RS-485)		ABB Ten Byte (RS-485)
8	4		ABB Ten Byte		Modbus® #	ABB Ten Byte	IRIG-B
						ABB Ten Byte (RS-485)		Modbus® #
E	4					Network Modbus Ethernet Copper or Ethernet Fiber Optic	#
E	6					Network Modbus Ethernet Copper or Ethernet Fiber Optic	
E	7					Network Modbus Ethernet Copper or Ethernet Fiber Optic	

Tabla de Selección de Opciones de Comunicaciones

Tabla 5. Selección catálogo DPU 2000R

		Cat. #	557 (ANSI)	R	0	4	1	1	-	6	1	0	1	0		
			687 (IEC)	R	0	4	1	1		6	1	0	1	0		
Configuración	Estándar		R	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Estándar con Protección de Falta a Tierra		E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Estándar con Comprobación de Sincronismo		C	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rango de Corriente	Fase	Tierra														
	Estándar o con Sensibilidad de Falta a Tierra No Direccional															
	0,4 - 12 A	0,4 - 12 A	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	0,4 - 12 A	0,05 - 2,40A	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	0,05 - 2,40 A	0,05 - 2,40 A	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Sensibilidad de Falta a Tierra Direccional															
	0,4 - 12 A	0,4 - 12 A	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	0,4 - 12 A	0,05 - 2,40A	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	0,05 - 2,40 A	0,05 - 2,40A	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Voltaje de Control	36—55 VCC		3
70—250 VCC			4	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.
19—29 VCC			9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Interfaz de Control del Operador (OCI)	OCI Estándar, montaje horizontal		1	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.
	OCI Realizado, montaje horizontal		2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	OCI Realizado, con Control de Reconector "Hot-Line-Tag" dedicado, para montaje horizontal		3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	OCI Estándar, montaje vertical		6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	OCI Realizado, montaje vertical		7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	OCI Realizado, con Control de Reconector "Hot-Line-Tag" dedicado, para montaje vertical		8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Puerto de Comunicaciones Posterior	(Puerto RS-232 frontal es estándar en todas las unidades)															
	RS-232 (aislado) Únicamente		1	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.
	Puerto RS-485 (aislado) y Puerto RS-232 (aislado)		2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	INCOM (aislado)		3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Puerto RS-485 (aislado) e INCOM (aislado)		4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	RS-485 (aislado) Únicamente		5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Modbus Plus y RS-232 (no aislados)		6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Modbus Plus y RS-485 (aislados)		7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Dos Puertos RS-485 (aislados)		8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Ethernet 10/100 mag par trenzado (RJ45) y Fibra Óptica de 10 mag (conector ST)		E	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Frecuencia	50 Hertz		5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	60 Hertz		6	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.
Software	Sin Registrador Digital de Fallos (DFR)		0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Con Registrador Digital de Fallos (DFR)		1	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.
	Sin Curvas Programables por el Usuario		0	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.	.
	Con Curvas Programables por el Usuario		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Curvas Especiales de Reconector		2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Curvas Especiales de Reconector y Curvas Programables por el Usuario		3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Sin Perfil de Carga		0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
	Con Perfil de Carga		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Protocolo de Comunicaciones	Standard (Protocolo ABB de 10 Bytes - Com Port todos los dígitos excepto 6, 7 y E)		0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
	DNP 3.0 (Com Port dígitos 2 u 8)		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Modbus (Com Port dígitos 2 u 8)		4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Modbus Plus (Com Port dígitos 6 ó 7)		4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	UCA (Com Port dígito "E")		6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	Modbus/UCA (Com Port dígito "E")		7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

3.2. TPU 2000R (Unidad de Protección de Transformadores)

Figura 7. TPU 2000R



3.2.1. Funciones de Protección

El TPU2000R contiene numerosas funciones de relé de protección. Tres tablas de ajustes (Primario, Alternativo 1 y Alternativo 2) ofrecen la flexibilidad necesaria para cambiar parámetros con rapidez. Además de ello, el TPU2000R tiene capacidad de lógica programable y medición expandida.

La parte más importante del TPU2000R es el microprocesador. La capacidad del microprocesador permite al TPU2000R llevar a cabo sus numerosas funciones de protección.

3.2.2. Verificación Incorporada

El TPU2000R se autoverifica en forma continua para funcionar correctamente.

3.2.3. Estado de Autopueba

El TPU2000R realiza una autopueba continua del voltaje de su fuente de alimentación, de sus elementos de memoria, de su procesador de señales digitales y de su ejecución de programas. En caso de una falla del sistema, las funciones de protección son desactivadas y se accionan los contactos de alarma de autopueba. Exceptuando el caso de un “procesador que no responde”, se debe verificar el estado de PASS/FAIL (pasa/falla) de estos elementos

de autoprueba utilizando la interfaz hombre-máquina (HMI). El estado normal es indicado por una luz (LED) verde de TPU STATUS (estado del TPU) y una falla del sistema es indicada por una luz roja de TPU STATUS (o por el hecho que la luz verde de TPU STATUS no se enciende en caso de haber una pérdida de energía de control).

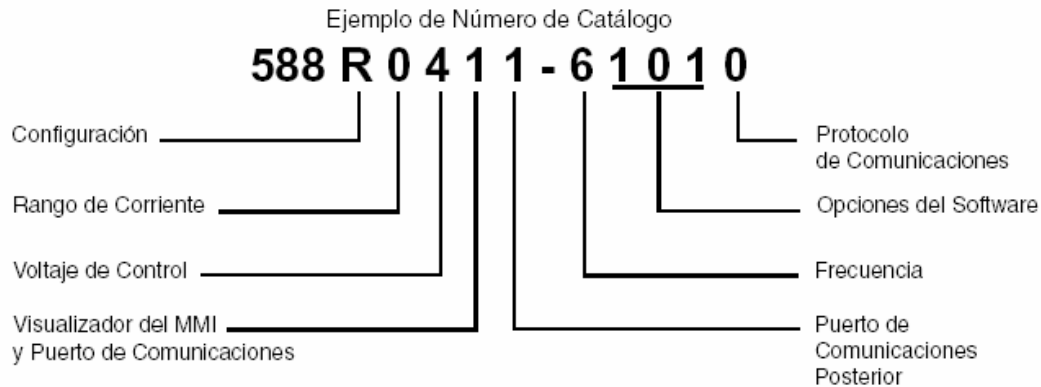
Las fallas de autoprueba son registradas como un número en el registro de operaciones. El patrón de bits binarios de este número indica la falla de autoprueba o el estado de acceso al editor correspondiente.

3.2.4. Instrucciones para Ordenar

Los relés de la serie 2000 en las TPU's tienen un sistema estructurado de número de catálogo similar al de las DPU's para ordenar.

El número de catálogo de la unidad se prepara a partir de 13 caracteres seleccionables por el cliente. Cada uno de dichos caracteres identifica características o funciones que pueden incorporarse en el relé.

Figura 8. Número de Catálogo TPU



3.2.5. Opciones de Software

Las opciones de software disponibles en la serie 2000R incluyen: Perfil de Carga, Curvas Programables por el Usuario y Datos Oscilográficos. Se puede seleccionar cualquier combinación de dichas opciones.

En el número de catálogo, 3 ubicaciones de caracteres definen su selección de opciones de software.

- Función Oscilográfica (Oscillographics)
- Curvas Programables por el Usuario (User Programmable Curves)
- Perfil de Carga (Load Profile)

La siguiente tabla ilustra todas las posibles configuraciones de hardware para los puertos de comunicaciones y los protocolos respaldados. Las columnas de Selección de Opciones en el Número de Catálogo listan todas las opciones de comunicaciones para las que pueden configurarse los relés.

Las diferentes variaciones de los protocolos se resumen bajo los respectivos puertos de comunicaciones que los respaldan.

El puerto auxiliar rotulado IRIg-B recibe una señal demodulada IRIg-B para sincronizar el reloj del 2000R.

Tabla 6. Configuración comunicaciones TPU

Selección de Opciones en el Número de Catálogo

588R041 | - 6101 |

Con Visualiz. Sin Visualiz.*

ASIGNACIONES DE PUERTOS POSTERIORES

Option 1	Option 2	Option 3	Option 4	Option 5	Option 6	Option 7	Option 8
0	0	Standard	Standard				
1	0	Standard		Standard			
2	0	Standard		Standard	Standard		IRIG-B
2	1	Standard		Standard	DNP 3.0		IRIG-B
2	2	Standard		Standard	Standard	SPACOM	
2	4	Standard		Modbus® o Standard Ver Nota #	Modbus® o Standard Ver Nota #		IRIG-B
3	0	Standard				INCOM	IRIG-B
4	0	Standard			Standard	INCOM	
4	1	Standard			DNP 3.0†	INCOM	
4	2	Standard			Standard	SPACOM	INCOM
4	4	Standard			Modbus®	INCOM	IRIG-B
5	0	Standard			Standard		
6	4	Standard	Standard	Modbus® (Modbus Plus™)			
7	4	Standard		Modbus® (Modbus Plus™)	Standard		
8	4	Standard		Modbus® o Standard (RS-485) Ver Nota #	Modbus® o Standard Ver Nota #		IRIG-B

Tabla de Selección de Opciones de Comunicaciones

Tabla 7. Selección número de Catálogo TPU

Selección del Número de Catálogo	5 8 8	R	0	4	1	1-6	1	0	0	0

Configuración	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3 Devanados	T	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3 Devanados con entradas de voltaje	Q	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2 Devanados	R	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2 Devanados con entradas de voltaje	V	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Rango de Corriente										
Ver la página siguiente para opciones de Rango de Corriente			0 - K							
Voltaje de Control										
38 — 58 Vcc					3					
70 — 280 Vcc					4					
19 — 29 Vcc					9					
Interfaz Hombre-Máquina / Montaje										
Unidad de Montaje Horizontal/Sin Interfaz Hombre-Máquina					0					
Unidad de Montaje Horizontal/Interfaz Hombre-Máquina					1					
Unidad de Montaje Vertical/Sin Interfaz Hombre-Máquina					5					
Unidad de Montaje Vertical/Interfaz Hombre-Máquina					6					
Puerto de Comunicaciones Posterior (ver tabla en página anterior para mayor detalle) (El puerto RS-232 frontal es estándar en todas las unidades)										
RS-232 (no aislado)					0					
RS-232 (aislado)					1					
Puerto Auxiliar y RS-232 (aislados)					2					
INCOM™ (aislado)					3					
Puerto Auxiliar y INCOM™ (aislados)					4					
RS-485 (aislado)					5					
Modbus Plus™ y RS-232 (no aislados)					6					
Modbus Plus™ y RS-485 (aislados)					7					
Puertos dobles RS-485 (aislados)					8					
Frecuencia										
50 Hertz					5					
60 Hertz					6					
Opciones de Software										
Sin Función Oscilográfica					0					
Función Oscilográfica					1					
Sin Curvas Programables por el Usuario					0					
Curvas Programables por el Usuario					1					
Sin Perfil de Carga					0					
Perfil de Carga					1					
Protocolo de Comunicaciones										
Standard (protocolo de 10 Bytes)					0					
DNP 3.0 (IEC 870-5)					1					
SPACOM					2					
Modbus®					3					

Tabla 8. Selección rango de corriente

Rango de Corriente				Selección de Dígitos del Catálogo			
Devanado 1		Devanado 2		Devanado 3		Tierra	No.
Fase	Tierra	Fase	Tierra	Fase	Tierra		
1 — 12	1 — 12	1 — 12	1 — 12	—	—	—	0
1 — 12	.2 — 2.4	1 — 12	.2 — 2.4	—	—	—	1
.2 — 2.4	.2 — 2.4	.2 — 2.4	.2 — 2.4	—	—	—	2
1 — 12	1 — 12	.2 — 2.4	.2 — 2.4	—	—	—	3
.2 — 2.4	.2 — 2.4	1 — 12	1 — 12	—	—	—	4
.02 — .24	.02 — .24	1 — 12	1 — 12	—	—	—	5
.02 — .24	.02 — .24	1 — 12	.2 — 2.4	—	—	—	6
.02 — .24	.02 — .24	.2 — 2.4	.2 — 2.4	—	—	—	7
1 — 12	1 — 12	.02 — .24	.02 — .24	—	—	—	8
1 — 12	.2 — 2.4	.02 — .24	.02 — .24	—	—	—	9
.2 — 2.4	.2 — 2.4	.02 — .24	.02 — .24	—	—	—	A
.02 — .24	.02 — .24	.02 — .24	.02 — .24	—	—	—	B
1 — 12	—	1 — 12	—	1 — 12	—	1 — 12	C
1 — 12	—	1 — 12	—	.2 — 2.4	—	1 — 12	D
1 — 12	—	.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	—	1 — 12	E
.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	—	1 — 12	F
1 — 12	—	1 — 12	—	1 — 12	—	.2 — 2.4	G
1 — 12	—	1 — 12	—	.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	H
1 — 12	—	.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	J
.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	—	.2 — 2.4	K

Las características que se listan a continuación funcionan de igual manera tanto para la DPU como para la TPU.

Interfaces del Usuario

El usuario puede cambiar ajustes, monitorear las actividades de medición y ver los registros de operaciones utilizando dos interfaces: el interfaz hombre-máquina y el Programa de Comunicaciones Externo (ECP). Asimismo, con el ECP se pueden direccionar lógicamente entradas y salidas a cualquier función lógica asociada y se pueden transferir archivos de Almacenamiento de Datos Oscilográficos y de Perfil de Carga.

Interfaz Hombre-Máquina (Opcional)

El interfaz hombre-máquina (HMI) consiste de un visualizador con iluminación de fondo de 4 filas por 20 caracteres y un teclado de seis botones (*figura 9*). El HMI exhibe continuamente las magnitudes de corriente RMS para Ia, Ib, Ic e In y los correspondientes voltajes fase-neutro (en configuración “estrella”) o entre fases (en configuración “delta”). Al ocurrir una falla, el HMI muestra la distancia a la falla y las cuatro magnitudes de corriente de falla hasta que se reponen los indicadores. Durante la secuencia de recierre, se exhibe también el tiempo restante en el intervalo de tiempo abierto o el período de reposición. Desde el HMI se puede lograr acceso directo a los ajustes del relé, los registros de medición, falla y operaciones, y a un modo de prueba.

Figura 9. Interfaz de Control del Operador (OCI)

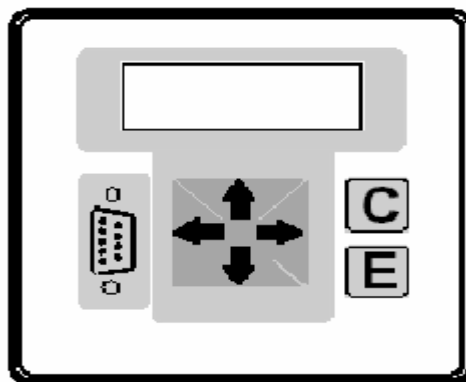
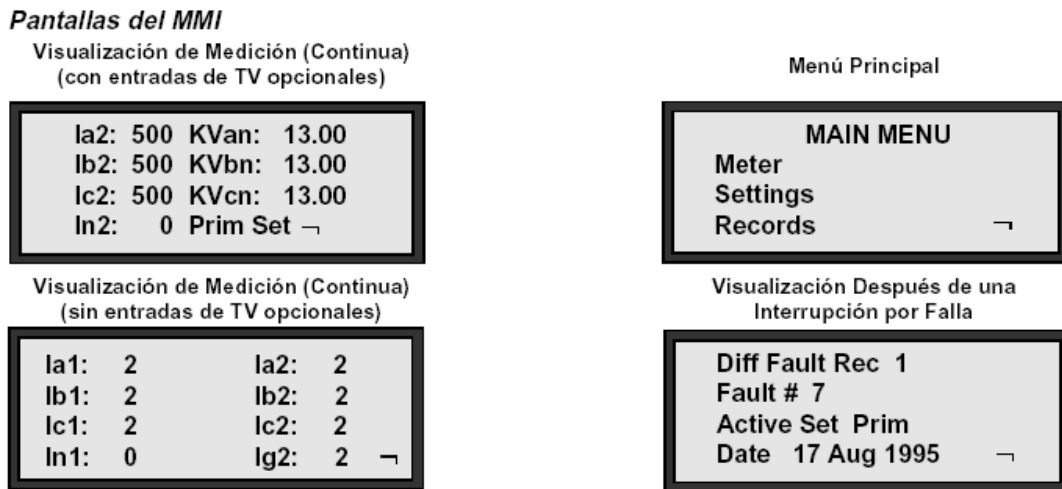


Figura 10. Panel de Acceso al HMI



Especificaciones del Procesador

El poder de procesamiento del relé ofrece un verdadero ambiente multitarea que combina protección, medición y control. Los componentes de hardware de la unidad incluyen:

- CPU [unidad central de procesamiento]: Microprocesador Motorola 68332 de 32 bits, 16 MHz
- RAM [memoria de acceso aleatorio] del CPU: 64 K de almacenamiento temporario para el CPU
- DSP: un procesador de señales digitales de 16 bits, que maneja toda la adquisición analógica y la medición de parámetros de entrada. Asimismo efectúa todas las iteraciones aritméticas de las señales digitales de entrada convertidas.
- EEPROM [memoria sólo de lectura programable, borrable eléctricamente]: almacena todos los ajustes de las funciones de protección.
- Convertidor analógico a digital (A/D) de 16 bits.
- EPROM del CPU: almacena la programación del CPU.
- FLASH EPROM: 0,5 M de memoria que almacena el algoritmo de operación del DSP.
- DSP RAM: 16 K de memoria para el almacenamiento temporal de los valores aritméticos del DSP.
- Reloj de tiempo real con batería de respaldo.

3.3. Software de Comunicaciones Externo en Windows (WinECP)

Mediante este software de comunicaciones externo, se pueden desarrollar todas las variantes que se desee, inclusive se puede operar el relé de una manera remota por medio del mismo.

Para la conexión directa a un computador, se debe utilizar un adaptador de módem nulo de 9 pines con un cable RS-232 de 9 pines. Cuando se conecta a un módem, sólo se deberá utilizar un cable RS-232 de 25 pines a 9 pines.

Si el relé DPU2000R o la TPU 2000R cuenta con el nuevo y realizado panel de Interfaz de Control del Operador (OCI), no es necesario usar un adaptador de módem nulo; un cable convencional de 9 pines será apropiado. Un cable de módem nulo no puede usarse en el puerto ubicado en la parte delantera del panel OCI. En los puertos ubicados en la parte posterior del relé, se requiere un adaptador o cable de módem nulo para la comunicación con el relé.

Programa de Comunicaciones

Externo en Windows™ (WinECP)

El WinECP es un programa de interfaz a los relés de protección de ABB. El WinECP reside en un PC y se comunica con el relé a través de los puertos de comunicación en serie del PC (com 1, com 2, com 3...).

El WinECP opera ya sea "en línea" [On-line] (o sea, comunicándose con un relé) o "fuera de línea" [Off Line]. En el modo "fuera de línea", WinECP no se comunica con un relé sino con archivos de datos que podrían haberse guardado desde un relé o en una sesión previa con WinECP. El WinECP actúa asimismo como "puente de comunicación" con otros programas del software y con características tales como CurveGen, la Herramienta de Análisis Oscilográfico y el Perfil de Carga.

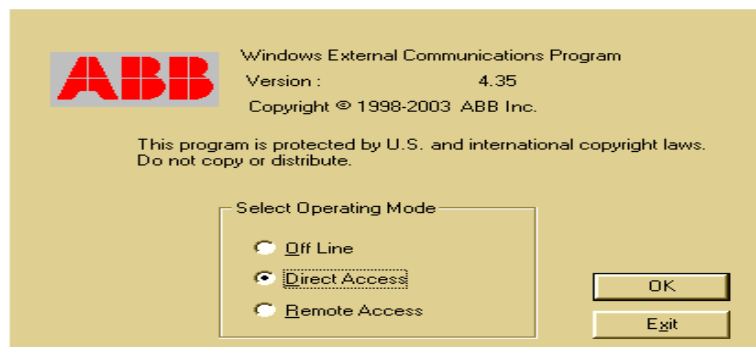
El Programa de Comunicaciones externo en Windows™ (WinECP) proporciona comunicaciones de punto a punto con el relé DPU2000R y la TPU 2000R. Usando el

WinECP, se pueden programar los ajustes para las diversas funciones del DPU2000R o la TPU 2000R.

El software puede usarse sin el relé DPU2000R o la TPU 2000R para explorar la capacidad y la funcionalidad del relé. Cuando el software no está en comunicación con un DPU2000R o la TPU 2000R, los ajustes y configuraciones que se visualizan son los valores por omisión de fábrica. Los ajustes del relé pueden editarse, guardarse en un archivo y recuperarse para transferirlos posteriormente a una DPU2000R o una TPU 2000R. Cuando el software está conectado a un DPU2000R o a una TPU 2000R, se pueden ver los registros, guardarlos en un archivo y volver a verlos después.

El ECP contiene comandos de emulación de terminal que se envían por módem para lograr el acceso al relé o a otros dispositivos conectados a un módem remoto.

Figura 11. Menú principal Software WinECP



Requisitos del Sistema

Para usar el WinECP, se debe contar con:

- Un PC clase Pentium o mejor.
- Microsoft Windows 96, Windows 98 o Windows NT.
- Ajuste mínimo de resolución de la pantalla de 800x600.

Selección Del Modo De Operación

La ventana "Select Operating Mode" es la primera pantalla que aparece cuando se inicia el programa WinECP. En esta ventana, se podrá escoger si trabajará fuera de línea (Off Line), vía Acceso Directo (el PC está conectado directamente al Relé), o vía Acceso Remoto (conectado mediante un módem utilizando conexión por discado o "dial-up").

Si se escoge trabajar fuera de línea, aparecerá otra ventana pidiendo se seleccione un archivo de relé o un tipo de Relé. Si se escoge trabajar directamente con el relé vía Acceso Directo, aparecerá una ventana pidiendo se seleccione el Puerto de Comunicaciones. Si se escoge trabajar con el relé vía Acceso Remoto, va a aparecer una ventana pidiendo información para discado.

- ***Fuera de Línea***

Cuando se selecciona "Off Line", se pide seleccionar un archivo de relé (Relay File) o tipo de relé (Relay Type). Para usar información guardada previamente, se escoge "Browse" (mirar) y se selecciona un archivo de relé existente en el disco duro. Para generar una nueva configuración, se debe seleccionar un tipo de relé de la lista y luego seleccionar "Create Catalog Number" para configurar las especificaciones del Número de Catálogo.

- ***Crear Número de Catálogo***

Después de seleccionar un tipo de relé y escoger "Create Catalog Number", se podrá generar el número de catálogo del producto mediante los campos editables.

- ***Número de Versión (Advanced)***

Haciendo clic en el botón "Advanced" en la pantalla "Create Catalog Number", se podrá seleccionar el número de versión del firmware del relé. Se debe usar la flecha bajante que aparece en la ventana "Version" para seleccionar a partir de una lista de números de versión del firmware disponibles para el tipo de relé que se haya seleccionado.

- **Acceso Directo**

Si se desea conectar directamente con el relé, se debe seleccionar "Direct Access" en el cuadro de diálogo Select Operating Mode. Realizar las selecciones pertinentes en el cuadro de diálogo Comm Port Setup (establecer puerto de comunicaciones) que se muestra y hacer clic en "Connect".

Monitorización

Las pantallas de monitorización interrogan [sondean] periódicamente al relé pidiendo datos. Se debe seleccionar la pantalla de Monitoring (monitoreo) cuyos datos se desean ver. Cada ítem del menú presenta una ventana separada en la cual se podrán ver los datos a medida que son actualizados.

Para diferenciar entre grupos de datos, los valores numéricos se exhiben en diferentes colores.

Además del monitoreo continuo del contacto de salida de Auto comprobación, es preciso realizar pruebas de rutina en el hardware para verificar si el relé está funcionando correctamente. Estas pruebas se efectúan por medio del OCI (interfaz de control del operador) o del puerto de comunicaciones y el Programa de Comunicaciones Externo en Windows. Las pruebas son:

1. Confirmar el estado de "pasa / no pasa" de cada elemento de Auto comprobación utilizando el menú de pruebas (Test Menu).
2. Confirmar la continuidad de la corriente y el voltaje a través de cada sensor de entrada utilizando el menú de medición (Meter Menu).
3. Confirmar la continuidad a través de cada entrada de contacto ópticamente aislada para las condiciones de abierta y cerrada utilizando el menú de pruebas.
4. Verificar la operación de cada contacto de salida utilizando el menú de pruebas.
5. Confirmar que todos los ajustes del relé son correctos utilizando el menú de mostrar ajustes (Show Settings Menu).
6. Chequear los registros de fallas y operaciones (Fault and Operation Records) para verificar si la operación secuencial es correcta

Localizador de Fallas

El algoritmo de fallas del relé se utiliza para calcular la resistencia estimada de la falla y la distancia aparente a la falla. Una vez que se ha calculado la impedancia de la falla, se puede calcular directamente la distancia a la falla usando la impedancia de la falla, la impedancia de línea y la longitud de la línea.

El algoritmo de Falla fue diseñado para usarse en una línea de distribución radial homogénea. Por lo tanto, la unidad no debe usarse en una línea de distribución con muchos tipos diferentes de conductor, ya que el algoritmo no sería preciso.

Los datos de falla pueden no ser precisos para una condición de cierre en falla donde no hay un flujo de energía pre-falla.

En caso de cierre en falla durante una secuencia de recierre, la distancia aparente a la falla, en millas, para la primera falla aparece en la primera línea de la pantalla LCD en toda la secuencia de recierre. Los registros de falla también exhiben la distancia original a la falla en cada registro de dicha secuencia de recierre. El algoritmo para el localizador de fallas es particularmente aplicable a un alimentador radial.

Almacenamiento de Datos Oscilográficos (Captura de Forma de Onda)

Para realizar el análisis de perturbaciones, el relé puede suministrarse con almacenamiento opcional de datos oscilográficos que captura los datos de forma de onda para cada una de las cuatro corrientes de entrada y de los tres voltajes de entrada. La capacidad de almacenamiento es de 64 ciclos de cada forma de onda. Para recuperar los datos de captura de onda del relé se utiliza File-Export Menu en el Programa de Comunicaciones Externo en Windows.

Se podrá programar el relé para capturar ocho, cuatro, dos o un registro(s) que contienen 8, 16, 32 ó 64 ciclos de datos. La captura de datos de forma de onda puede activarse al accionarse la salida de disparo, al abrirse el interruptor o al iniciarse la entrada de captura de forma de onda. Se podrá asimismo programar el relé para activar la captura de datos de forma de onda con el disparo, para obtener el máximo posible de ciclos de datos de pre-falla y falla, se puede programar la posición de activación en cualquier cuarto de ciclo

dentro del registro de fallas. La indicación de tiempo de un registro de forma de onda es capturado en el momento de la activación.

Registrador Digital de Fallas (DFR - Captura de Forma de Onda)

Para realizar la capacidad de analizar condiciones de falla y perturbaciones, se dispone de una característica oscilográfica ampliada en el relé. Se puede seleccionar el registro de cualquiera de las formas de onda analógicas disponibles en las entradas analógicas al relé desde los transformadores de corriente y voltaje conectados. Se seleccionan las fuentes de activación y también se especifica el número de ciclos de datos pre-activación y post-activación a capturar. Las señales digitales asociadas con la operación de las funciones de protección del relé son también registradas. Los datos recolectados son mantenidos en los elementos de memoria del relé hasta ser transferidos a un archivo en el PC.

Puertos de Comunicaciones

Estos relés tienen en el panel frontal un interfaz estándar no aislado RS-232C de nueve pines para comunicaciones en serie.

Este puerto se usa para interrogar o programar la unidad utilizando el ECP basado en un PC. En el panel posterior del relé hay configuraciones adicionales de puertos de comunicaciones, incluyendo:

- RS-232C aislado (3 hilos)
- RS-485 aislado (3 hilos)
- Puerto de Comunicaciones Auxiliares aislado RS-485
- Puerto INCOM aislado (2 hilos)
- IRIG-B

Las selecciones de velocidad en bauds para los puertos delanteros y posteriores son:

- DELANTEROS 300, 1200, 2400, 4800 ó 9600
- POSTERIORES 300, 1200, 2400, 4800, 9600 ó 19200

Se puede utilizar un convertidor ABB de RS-232 a RS-485 para conectar una red de relés con puertos RS-485 a un dispositivo para comunicaciones (módem) o un computador personal. Para tramos largos y ambientes con alto ruido eléctrico, se recomiendan enlaces de comunicaciones de fibra óptica. Se puede utilizar un convertidor ABB de RS-485 a fibra óptica para conectar en red múltiples relés una central de comunicaciones ubicada hasta a 1000 metros de distancia.

3.4. Configuración de los Puertos de Comunicaciones

La plataforma 2000R ofrece diversas variaciones de puertos de comunicaciones, tales como un RS-232 de 9 pines, RS-485, INCOM™ y Modbus Plus™. También se dispone de una lista de protocolos de comunicaciones comunes respaldados por fábrica, para operación de la unidad en una red.

Los puertos RS-232 están disponibles en dos configuraciones diferentes: Aislados y No Aislados. Los puertos aislados ofrecen aislamiento entre el puerto de comunicaciones y el resto del relé.

El puerto COM 1 está configurado únicamente como puerto no aislado. Las unidades que tienen una pantalla de MMI usan el puerto RS-232 en el panel frontal como COM 1, así que desactivan permanentemente el puerto RS-232 marcado COM 1 en la parte posterior de la unidad. Las unidades que no tienen una pantalla de MMI permiten al usuario seleccionar, mediante ajuste de puentes, ya sea el conector RS-232 frontal o el posterior (marcado COM 1) para que actúe como COM 1.

El puerto COM 2 es de configuración no aislada y el puerto COM 3 es de configuración aislada.

La serie 2000R también ofrece la innovadora capacidad de comunicaciones aisladas con RS-485 de ABB, disponible si se instala la tarjeta opcional de Comunicaciones Auxiliares. Esta configuración aislada de RS-485 ofrece una excelente calidad de comunicaciones, recomendada para aplicaciones en zonas de alto ruido eléctrico o que requieren cables de conexión cuya longitud excede los 10 pies (3 metros).

Tabla 9. Conexiones de Pines de RS-232

PIN No	FUNCIÓN DEL PIN
2	Recepción de datos- El relé recibe datos por medio de este pin.
3	Transmisión de datos- El relé transmite datos por medio de este pin
5	Retorno de tierra del circuito de señal- El puerto delantero tiene tierra de señal conectada al chasis; la tierra de señal del puerto posterior está completamente aislada

Protocolos

El relé ABB soporta varios protocolos orientados a bytes, entre estos se encuentran:

- Un protocolo propietario de comunicaciones orientado a diez bytes ABB con interfaz frontal RS-232 y posteriores RS-232/RS-485. El programa WinECP que se suministra con el relé puede utilizarse para la comunicación con el relé mediante estos protocolos.
- Modbus Plus™—Una red “token ring” con capacidad de comunicaciones a alta velocidad (1 MB por segundo)
- INCOM®—Un protocolo y sistema de comunicaciones basado en portadora de RF, de dos hilos
- DNP3.0 (IEC 870-5)—Un protocolo orientado a bytes basado en las Especificaciones Standard 870-5-T1 de IEC

El Protocolo “Standard o Ten Bytes”

El protocolo “Standard” que se menciona se refiere a un protocolo de comunicaciones orientado a ASCII de 10 bytes específico a la serie ABB 2000. Este protocolo es estándar para COM 1 y es seleccionable para otros puertos de la parte posterior, según la Tabla de Selección de Opciones. El Programa de Comunicaciones Externo (ECP) para la serie 2000 que se suministra sin costo adicional con el relé, utiliza el protocolo Standard.

Tabla 10. Configuración en comunicaciones

Ajuste	Rango	Valor por Omisión de Fábrica
FP232 - Baudios (Puerto Frontal)	300, 1200, 2400, 4800, 9600	9600
FP232 - Cuadro	N,8,1 o N,8,2	N,8,1
RP232 - Baudios (Puerto Posterior)*	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200	9600
RP232 - Cuadro	N,8,1; E,8,1; ODD,8,1; N,8,2; E,7,1; ODD,7,1; N,7,2	N,8,1
RP485 - Baudios (Puerto Posterior)*	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200	9600
RP485 - Cuadro	N,8,1; E,8,1; ODD,8,1; N,8,2; E,7,1; ODD,7,1; N,7,2	N,8,1
INCOM - (Puerto Posterior)*	1200, 9600	9600
Dirección de la Unidad	3 caracteres hexadecimales (0-9 y A-F)	001
IRIG-B - Entrada	Desactivar o Activar	Desactivar

Tabla 11. Conexiones de Pines de RS-485, INCOM, SIU e IRIG-B

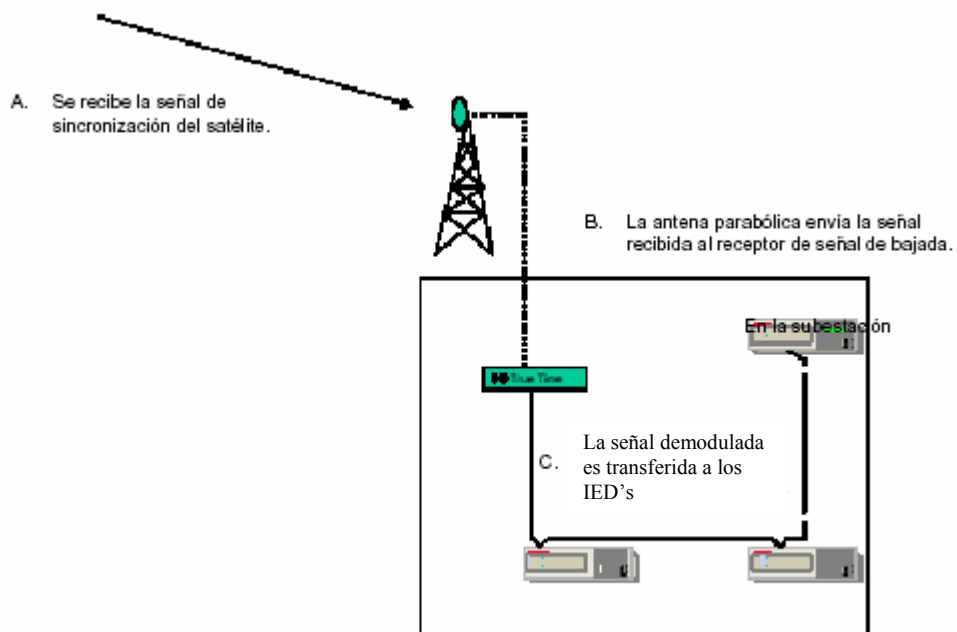
No. de Pin	Función del Pin
64	IRIG-B Menos
63	IRIG-B Positivo
62	INCOM
61	INCOM
60	+5 VCC a 100 miliamperios
59	Dirección menos
58	Dirección positiva
57	RS-485 común/retorno VCC
56	RS-485 menos o SIU menos (puerto de com. aux.)
55	RS-485 positivo o SIU positivo (puerto de com. aux.)

3.5. Implementación de IRIG B en las Unidades DPU/TPU/ 2000/R

IRIG B es un código de tiempo que permite sincronizar dispositivos a través del mundo con una fuente de tiempo común a una resolución de un milisegundo. IRIG B permite que cada dispositivo sea sincronizado con el cuadro recibido por un receptor IRIG B. Los relés de ABB DPU/TPU/GPU 2000/R y DPU1500R (referidos en adelante como IED) ofrecen capacidad de sincronización de tiempo con IRIG B.

La Figura 7 exhibe una instalación típica de IRIG B. Un receptor de tiempo IRIG B acepta la señal de RF y la transforma en un cuadro de sincronización de tiempo de un (1) segundo. Los IEDs en la subestación usan el cuadro de sincronización de tiempo de un segundo para regular sus relojes internos y sus registradores de eventos.

Figura 12. Sincronización por medio de GPS



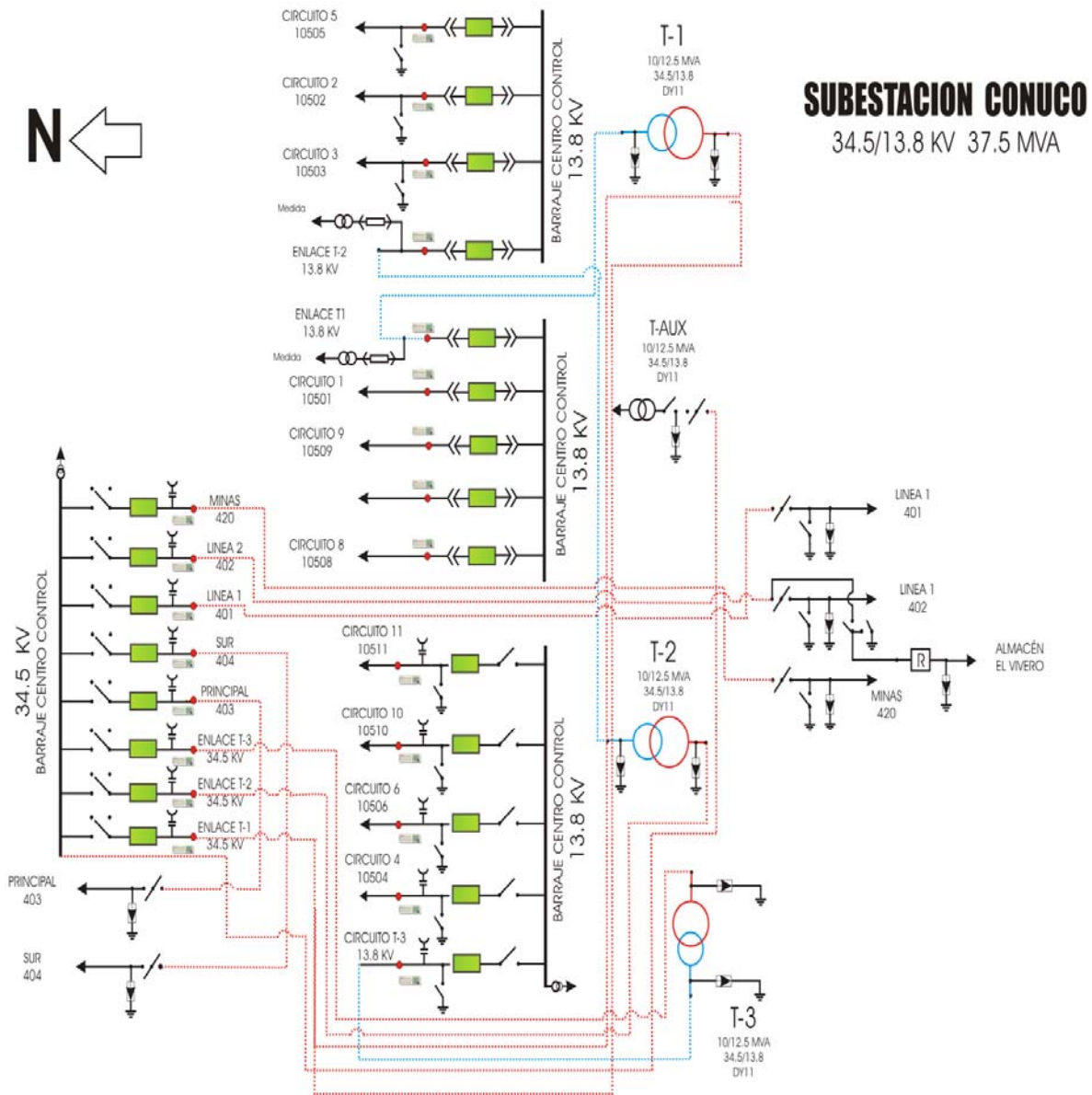
4. IMPLEMENTACIÓN DEL CONCENTRADOR DE COMUNICACIONES SEL 2030 EN LA SUBESTACIÓN CONUCO.

4.1. Subestación Conuco

La Subestación Conuco es una subestación perteneciente a la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., ubicada en la calle 64 con carrera 33. Esta subestación fue construida alrededor de la década de los 60's y maneja tensiones entre 34.5 y 13.8 kV. Esta subestación alimenta en el nivel de 34.5 el área comercial y turística de los barrios cabecera del llano y San pío y en el nivel de 13.8 alimenta a través de 11 circuitos los sectores del occidente de Bucaramanga como cabecera, terrazas y la floresta, también incluye el sector de Sotomayor y conucos, parte del sur occidente de la ciudad como Diamante II, Lagos del cacique y Santa Bárbara, entre otras. La subestación conuco está alimentada por 5 líneas de 34.5 desde las subestaciones Bucaramanga, Florida, Minas, Sur y Principal. La subestación conuco maneja una potencia de 37.5 MVA, distribuida en 3 transformadores de 10/12.5 MVA que alimentan los 11 circuitos.

La subestación Conuco cuenta con equipos de protección numéricos, equipos de Telemida y Equipos de corte en SF6 (Disyuntores) como se presenta a continuación.

Figura 13. Unificar Subestación Conuco.



En la búsqueda de un sistema que permita controlar los equipos electrónicos inteligentes existentes en la subestación Conuco o en alguna subestación remota teniendo en cuenta la gran cantidad de referencias, proveedores, y dispositivos que existen en la misma, se exige plantear una configuración diferente para tales dispositivos de acuerdo a sus características. Es por esto, que a lo largo de este trabajo se han planteado 3 esquemas de manera tal que se puedan apreciar las ventajas de cada una de éstos y permita el acceso a los equipos que se encuentran conectados al SEL, tanto DPU's como TPU's, para que exista un manejo adecuado desde el centro de control.

Estas configuraciones son implementadas a través de ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), además como se podrá apreciar en cada una de ellas, la comunicación es por medio de la red interna de la empresa (LAN), por lo cual se está sujeto a la velocidad, congestión y “caída” de la misma.

ADSL

La tecnología ADSL emplea una técnica de modulación que permite la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre (línea telefónica convencional).

La primera diferencia entre esta técnica de modulación y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90) es que éstos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 hz. a 3.400 hz.), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 Khz. hasta los 1.104 Khz., aproximadamente.

Al tratarse de una modulación en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario -> Red y Red -> Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del bucle, en la central local.

VENTAJAS

Estas son las ventajas del acceso ADSL:

- Gran ancho de banda en el acceso: permite el intercambio de información en formato digital a gran velocidad entre un usuario y la central local a la que se conecta mediante un par de cobre.
- Ancho de banda disponible de forma permanente.
- Se aprovecha una infraestructura ya desplegada, por lo que los tiempos de implantación de los servicios sobre la nueva modalidad de acceso se acortan.
- El acceso es sobre un medio no compartido, y por tanto intrínsecamente seguro.

4.2. Configuraciones

Para mostrar más fácilmente la principal ventaja de cada una de las configuraciones, después de la figura de recolección de datos correspondiente a cada esquema se muestra un ejemplo donde se estudia el tiempo que gastaría cada una de las configuraciones en realizar la toma de datos, estados y control de las subestaciones en caso tal que las subestaciones a controlar remotamente fueran 3 y cada una de ellas tuviese igual número de IED's que la subestación Conuco (16 IED's).

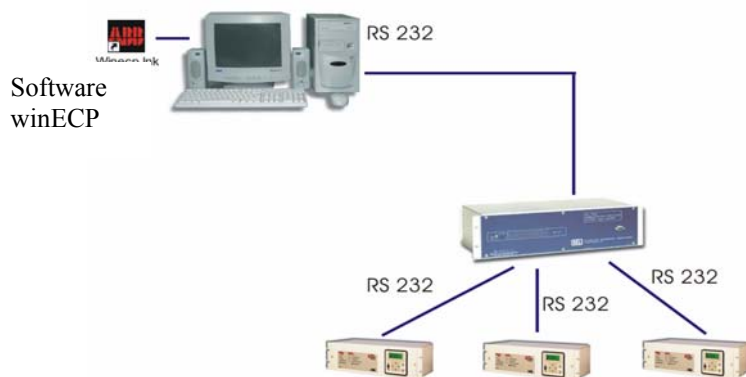
A continuación se presentan cada una de las configuraciones con sus respectivos procesos de recolección de datos:

4.2.1. Primera configuración: Esta configuración (Figura 14), es una conexión directa entre el SEL y el computador a través de módem ADSL conectado uno en cada sitio; El del SEL en la subestación y el del computador en el centro de control, con un cable 234 A (Anexo C)¹. Esta configuración permite acceder al SEL por medio de Hyper Terminal y realizar la configuración de los dispositivos electrónicos inteligentes

1. Para cada uno de los dispositivos conectados al concentrador de comunicaciones, se debe hacer uso del cable apropiado, es por ello que se hace referencia en el Anexo C

A través de los comandos que vienen descritos en el manual del concentrador, como claves para niveles de acceso y SET de comandos determinados dependiendo de la aplicación que se quiera (descritos en el Capítulo I). Por medio de esta configuración, se puede tener una comunicación directa con el equipo concentrador y en caso que se quiera acceder a las DPU's o a las TPU's se puede hacer a través del software de los dispositivos (Win ECP), gracias a que existe comunicación redundante entre el centro de control y los IED's de la subestación, de manera que si llega a haber falla alguna, se puedan operar los IED's.

Figura 14. Primera configuración



En la figura 15 se describe el proceso de recolección de datos y de estados tanto de los relés en sí como la subestación. El tiempo empleado para la recolección de estados y control es de 2seg por subestación y el empleado para medidas es de 2seg por IED. De esta configuración, se puede apreciar que no es práctica por el mismo proceso en sí, el simple hecho de que por el mismo hilo se estén tomando datos y se esté realizando control y viendo los estados, resulta algo lento e ineficiente. El proceso de recolección se realiza sobre la subestación que se encuentra en ese momento en pantalla, de todas las subestaciones interconectadas, se hace refresco de información cada 5 minutos.

Esta configuración demora **128 segundos** en actualizar las medidas de todos los IED's de la subestación que se encuentra en pantalla.

Debido a los problemas que se apreciaban con la primera configuración que se planteó, se diseñó un nuevo esquema que fuese mucho más eficiente y al igual que el anterior permitiera el control tanto del concentrador de comunicaciones como de los dispositivos conectados a él a través del Win ECP.

4.2.2. Segunda Configuración: En esta configuración los dos equipos (computadores) están interconectados a través del servidor el cual puede ser cualquiera de los dos equipos (ya sea tanto el que está tomando medidas como el que está tomando los estados). En esta configuración, como se puede apreciar, existe una conexión entre el concentrador y cada uno de los equipos tanto el que está recopilando las medidas como el que está recibiendo los estados.

En la parte relacionada con la configuración de las comunicaciones, se estima una reducción de tiempo bastante valiosa, ya que en esta ya existen dos hilos de comunicación uno para medidas y otro para estados y control, lo que mejora el tiempo de reacción ante cualquier evento. El tiempo que se tiene con esta configuración, es de 2 seg/IED y 2 seg/Subestación al igual que la primera configuración, pero hecha a través de 2 hilos.

Figura 16. Segunda Configuración.

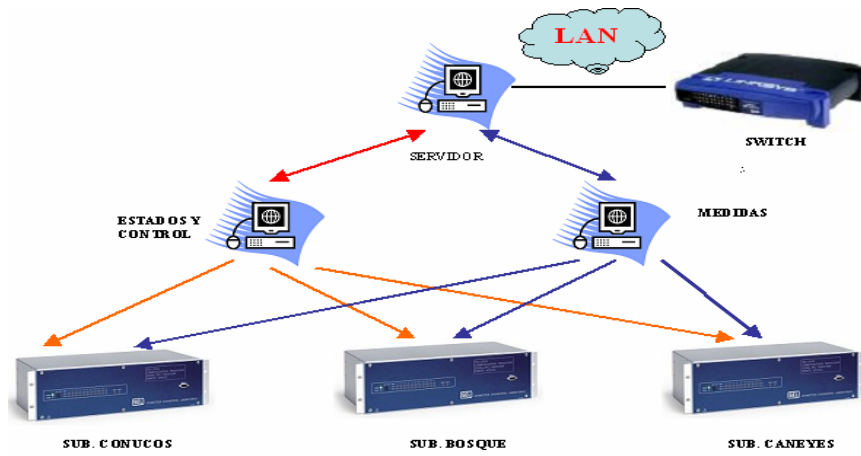
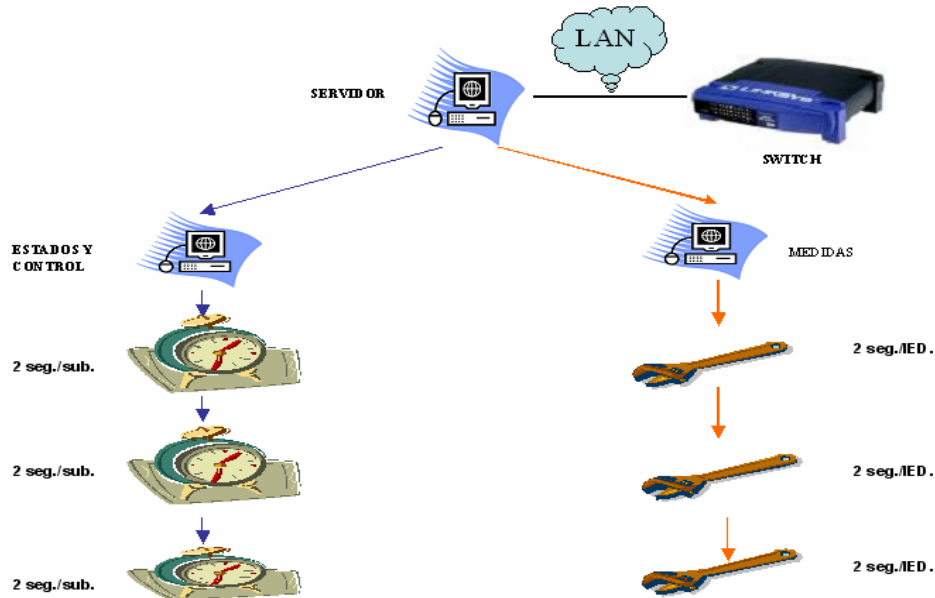


Figura 17. Recolección de Datos y Estados de la segunda configuración



- Segunda configuración:

2seg/sub	2seg/IED(1 ^{er})
2seg/sub	2seg/IED(2 ^{do})
2seg/sub	2seg/IED(3 ^{er})
2seg/sub	2seg/IED(4 ^{to})
2seg/sub	2seg/IED(5 ^{to})
2seg/sub	2seg/IED(6 ^{to})
2seg/sub	2seg/IED(7 ^{mo})
2seg/sub	2seg/IED(8 ^{vo})
2seg/sub	2seg/IED(9 ^{no})
2seg/sub	2seg/IED(10 ^{mo})
2seg/sub	2seg/IED(11 ^{vo})
2seg/sub	2seg/IED(12 ^{avo})
2seg/sub	2seg/IED(13 ^{avo})
2seg/sub	2seg/IED(14 ^{avo})
2seg/sub	2seg/IED(15 ^{avo})
2seg/sub	2seg/IED(16 ^{avo})

$$2*3+2*3+2*3+2*3+2*3+2*3+2*3+2*3$$

$$2*3+2*3+2*3+2*3+2*3+2*3+2*3+2*3$$

$$6+6+6+6+6+6+6+6+6+6+6+6+6+6+6+6$$

96

$$2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+$$

$$2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+2*1+$$

$$2*1+2*1=$$

$$2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2+2$$

32

En este cálculo se aprecian dos tiempos, el tiempo de estados y control que corresponde a las subestaciones y el tiempo de medidas el cual implica las medidas de los 16 IED's conectados al concentrador en la subestación que se encuentra en pantalla; el tiempo que realmente se tiene en cuenta es el de la recolección de datos, es por esto que el tiempo real de recolección es de **32 segundos**.

A pesar de las ventajas que se pudieron apreciar fácilmente a través de esta segunda configuración, la empresa Electrificadora y el proyecto en sí, necesita un tiempo de respuesta cada vez menor de manera que se permita tener manejo de un mayor número de datos o si fuese el caso y un mayor control sobre las subestaciones en total.

Siendo consecuentes con dicha necesidad, se ha pensado en otra configuración que permita atacar el principal problema, el tiempo.

4.2.3. Tercera Configuración: En esta configuración se plantea la implementación de un computador en sitio, de manera que allí (en la subestación), sea donde se haga el manejo de la información que se está recopilando del concentrador de comunicaciones y de esta manera, hay menos congestión de la red y manipulación de un mayor número de datos, esto gracias a que los datos se están maniobrando en la subestación y no se va a permitir el envío de datos innecesarios, sino por el contrario, se envíe un solo archivo con mayor cantidad de información de los relés. En esta también se hace uso de un servidor que es quien recopila la información y la envía al centro de control.

Como se aprecia a continuación en la figura 19 de recolección de datos en esta configuración, el tiempo se reduce y entra a depender del número de subestaciones que estén interconectadas, sin embargo haciendo la evaluación de tiempos con las mismas 3 subestaciones que en las 2 configuraciones anteriores, se logra una reducción considerable de tiempo.

Figura 18. Tercera Configuración.

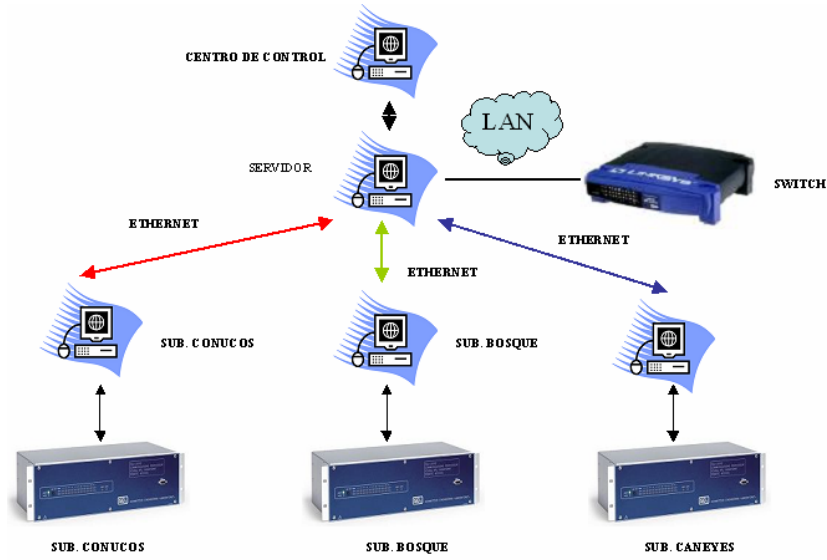
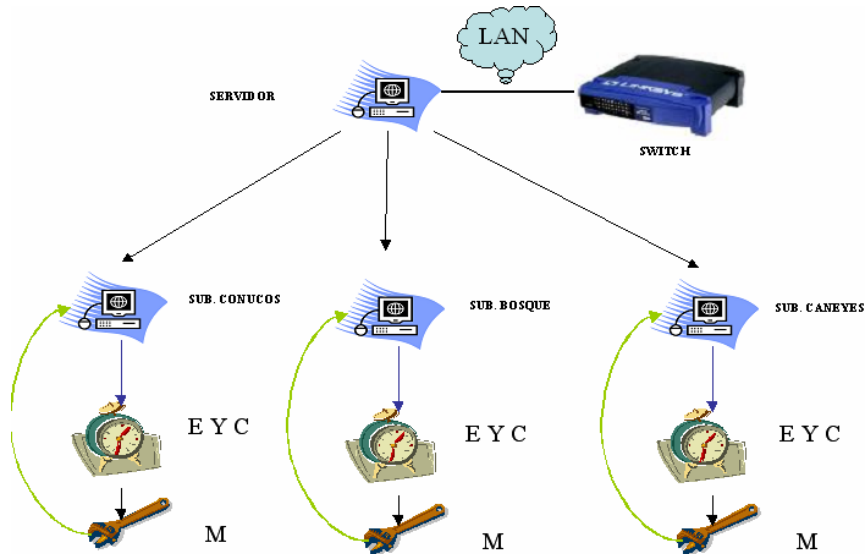


Figura 19. Recolección de Datos y Estados de la tercera configuración.



En esta tercera configuración, se toma como tiempo tanto de toma de medidas como de control y estado de cada subestación, 0.5 segundos, esto se debe a que para realizar la tercera configuración se trabaja con el protocolo Modbus (19200 bits/seg), que sera más rápido relacionado con el protocolo Ten Bytes (9200 bits/seg).

- Tercera configuración:

0.5seg/sub	0.5seg/IED(1 ^{er})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(2 ^{do})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(3 ^{er})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(4 ^{to})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(5 ^{to})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(6 ^{to})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(7 ^{mo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(8 ^{vo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(9 ^{no})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(10 ^{mo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(11 ^{vo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(12 ^{avo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(13 ^{avo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(14 ^{avo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(15 ^{avo})
0.5seg/sub	0.5seg/IED(16 ^{avo})

$$\begin{array}{l}
 0.5*3+0.5*3+0.5*3+0.5*3+0.5*3+ \quad 0.5*1+0.5*1+0.5*1+0.5*1+0.5*1+ \\
 0.5*3+0.5*3+0.5*3+0.5*3+0.5*3+ \quad 0.5*1+0.5*1+0.5*1+0.5*1+0.5*1+ \\
 0.5*3+0.5*3+ 0.5*3+0.5*3+0.5*3+ \quad 0.5*1+0.5*1+0.5*1+0.5*1+0.5*1+ \\
 0.5*3= \quad \mathbf{24} \qquad \qquad \qquad 0.5*1= \quad \mathbf{8}
 \end{array}$$

Como se aprecia después de estos cálculos, la recolección de datos en esta nueva configuración es de **8 segundos**. Sin embargo, también se debe tener en cuenta el retardo adicional que se tiene al enviar estos datos a través de la LAN de la empresa, ya que hay que contemplar el hecho de que esta velocidad depende de la hora en que se haga dicha recolección de datos debido a la congestión de la misma y la velocidad de la red. Para este trabajo, se trabaja con una velocidad de 10 Mbps, sin embargo, en el centro de control se maneja una velocidad de 100 Mbps.

Es de esta forma, como después del análisis que se ha desarrollado para cada una de las posibles configuraciones para la implementación del concentrador de comunicaciones en la subestación Conuco, se puede apreciar que la configuración más apropiada, por los tiempos de recolección de datos y análisis de estados de las subestaciones es la número 3, sin embargo en estos momentos en la Electrificadora de Santander se encuentra implementada la configuración número 2, ya que desde un principio se planteó realizar el proyecto con el material que contara la empresa, y como muestra en la *Figura 19* se hace necesario un computador en cada subestación (3 en total), lo cual implica una primera inversión. Sin embargo, esta configuración no está descartada del todo, lo que se busca en primera instancia es dar a conocer el proyecto y luego de que la empresa vea las ventajas, hacer la inversión para mejorar los tiempos.

Después de ver las ventajas que puede presentar cada configuración, en esta etapa del trabajo se busca conocer las características de los IED's que se encuentran en la subestación para la posterior implementación de las configuraciones que se mencionaron anteriormente. Teniendo en cuenta que a partir del número de catálogo se pueden definir completamente las características con que cada dispositivo electrónico cuenta, a continuación se muestran características de cada uno de los IED's de la subestación Conuco, se especifica si tienen o no interfaz Hombre-Máquina, con qué puertos de comunicaciones se cuenta, frecuencia, perfil de carga y protocolo de comunicaciones que maneja entre otras.

En esta subestación existen 15 DPU's, una en cada circuito y una celda de enlace, la cual se implementa a través de una TPU.

Tabla 12. DPU's de la Subestación Conuco

	N	HMI	RS485	RS232	F.O	C.P.U	P.C	P	# CATALOGO
Circuito 10505	A	√	√		√	X	√	S	587R1415-61010
Circuito 10502	A	√	√		√	X	√	S	587R1415-61010
Circuito 10503	A	√	√		√	X	√	S	587R1415-61010
Circuito 10501	A	√	√		√	X	√	S	587R1415-61010
Circuito 10509	I	√	√	√	√	X	√	M	687R1412-61014
Circuito 10507	A	√	√	√	√	X	√	M	587R1412-61014
Circuito 10511	A	√	√		√	X	√	S	587R0465-61010
Circuito 10510	A	√	√		√	X	√	S	587R0465-61010
Circuito 10506	A	√	√		√	X	√	S	587R0465-61010
Circuito 10504	A	√	√		√	X	√	S	587R0465-61010
Línea 403	A	√	√	√	√	X	√	M	587R1412-61014
Línea 404	A	√	√		√	X	√	S	587R1410-61010
Línea 401	A	√	√	√	√	X	√	M	587R1412-61014
Línea 402	I	√	√	√	√	X	√	M	687R1412-61014
Línea 420	I	√	√	√	√	X	√	M	687R1412-61014

N: Hecho bajo las normas A: ANSI, I: IEC.

HMI: Interfaz Hombre-Máquina.

RS485: Puerto de comunicaciones posterior RS485 aislado

RS232: Puerto de comunicaciones posterior RS232 aislado

F.O: Función Oscilográfica

C.P.U: Curvas Programables por el usuario

P.C: Perfil de Carga

P: Protocolo S: Stándard o Ten Bytes, M: Modbus.

Celda de Enlace Transformador 3:

Catálogo: 588V0465-61010

Devanados: 2

Voltaje de Control: 70-280 Vcc

Unidad de montaje: Vertical

Interfaz Hombre-Máquina: Sí

Puerto de Comunicaciones Posterior: RS 485 aislado

Función Oscilográfica: sí

Curvas Programables por el usuario: No

Perfil de carga: sí

Protocolo: Stándard (10 Bytes)

Velocidad de transmisión: 9600 bits/seg

El concentrador de comunicaciones implementado en la subestación Conuco, como se ha mencionado anteriormente maneja varios protocolos, sin embargo, todos los relés de la subestación Conuco manejan el protocolo Ten Bytes, es por esto que el SEL 2030 maneja aguas abajo (con los IED's) el protocolo Stándard o Ten Bytes (Anexo A) y aguas arriba (con el centro de control) el protocolo de transferencia de archivos (FTP) (Anexo A).

El estudio de las características de los dispositivos electrónicos permite el manejo apropiado de las mismas teniendo en cuenta que a través del software implementado en este trabajo (ver capítulo 4) éstas juegan un papel primordial, ya que de ellas depende la comunicación entre los dispositivos y el concentrador, la manera en cómo se presenten los datos, las medidas que se pueden traer y a través de qué medio se hará la comunicación (RS 232 ó RS 485).

5. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Gracias a la necesidad de dar un mejor provecho a las características mismas del concentrador de comunicaciones SEL 2030, se ve la necesidad de implementar un software que permita dar mando remoto a los IED's de la subestación Conuco y futuras subestaciones de la Electrificadora, es de esta manera como se hace indispensable para este trabajo en sí, el estudio de cuál es la mejor opción que presenta el mercado para esta implementación. Es así y debido a la búsqueda de poder desarrollar este proyecto con los recursos que la empresa tenía en esos momentos, que se escogió trabajar con un sistema multiplataforma como JAVA; ya que este nació de la necesidad de un lenguaje de programación que fuera independiente de la plataforma (sistema operativo), y que pudiera ser utilizado para crear software para diversos dispositivos electrónicos y se pudiese ejecutar en distintos tipos de CPUs bajo diferentes entornos; es un lenguaje coherente y consistente lógicamente, excepto por las restricciones que impone Internet.

Java permite al programador trabajar con diferentes niveles de acceso, es de esta manera como se consigue proteger de manera segura al software sin temer a los virus o intentos de acceso maliciosos.

La clave que permite a Java resolver el problema de la seguridad es que la salida del compilador Java no es un código ejecutable, sino un bytecode. El bytecode es un conjunto de instrucciones altamente optimizado diseñado para ser ejecutado por una máquina virtual que emula al intérprete Java.

5.1. VENTAJAS DEL SOFTWARE DESARROLLADO

Dentro de las ventajas del software desarrollado, se pueden resaltar la de software propietario, ya que uno de los problemas que presenta actualmente la electrificadora de

Santander, es en relación con el Sistema de Adquisición y Datos (SCADA), esto debido a que es un sistema cerrado, es decir, el software no puede ser modificado por personas ajenas a la compañía que en esos momentos se le compró el sistema. Es por esto que la actualización del mismo generaría costos elevados para la empresa.

Además de esto, se puede mencionar el hecho de ser un sistema simple, esto gracias a la arquitectura misma del lenguaje de programación, haciendo referencia a que JAVA fue diseñado con la finalidad de que su aprendizaje y utilización resultaran sencillos para el programador.

Por otra parte, se hace referencia a un sistema robusto, ya que el lenguaje de programación utilizado, se encarga internamente de reservar la memoria como de liberarla. De hecho la liberación de esta es completamente automática, gracias a que dispone del sistema de “recogida de basura” que se encarga de los objetos que ya no se utilizan.

La característica más importante de este sistema es que es un sistema Multihilo, esto permite la escritura de programas que hagan varias cosas simultáneamente. El intérprete Java dispone de una solución elegante y sofisticada para la sincronización de múltiples procesos que permiten construir fácilmente sistemas interactivos. El método multihilo de Java, de utilización sencilla, permite ocuparse únicamente del comportamiento específico del programa, en lugar de pensar en un sistema multitarea.

Los programas Java se transportan con cierta cantidad de información que se utiliza para verificar y resolver el acceso a objetos en el tiempo de la ejecución. Esto permite enlazar el código dinámicamente de una forma segura y viable. Esto es crucial para la robustez del entorno de las applets, en el que pequeños fragmentos de bytecode pueden ser actualizados dinámicamente en un sistema que está ejecutándose.

La programación orientada a objetos organiza un programa alrededor de sus datos, es decir, objetos, y de un conjunto de interfaces bien definidas con esos datos. Un programa orientado a objetos se puede definir como un conjunto de datos que controlan el acceso al código.

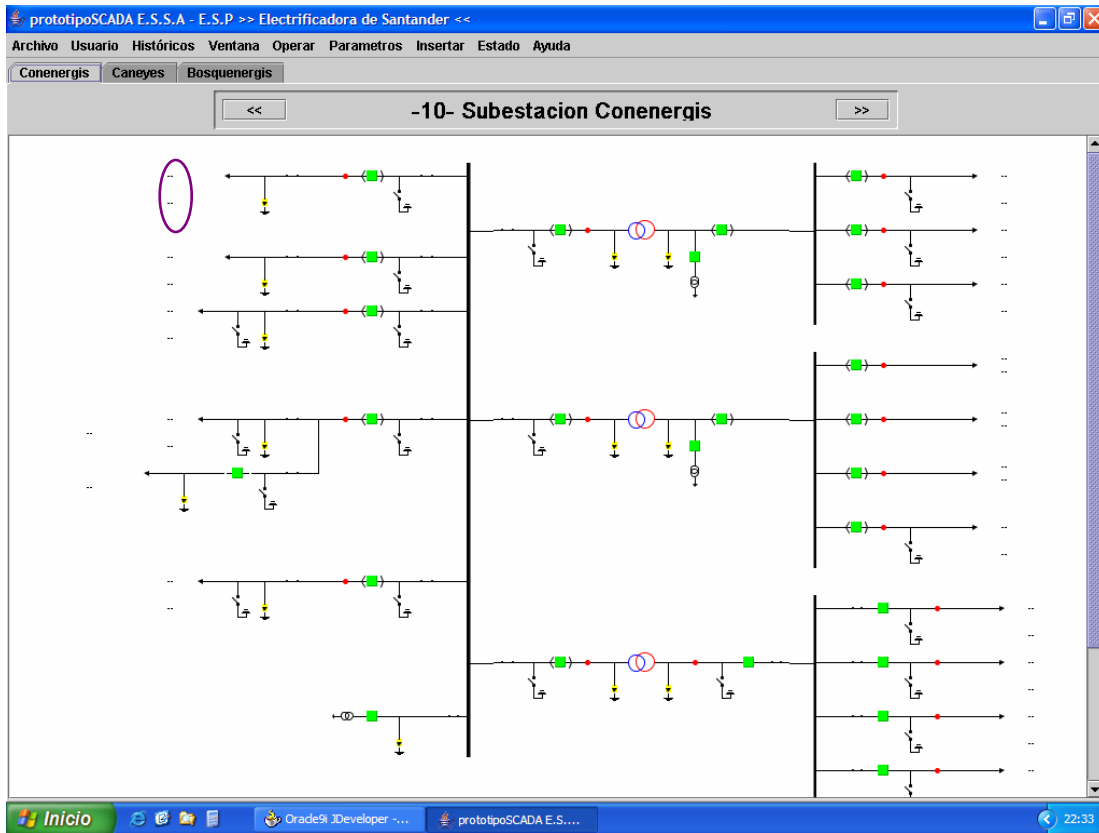
En esta implementación actualmente sólo se tiene un nivel de contraseña, esto se diseñó de esta forma para que las personas que operan el sistema en el centro de control, lo asimilen y lo operen sin ninguna dificultad, por otra parte ellos son el contacto directo con la interfaz por lo cual este proceso de asimilación permite realizar sugerencias sobre lo que ellos consideran sería necesario para una excelente operación sobre el mismo. Es decir, no hay distinción alguna entre los usuarios que lo puedan operar.

Lo primero que se trabajó a través de Java fue la implementación de cada uno de los elementos que forman parte de las subestaciones, interruptores, seccionadores, pararrayos, barrajes, transformadores de corrientes, transformadores de potencial y recloser, considerados a nivel de bahías y a partir de estas bahías se implementó cada unifilar de las subestaciones.

Posteriormente se empezó a implementar lo correspondiente a las comunicaciones, de las cuales hacen parte la información que aparece en el primer pantallazo de la subestación (infobahía) presentando principalmente las medidas de tensión y corriente, además de las medidas eléctricas que aparecen luego de hacer clic sobre el interruptor de la bahía sobre la cual se quiere tener más información tales como potencia y energía. En caso tal de querer operar el circuito sobre el cual se han ampliado sus medidas, se debe hacer clic sobre éste, por lo cual aparecerá una ventana para la confirmación de apertura o cierre del interruptor.

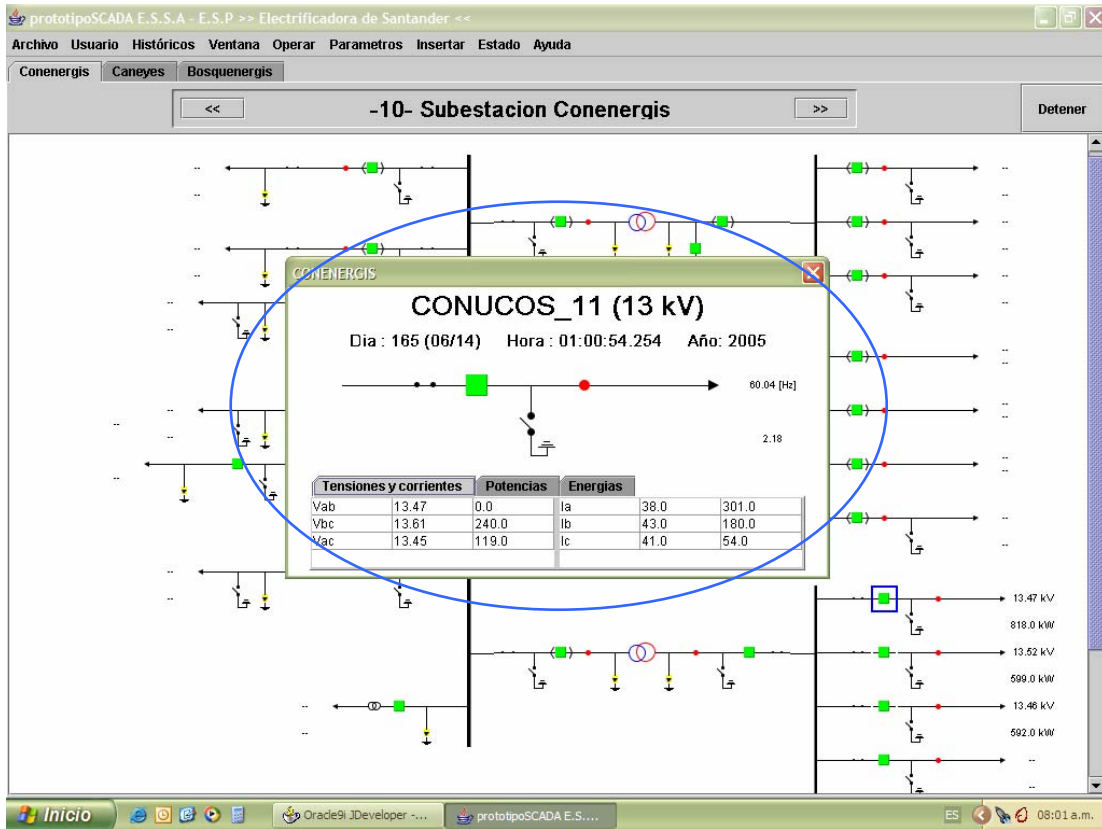
El sistema está diseñado de manera tal que de la subestación que se tiene en pantalla, se están presentando las medidas de tensión y corriente de cada circuito (Figura 20).

Figura 20. Primera ventana de visualización



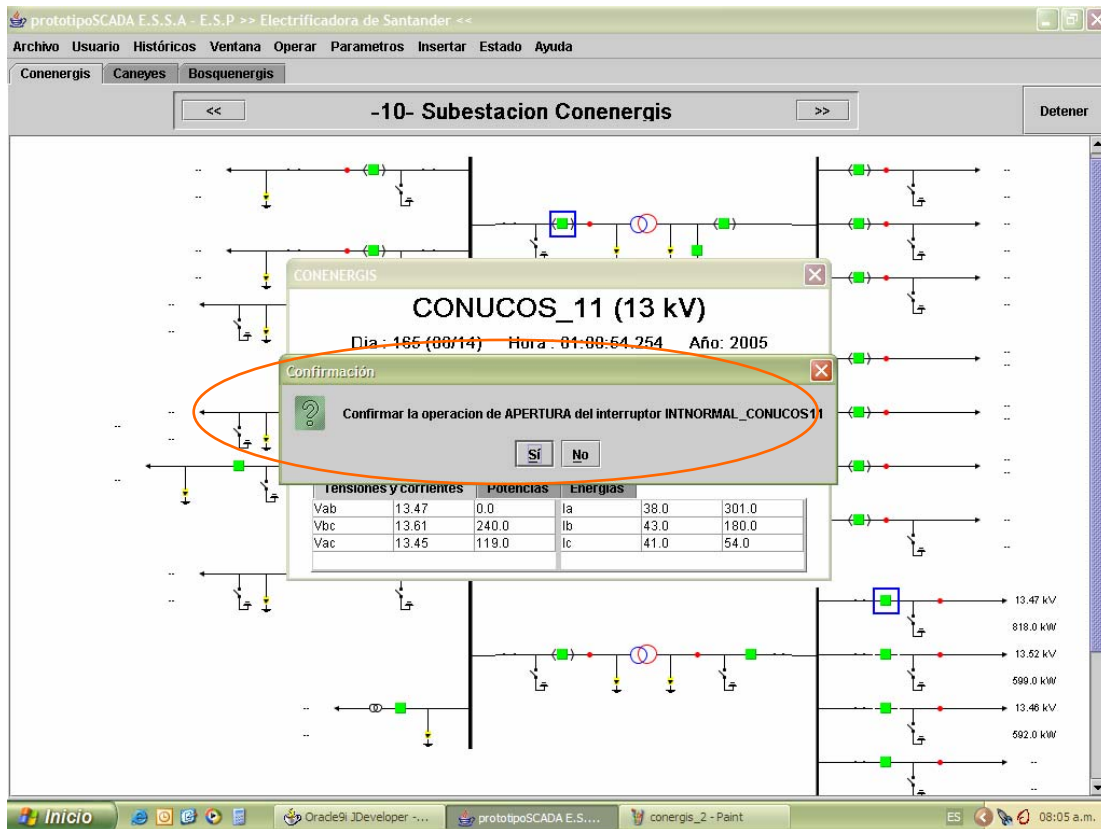
En la figura 20 se pueden apreciar tres “pestañas” correspondientes a la subestación Conuco (en pantalla), subestación Caneyes y la subestación Bosque. En esta primera ventana se muestra lo que mencionaba anteriormente, las medidas de tensiones y corrientes de la subestación que está en pantalla; además, se muestra en la parte superior el número de la subestación (según nomenclatura de la Electrificadora) con un nombre asignado a través de software.

Figura 21. Segunda ventana de visualización



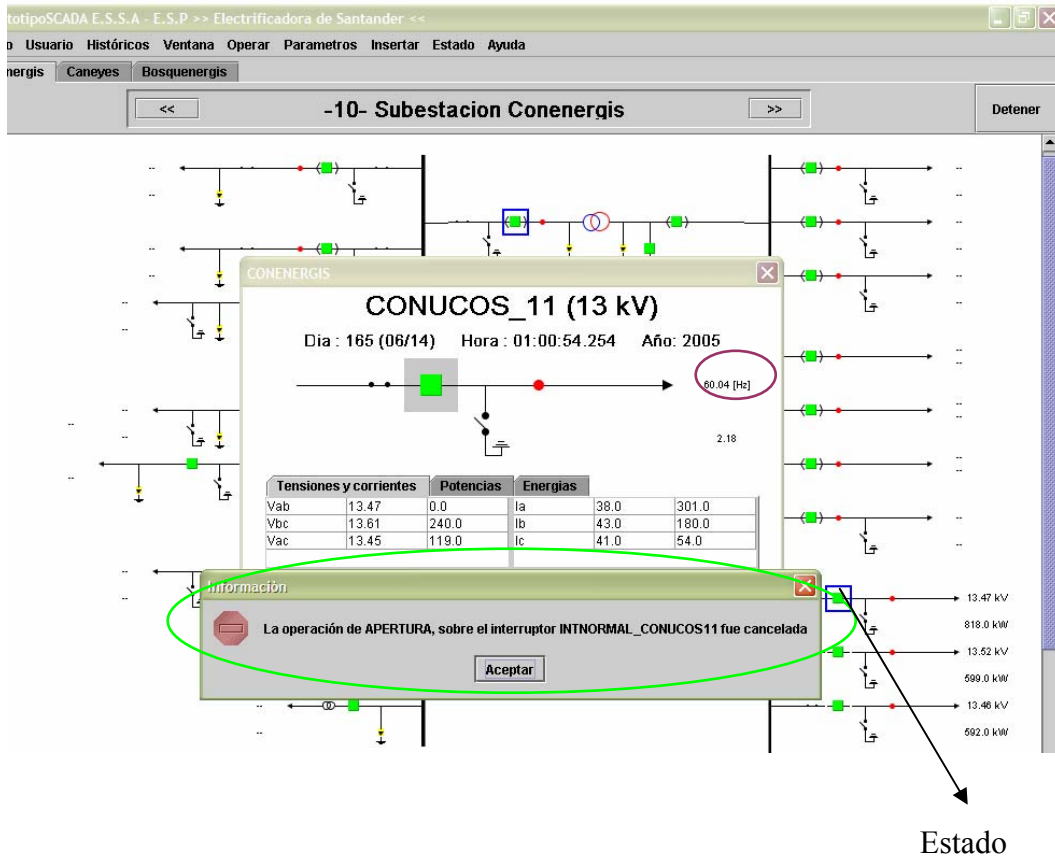
En la figura 21 se presenta la ampliación de las medidas del circuito 11 (nomenclatura dada por la empresa) de la subestación Conuco, las medidas que se pueden apreciar en esta ventana son las de tensiones (V_{ab} , V_{bc} , V_{ca}), corrientes (I_a , I_b , I_c), potencias y energías. Además, se muestran los datos de día y hora en que los datos están siendo recopilados, día 14 de Junio a la 1:54, año 2005.

Figura 22. Tercera ventana de visualización



En caso tal que se quiera dar orden de cierre o apertura del circuito 11, se hace clic sobre el relé con lo cual se despliega una ventana para la confirmación de si se desea realizar la apertura del mismo (Figura 22).

Figura 23. Cuarta ventana de visualización



Luego de confirmar o por el contrario negar la apertura del circuito, aparece una ventana donde se confirma que la operación de apertura fue cancelada o ejecutada (Figura 23).

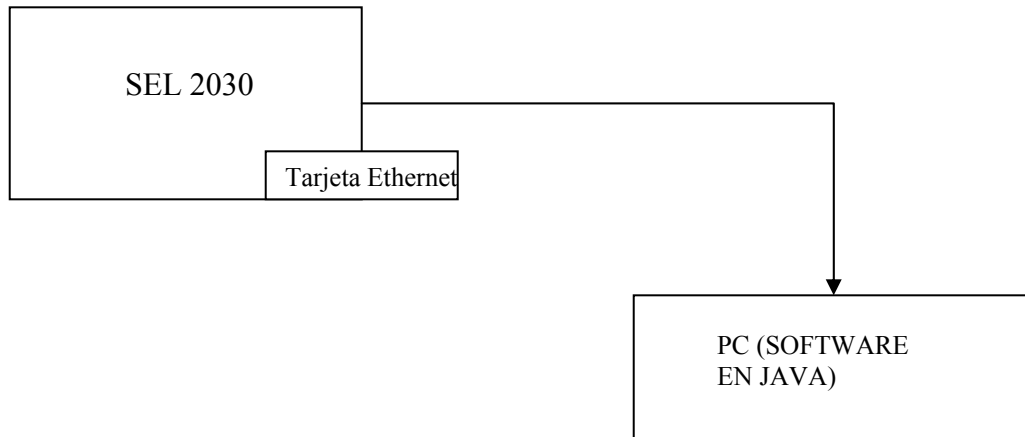
En la parte derecha de la pantalla se muestra un interruptor dentro del recuadro de color azul, este color depende del estado del mismo, es decir:

- Azul: activo
- Naranja: falla Comunicación
- Rojo: abierto desde patio
- Morado: IED desconectado
- Amarillo: Concentrador desconectado.

5.2. Descarga de archivos

La descarga de los archivos se hace mediante software de la siguiente manera:

Figura 24. Descarga de Archivos



La forma de operación del concentrador en relación con las consultas del usuario o con la descarga de archivos, es a través de una entrada mecánica que él tiene, es así como cuando se hace una consulta, él abre dicha entrada para enviar los datos a través de su tarjeta de Ethernet y cuando estos ya han sido enviados, la entrada se cierra; esta es la razón por la que el envío de datos es lento, el tiempo mínimo que tarda el concentrador en enviar esta información es de 1600 mseg. Una vez estos datos son enviados a través de FTP al PC (software en Java), se hace el tratamiento de los mismos, esto debido a que vienen descompuestos en hexadecimal, de manera que se “tratan” hasta poder armar las medidas de tensiones y corrientes visualizadas a través del software.

Además de las medidas eléctricas que se traen en los archivos, vienen los estados, quienes son los que hacen posible el hecho de que aparezcan los interruptores con un recuadro de diferente color dependiendo del estado en el que se encuentre, como se mencionaba anteriormente.

Por otra parte, como cada IED está relacionado con un puerto, la manera de corresponder cada interruptor mediante software con la información de dicho puerto, es por medio de un nombre que se le da al interruptor, como por ejemplo, ID: 10.205.10.117_1, correspondiente al IED del circuito_1 conectado al SEL (en el puerto 1) que se encuentra en la subestación Conuco cuya dirección IP es la 10.205.10.117.

A continuación, se presentan unas fotos de la implementación del concentrador de comunicaciones SEL 2030 en la subestación Conuco.

Foto 2. Panel Frontal



Foto 3. Panel posterior



Foto 4. Módem ADSL y Módem de Respaldo

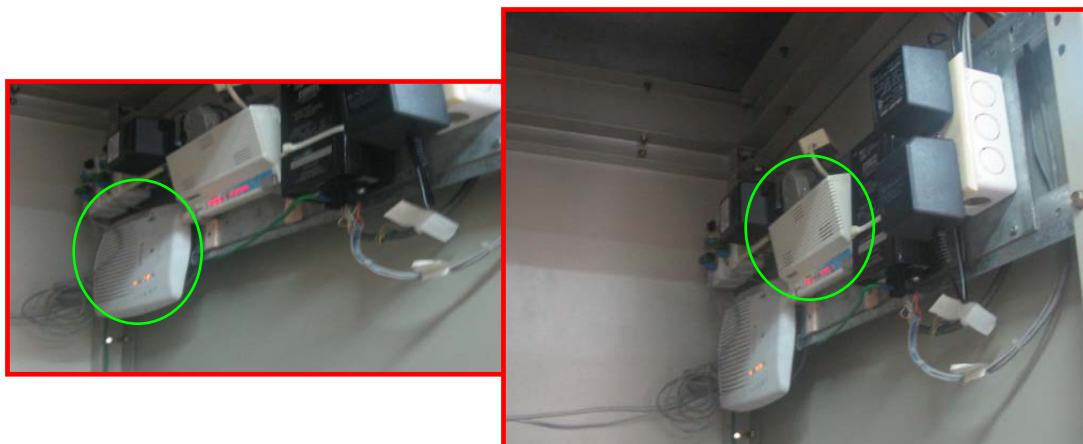


Foto 5. IED's concentrados



6. CONCLUSIONES

El estudio y análisis realizado referente al concentrador de comunicaciones para la subestación Conuco, perteneciente a la Electrificadora de Santander, permite señalar varios aspectos importantes que se mencionan a continuación.

La documentación del concentrador de comunicaciones SEL 2030, permitió un conocimiento a nivel de ingeniería por parte del personal que está directamente relacionado con el área de automatización de las subestaciones, a través de capacitaciones que condujeron a la apropiación de la tecnología y permitirá más adelante el mejoramiento del mismo. El conocimiento del equipo por parte del personal de la empresa, se hizo por etapas, tomando como punto de partida a los ingenieros y a todo el personal de la subestación sur quienes son los directamente implicados, ya que en esta subestación se encuentra el personal de protecciones y mantenimiento de subestaciones. Posterior a esto se dio a conocer en el centro de control, esto debido a que desde allí se hace monitoreo de los relés de las subestaciones.

La etapa de documentación y divulgación de este concentrador genera inconformidades por parte de los operadores de las subestaciones en las cuales se iba a implementar ya que la adecuación de este equipo en una subestación los hace a un lado de su trabajo (toma de medidas y operación de los circuitos de forma manual), por lo cual esta implementación puede estar sujeta a sabotaje por parte de cualquiera de los operarios.

Posterior a la etapa de documentación del SEL 2030, se hizo un estudio de los dispositivos electrónicos disponibles en la subestación Conuco, en el cual se logró identificar las ventajas y desventajas que cada uno de ellos tiene, haciendo referencia específicamente al capítulo 3 y capítulo 4 de este texto en el que se puede apreciar con detalle las características de cada uno de los IED's con se cuenta en esta subestación. Cabe traer a colación las principales conclusiones que se tuvieron mediante este estudio, como lo es el hecho de que de los 16 IED's existentes, tan solo 6 de ellos tienen como protocolo de

trabajo el protocolo Modbus; fue debido a esto que se decidió trabajar con el protocolo propietario de ABB (Ten Bytes) como protocolo entre el concentrador y los IED's.

Como se hizo mención en el capítulo 4 de este texto, las velocidades de los puertos eran otro parámetro importante para la comunicación con el SEL, ya que se debía trabajar con la velocidad máxima que hubiese entre los dispositivos conectados a él. El estudio de las velocidades que maneja cada IED a través de sus puertos frontal y posterior, permitió estandarizar dicha velocidad, esto debido a que la velocidad máxima del puerto frontal de los mismos es de 9600 baud, lo que hizo indiscutible el hecho de que fuese esta la velocidad a la cual se trabajara con todos los dispositivos.

Por otra parte, una vez conocidos los datos de los dispositivos que se iban a concentrar en el SEL 2030 y las características de cada uno de ellos, se empezaron a diseñar las diferentes configuraciones posibles a implementar. Esto logró señalar cuál sería la mejor opción de acuerdo a la aplicación final que tendría.

Mediante la implementación de la primera y segunda configuración y teniendo en cuenta los tiempos calculados para cada una de las tres configuraciones, se determinó que la configuración mas apropiada a implementar de manera que redujera considerablemente el tiempo de recopilación de datos y estados, sería la tercera configuración, sin embargo, debido a que su implementación implica tener que hacer una inversión inicial (un computador en cada subestación) y lo que se busca al mostrar este trabajo es la economía del mismo, trabajando así con los recursos propios de la empresa, en estos momentos la ESSA tiene implementada la segunda configuración, sin embargo se recomienda a través de este trabajo lograr implementar mas adelante la tercera configuración.

Una vez realizado todo el estudio de implementación se buscaba desarrollar una interfaz amigable con el usuario, que permitiera la operación de los dispositivos a través del concentrador de comunicaciones ubicado en la subestación Conuco. Es así, como de esta manera, se empezaron a estudiar software que se pudieran implementar en esta etapa y que la empresa contara con la legalidad del mismo. Fue a través de la búsqueda de estas características como se llegó al estudio de Java, ya que resultaba ser un sistema

multiplataforma y gratuito, lo cual permitió la implementación. Esta implementación se probó inicialmente en la subestación Sur, el cual era el sitio en el cual se estaba llevando a cabo todo este trabajo, una vez hechas las pruebas de ordenes de mando y toma de medidas, se llevó dicha implementación a la subestación Conuco. Una vez adecuado allí, se hizo la planeación con el centro de control para que se hicieran las sustituciones apropiadas para poder manipular los circuitos de esta subestación. De esta manera se logró dar mando tanto de cierre como de apertura a los circuitos de la misma desde el centro de control y se hizo verificación de las medidas que estaban siendo tomadas a través del software en el centro de control y las que estaban señalando cada IED en la subestación.

En la interfaz desarrollada, se manejó un nivel de contraseña para la operación de apertura y cierre de los interruptores, este venía dado por un usuario y un password que fueron dados a conocer a los jefes directamente relacionados (Jefe de Protecciones, Jefe de Mantenimiento de Subestaciones, Jefe Centro de Control), y a los operadores e ingenieros del centro de control, sin embargo, para aplicaciones futuras se tiene planteado un esquema en el que cada usuario del centro de control ingrese al sistema con su propia clave, de manera que exista un registro de la persona que operó en cada momento.

El software SEL I/O Server que en principio se pensó comprar para ser implementado, no se hizo necesario gracias a que alcance que se tuvo con el software desarrollado superó todas las expectativas planteadas y cumplía con todas las necesidades de las subestaciones de la Electrificadora; por otra parte el SEL I/O Server restringía su aplicación a concentradores tipo SEL, lo cual limitaba las necesidades futuras debido a la desventaja que se había logrado identificar con el concentrador de comunicaciones SEL 2030 (baja capacidad de memoria).

Logrados los objetivos de este proyecto, se busca lograr implementar una configuración que disminuya el tiempo de recopilación de los datos, integrar muchas más subestaciones de manera que se exploten al máximo todas las ventajas del concentrador; es así como se recomienda a la empresa Electrificadora de Santander, mejorar el sistema ya planteado, por medio de la implementación del SOE en el mismo, adquisición de una base de datos,

implementación de nuevos sistemas integradores con mayor capacidad de memoria y con muchas más ventajas como integrar las medidas análogas que provienen de ventiladores, sacos y multilink, adicionalmente, la integración de un nuevo sistema de comunicaciones con protocolos estándar tanto aguas arriba, como aguas abajo, es decir, concentradores que permitan manejar con los IED's protocolos Standard como 101 ó 104 y con el centro de control Modbus.

Anexo A
RS 232-RS 485

RS-232 (Recommended Standard-232). Es una interfaz Estándar aprobada por la Electronic Industries Alliance (EIA) para conectar dispositivos en serie. Casi todos los módems cumplen con el Estándar EIA-232 y la mayoría de las computadoras personales tienen un puerto EIA-232 para conectar un MODEM u otros dispositivos.

El Estándar EIA-232 soporta dos tipos de conectores, uno de 25 pines tipo D (DB-25) y otro de 9 pines tipo D (DB-9). El tipo de comunicaciones en serie usado por las PCs requiere sólo 9 pines por lo que el otro tipo de conector funcionará igualmente bien.

Entre dos equipos RS-232 la velocidad es de 19200 bits por segundo, para longitudes de cable inferiores a 15 metros, pero disminuyendo la velocidad pueden utilizarse longitudes mayores de cable.

PIN DB 25	Pin DB 9	Nombre	Función
2	3	TXD	TRANSMISIÓN DE DATOS (SALIDA)
3	2	RXD	RECEPCIÓN DE DATOS (ENTRADA)
4	7	RTS	PETICIÓN DE ENVÍO (SALIDA)
5	8	CTS	DISPUESTO PARA ENVIAR (ENTRADA)
6	6	DSR	DISPOSITIVO DE DATOS LISTO (ENTRADA)
7	5	COMÚN	COMÚN (REFERENCIA)
8	1	DCD	DETECCIÓN DE PORTADORA DE DATOS (ENTRADA)
20	4	DTR	TERMINAL DE DATOS LISTO (SALIDA)
22	9	RI	INDICADOR DE LLAMADA (ENTRADA)

Con la tabla anterior, se puede llegar a pensar que son necesarios nueve pines:

- 1 para enviar datos (TXD).
- 1 para recibir datos (RXD).
- 1 común a todos los circuitos.
- 4 señales de acoplamiento para poder enviar datos (CTS, DSR, DCD, RI).
- 2 señales de acoplamiento para poder recibir datos (RTS, DTR).

Las señales (DCD, RI) provienen de características necesarias para poder detectar el estado de un módem, pero no suelen ser necesarias para aplicaciones normales.

El RS-422 y RS-423 son interfaces estándar estandarizadas por la Electronic Industries Alliance (EIA) para conectar dispositivos en serie. Los estándares RS-422 y RS-423 están diseñados para reemplazar el viejo estándar RS-232 porque soportan mayores transferencias de datos y poseen mayor inmunidad a la interferencia eléctrica. El RS-422 soporta conexiones multipunto mientras que el RS-423 soporta sólo conexiones punto a punto.

El RS-485 es una interfaz multipunto de la Electronics Industry Alliance (EIA). Soporta varios tipos de conectores, incluyendo los DB-9 y DB-37. El RS-485 es similar al RS-422 pero puede soportar más nodos por línea porque usa controladores y receptores de baja impedancia.

El estándar EIA-RS-485 permite características no previstas en el RS-422. Mantiene ventajas del RS-422, al permitir velocidades de transmisión cercanas a 1 megabit por segundo, así como longitudes de la línea de hasta 1200 metros. Además permite extender la red otros 1200 metros al instalar un repetidor RS-485 en la línea.

También tiene otra característica muy importante en ambientes industriales, puede soportar hasta 32 nodos (equipos emisores/receptores) conectados por cada segmento de red.

Distribución de nodos:

Nombre	Función
TXD (+)	TRANSMISIÓN DE DATOS (SALIDA +)
TXD (-)	TRANSMISIÓN DE DATOS (SALIDA -)
RXD (+)	RECEPCIÓN DE DATOS (ENTRADA +)
RXD (-)	RECEPCIÓN DE DATOS (ENTRADA -)
TIERRA	TIERRA

Características Generales de las conexiones físicas

EIA 232

- Aplicaciones punto a punto
- Limite de distancia
- Bajas velocidades (<20kbits/seg)

EIA 485

- Aplicaciones Multidrop
- Maneja grandes distancias
- Velocidades Bajas e intermedias (arriba de 10Mbit/seg)

EIA 232 y 485 tienen capas físicas comunes. Cientos de miles de relés y otros IED's que usan estas interfaces están ya en servicio. Numerosos protocolos de la capa de aplicación usan EIA 232 y EIA 485.

Para velocidades de menos de 40Kbits/seg, EIA 232 empleado en una topología de estrella con un procesador de comunicaciones es mucho más rápido para recuperar los datos o realizar funciones de mando que EIA 485 en una topología de bus. Usando juntos el EIA 232 y EIA 485 se puede mejorar la velocidad, dependiendo del sistema.

El EIA 232 de relé a relé con tasas 10-20 Kbits/seg es una gran protección para los relés a gran velocidad.

EIA 485 es menos costoso y preferido para las aplicaciones en la casa donde se demandan velocidades mucho menores y con funciones no tan críticas.

Las topologías de estrella son generalmente más fáciles para solucionar problemas que las topologías de bus porque se pueden aislar y se puede probar cada dispositivo individualmente.

La siguiente tabla resume la comparación entre EIA 232 y EIA 485.

Categoría	RS 232	RS 485
Velocidad	Limitada hasta 20Kbits/seg. Puede lograr un barrido de tiempo de 1-2 segundos para medidas y estados de I/O, inferior a 1 seg para control de interruptores.	Superior a 10Mbits/seg. Sin embargo, hace barrido bien despacio de velocidades >10 seg Cuando son aplicaciones con más IED's. Adecuado para funciones de velocidades no tan críticas
Longitud de cables	50 pies (19.2Kbaud), 100 pies (9600 baud y menores)	40 pies (10 Mbaud) 4000 pies (90 kbaud)
Conexión de dispositivos	Conectores de 9 o 25 pines . Con procesador de comunicaciones, puede acomodarse a diferentes aplicaciones de protocolo	Uso 1 (half duplex) o 2 (full duplex). Todos los dispositivos conectados deben usar el mismo protocolo de aplicación.
Seguridad	Cable metálico susceptible a interferencias eléctricas. Es adecuado para recorridos en el control de una casa (50 a 100 pies). Tiene protecciones a tierra en ambos extremos.	Cable metálico susceptible a interferencias eléctricas. Es adecuado para recorridos en el control de una casa. Grandes recorridos de cable exterior de control de una casa, expone a personas y al equipo a niveles peligrosos de voltaje.

Anexo B

Protocolo FTP y Ten Bytes.

En la implementación del concentrador de comunicaciones SEL 2030 y los IED's de la subestación Conuco, se manejan dos protocolos diferentes, uno del concentrador de comunicaciones a los dispositivos electrónicos inteligentes (Ten Bytes) y otro entre el concentrador y el centro de control (FTP)

Protocolo FTP

Una de las alternativas más importantes que permite Internet es la transferencia de archivos de un ordenador a otro desde cualquier parte del mundo. Para ello se utiliza el protocolo de transferencia de archivos o "ftp" (file transfer protocol).

Mediante ftp se pueden compartir (recibir y enviar) ficheros con otros ordenadores, siempre que el administrador de estos últimos lo permita.

La diferencia principal que existe entre ftp y Telnet está en que mientras con Telnet se pueden ver los ficheros en la pantalla de un ordenador, con ftp se pueden transmitir desde el lugar al que se esté conectado hasta el ordenador y después verlos.

COMANDOS MÁS USUALES DE FTP

El nombre del servidor que comunica con ftp puede ser especificado en la línea de comando. Si se especifica el servidor, ftp abre inmediatamente una conexión con el mismo (véase el comando "open"), de lo contrario, ftp espera las instrucciones del usuario.

El protocolo de transferencia de archivos especifica parámetros de transferencia de archivo de tipo, modo, forma y estructura. El protocolo ftp soporta los tipos de archivos ASCII y binario, viene definido por defecto como archivos tipo ASCII.

Los comandos más comunes y con los cuales se trabajaron en la implementación del software a través de Java son los siguientes:

- **!** [comando [argumentos]]
Llama a una shell en el huésped local. La variable de entorno de la shell especifica qué programa quiere llamar. El protocolo ftp invoca a /bin/sh si la shell no se ha definido. Si se especifica el comando, la shell lo ejecuta y regresa a ftp. De lo contrario, se invoca a una shell interactiva. Cuando la shell termina, regresa a ftp.
- **account** [contraseña].
Suministra una contraseña suplementaria requerida por el servidor para el acceso a los recursos, una vez que el login ha sido introducido con éxito.
- **append** archivo local [archivo remoto]
Copia el archivo local al final del archivo remoto.
- **ascii**
Transfiere los archivos en modo ASCII. Este es el valor por defecto.
- **bell**
Sonido de una campana después de completarse cada transferencia de archivo.
- **binary**
Transfiere los archivos en modo binario.
- **bye**
Cierra la conexión con el huésped servidor. También, tecleando los caracteres de final de archivo (EOF) finaliza la sesión.
- **cd** directorio remoto
Se introduce dentro del "directorio remoto" del servidor.
- **cdup**
Retrocede al directorio padre del directorio de trabajo actual dentro del servidor.
- **chmod** modo-nombre del archivo
Cambia los permisos del archivo "nombre del archivo" en el sistema remoto al modo indicado con la instrucción.

- **close**
Termina la conexión con el servidor. El comando close no sale de ftp.
- **cr** Cambia el retorno de carro alterado durante la recuperación de un archivo ascii.
- **delete** archivo remoto
Elimina el archivo remoto. El archivo remoto puede ser un directorio vacío.
- **dir** [directorio remoto] [archivo local]
Escribe un listado del directorio remoto u opcionalmente de un archivo local. Si ni el archivo local ni el directorio remoto se especifican, lista el directorio de trabajo actual.
- **disconnect**
Un sinónimo de close.
- **form** formato
Establece la forma de transferencia del archivo al formato indicado.
- **get** archivo remoto [archivo local]
Copia el archivo remoto al archivo local. Si el archivo local no se especifica, ftp utiliza el nombre del archivo remoto especificado como el nombre de archivo local.
- **hash**
Conmuta imprimiendo un signo de fragmentación (#) cada 1024 bytes transferidos.
- **help** [comando]
Imprime un mensaje informativo del comando de ftp llamado. Si no se especifica el comando, nos da una lista de todos los comandos de ftp.
- **lcd** [directorio local]
Situa el directorio de trabajo en el directorio local señalado. Si el directorio local no se especifica, se situa en el directorio de trabajo local del usuario.
- **ls** [directorio remoto] [archivo local]
Escribe un listado del directorio remoto en el archivo local. El listado incluye toda la información del sistema dependiente que el servidor quiera

incluir; por ejemplo, la que la mayoría de los sistemas de UNIX producen con el comando `ls -l` (ver también `nlist`). Si ni el archivo local ni el directorio remoto se especifican, lista el directorio de trabajo remoto.

- **mdelete** [archivos remotos]
Elimina los archivos remotos.
- **mdir** archivos remotos archivo local
Escribe un listado de los archivos remotos en el archivo local.
- **mget** archivos remotos
Copia los archivos remotos en el sistema local.
- **mkdir** nombre de directorio
Crea el nombre del directorio remoto.
- **mls** archivos remotos archivo local
Escribe un listado abreviado de archivos remotos en el archivo local.
- **mode** (modo) [nombre del modo]
Establece el modo de transferencia de archivo de ftp en el nombre del modo.
- **modtime** archivo remoto
Muestra la fecha de la última modificación del archivo remoto.
- **mput** archivo local
Copia el archivo local del sistema local al sistema remoto.
- **newer** nombre de archivo Elige el archivo sólo si la fecha de modificación del archivo remoto es más reciente que el archivo del sistema actual. Si el archivo no existe en el sistema actual, el archivo remoto es considerado más reciente. Por lo demás, este comando es idéntico a "get".
- **nlist** [directorio remoto] [archivo local] Escribe un listado abreviado del directorio remoto en el archivo local. Si el directorio remoto no ha quedado especificado, se utiliza el directorio de trabajo actual.
- **open** servidor-huésped [número de puerto]
Establece una conexión entre servidor-huésped, utilizando el número del puerto (si se especifica). Si el auto-login está permitido, ftp intenta entrar en el servidor.

- **put** archivo local [archivo remoto]
Copia el archivo local en el archivo remoto.
- **pwd**
Nos informa del nombre del directorio de trabajo actual.
- **quit**
Un sinónimo de bye.
- **quote** argumentos
Envía argumentos, al pie de la letra, al servidor.
- **recv** archivo remoto [archivo local]
Un sinónimo de get.
- **reget** archivo remoto [archivo local]
reget suele actuar como get, excepto que si existe un archivo local y es más pequeño que el archivo remoto, el archivo local es supuesto como copia parcialmente transferida del archivo remoto y la transferencia continua desde el punto aparente de fallo. Este comando es útil cuando se transfieren archivos muy grandes en redes que tienden a interrumpir conexiones.
- **rhelp** [nombre del comando] Ayuda a solicitud del servidor. Si el nombre del comando es especificado, lo suministra al servidor.
- **rstatus** [nombre de archivo]
Sin argumentos, muestra el estado de la máquina remota. Si se especifica el nombre de archivo, muestra el estado del nombre de archivo en la máquina remota.
- **rename** desde remoto a remoto
Renombra desde remoto, que puede ser un archivo o un directorio, a remoto.
- **rmdir** directorio remoto
Elimina el directorio remoto. El directorio remoto tiene que estar vacío.
- **send** archivo local [archivo remoto]
Un sinónimo de put.
- **size** archivo remoto
Muestra el tamaño del archivo remoto.

- **status**
Muestra el estado actual de ftp.
- **system**
Muestra el tipo de sistema operativo que posee la máquina remota.
- **type** [nombre del tipo]
Establece el tipo de transferencia de archivo de ftp para el nombre del tipo.
Si el nombre del tipo no es especificado, escribe el tipo actual. ASCII y binario son los tipos tolerados actualmente.
- **?** [comando] Un sinónimo de help. Imprime la información de ayuda del comando especificado.

Protocolo Ten Bytes

El protocolo “Standard” que se hace referencia en este texto, se refiere a un protocolo de comunicaciones orientado a ASCII de 10 bytes específico a la serie ABB 2000. Este protocolo es estándar para COM 1.

A continuación se muestra el formato de los mensajes del protocolo 10 bytes.

Command Message (10 byte RS-232)

	STX	C/D	Inst	Cmd	SCmd	Addr Lo	Addr Mid	Addr Hi	CS Lo	CS Hi
Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Los bytes de direcciones, Addr Lo, Addr Mid, and Addr Hi, son 3 dígitos de dirección hexadecimal. La checksum es 256 menos la suma de los caracteres ASCII en bytes de 1 hasta 8. CS Lo es el byte bajo y CS Hi es el byte alto de la checksum.

Los bytes 3 y 4 corresponden al dato.

Ejemplo (El dato 341 con una dirección de 001)

STX = hex 02 = use 2 -->Inicia la transmisión

C/D = hex 31, en ASCII = 1 --> Comando del tipo de mensaje

Inst = hex 33, en ASCII = 3 --> byte de instrucción

Cmd = hex 34, en ASCII = 4 --> byte de comando

SCmd = hex 31, en ASCII = 1 --> byte de subcomando

Addr Lo = hex 31, en ASCII = 1 --> byte bajo de la dirección

Addr Mid = hex 30, en ASCII = 0 --> byte medio de la dirección

Addr Hi = hex 30, en ASCII = 0 --> byte alto de la dirección

CS Lo = hex 34, en ASCII = 4 --> byte bajo de la checksum

CS Hi = hex 46, en ASCII = F --> byte alto de la checksum

Checksum = 256 - (STX + C/D + Inst + Cmd + SCmd + Addr Lo + Addr Mid + Addr Hi)

256 - (2 + 1 + 3 + 4 + 1 + 1 + 0 + 0) = F4

Transmisión y recepción de mensajes

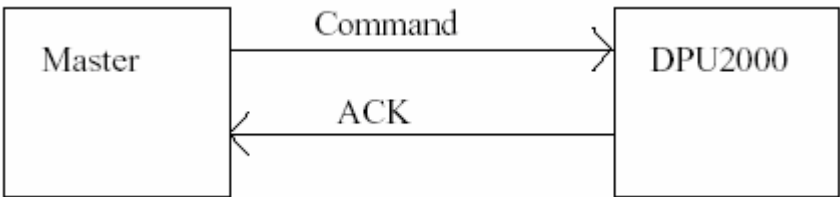
Para reconocer el recibo exitoso de un mensaje, se transmite un ACK o confirmación. El byte tres del paquete del mensaje es el 0x000013. Para una recepción infructuosa, y/o un error de la checksum o un error en el proceso del orden, un NACK es transmitido. El byte tres del paquete del mensaje es el 0x100013.

Pueden categorizarse las órdenes para el relé en tres tipos básicos según la contestación que se espera por el maestro. Cuando una orden o los datos se reciben, el relé debe reconocer si la recepción fue exitosa.

Órdenes simples

Una orden simple dirige la parada para realizar las acciones específicas. Después de la realización exitosa de estas acciones, el relé transmite un ACK como se ve a continuación.

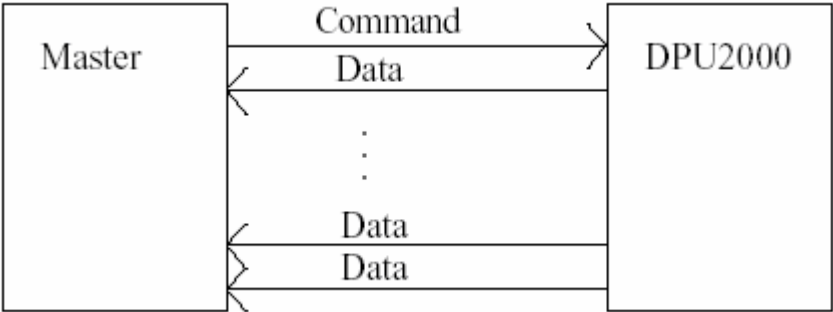
Comandos simples de comunicación



Transmisión de Datos

Este tipo de comandos es requerido en el relé para transmitir los datos. La transmisión apropiada de estos datos es reconocida por el relé como se ve en la siguiente figura.

Transmisión de datos



Descargar los Datos

Estos comandos revisan los datos del relé. El relé responde con un ACK después del recibo exitoso de cada paquete de datos del mensaje. Esto puede verse en la próxima figura.

<u>Msg byte</u>	<u>Definition</u>
1/1	Relay Status (see command 3 4 1, msg 1/1)
1/2	Command + Subcommand = 0x07
1/3	Total Number of Messages = 13
2/1	Logical Output byte1
2/2	Logical Output byte2
2/3	Logical Output byte3
3/1	Logical Output byte4
3/2	Logical Output byte5
3/3	Logical Output byte6
4/1	Logical Output byte7
4/2	Logical Output byte8
4/3	Logical Output byte9
5/1	Logical Output byte10
5/2	Logical Output byte11
5/3	Logical Output byte12
6/1	Logical Output byte13
6/2	Logical Output byte14
6/3	Logical Output byte15
7/1	Logical Output byte16
7/2	Logical Input byte1
7/3	Logical Input byte2
8/1	Logical Input byte3
8/2	Logical Input byte4
8/3	Logical Input byte5
9/1	Logical Input byte6
9/2	Logical Input byte7
9/3	Logical Input byte8
10/1	Logical Input byte9
10/2	Logical Input byte10
10/3	Logical Input byte11
11/1	Logical Input byte12
11/2	Logical Input byte13
11/3	Logical Input byte14
12/1	Logical Input byte15
12/2	Logical Input byte16
12/3	Spare
13/1	Spare
13/2	Checksum High Byte
13/3	Checksum Low Byte

ANEXO C

Para la comunicación entre el SEL y los diferentes dispositivos, se utilizaron diversas cables, hechos en Cable UTP apantallado categoría 5:

- **De SEL 2030 a MODEM: C220**

C220:

MACHO		MACHO	
GND	5	7	GND
TXD	3	2	TXD
RTS	7	20	DTR
RXD	2	3	RXD
CTS	8	8	CD
+5 VDC	1	10	PWR
GND	9	4	GND

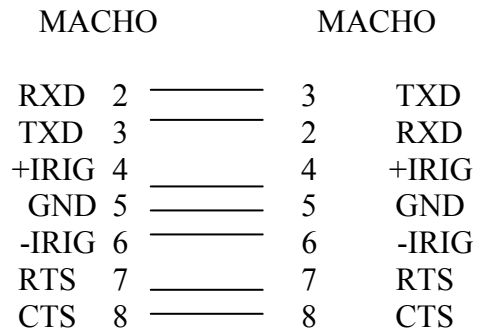
- **De DPU a SEL 2030: 272 A**

272 A:

HEMBRA		MACHO	
RXD	2	3	TXD
TXD	3	2	RXD
GND	5	5	GND
{ RTS	7	7 }	RTS
CTS	8	8	CTS

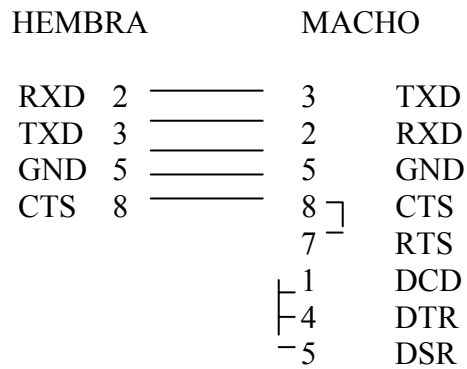
- **De Relé SEL a SEL 2030: 273 A**

273 A:



- **De Computador a SEL 2030: 234 A**

234 A:



- **De Computador a DPU: Directo**

DIRECTO:

