



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INDUSTRIAL  
ETHERNET PARA EL MONITOREO DE LOS PARÁMETROS  
ELÉCTRICOS DE LAS SUBESTACIONES LA COCHA Y EL  
CALVARIO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL  
COTOPAXI S.A.”

PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTOR:

OMAR DANILO CRUZ PANCHI

DIRECTOR: ING. HERNÁN ITURRALDE

CODIRECTOR: ING. JULIO ACOSTA

LATACUNGA, JULIO DEL 2012

# ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, OMAR DANILO CRUZ PANCHI

DECLARO QUE:

El proyecto de grado titulado “**Diseño e implementación de una red Industrial Ethernet para el monitoreo de los parámetros eléctricos de las subestaciones La Cocha y El Calvario de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.**”, ha sido desarrollado con base a una exhaustiva investigación, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Julio del 2012.

---

Omar Danilo Cruz Panchi

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E**  
**INSTRUMENTACIÓN**

**CERTIFICADO**

Ing. Hernán Iturralde (Director)

Ing. Julio Acosta (Codirector)

**CERTIFICAN**

Que el trabajo titulado **“Diseño e implementación de una red Industrial Ethernet para el monitoreo de los parámetros eléctricos de las subestaciones La Cocha y El Calvario de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.”** realizado por el Sr. Omar Cruz, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico y aplicable para el desarrollo profesional, sí recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizamos al Sr. Omar Cruz que lo entregue al Sr. Ing. Eddie Galarza, en su calidad de Director de la Carrera.

Latacunga, Julio del 2012.

---

Ing. Hernán Iturralde  
DIRECTOR

---

Ing. Julio Acosta  
CODIRECTOR

## **CERTIFICACIÓN**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Omar Danilo Cruz Panchi, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. Hernán Iturralde  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Julio Acosta  
**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Eddie Galarza  
**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

Dr. Rodrigo Vaca  
**SECRETARIO ACADÉMICO**



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E  
INSTRUMENTACIÓN**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Omar Danilo Cruz Panchi

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo titulado “**Diseño e implementación de una red Industrial Ethernet para el monitoreo de los parámetros eléctricos de las subestaciones La Cocha y El Calvario de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Julio del 2012

---

Omar Danilo Cruz Panchi

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado primeramente a Dios, quien ha sido mi luz y guía desde mi temprana edad, quien me ha sabido bendecir en todos los momentos de la vida; a mi madre querida, Evita, aquella hermosa mujer que me enseñó a ser fuerte y a vencer todos los obstáculos con esfuerzo, valentía y dedicación; a mi hermano, Luis, quien tomó fuerza de voluntad y me ayudó durante mi formación como estudiante y como ser humano para llegar a alcanzar mis metas y sueños; a Evelyn por brindarme su apoyo incondicional; a mi familia y amigos y a todos quienes confiaron en mí para ver reflejado todo el esfuerzo, el cariño y la responsabilidad en este logro tan anhelado.

*Omar*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme permitido cumplir una más de mis metas; a mi familia y su apoyo incondicional; a mi hermano por su paciencia y comprensión; a mis compañeros y amigos que forme durante mi vida estudiantil de colegio y universidad con quienes aprendimos muchas cosas de las cuales se llevan muchos recuerdos y consejos; a mis maestros porque supieron entregar sus conocimientos académicos y morales para mi formación, sin ningún prejuicio formando parte de mi segunda familia; y a la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga por haberme albergado en sus instalaciones siendo mi segunda casa.

*Omar*

# ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICADO DE TUTORÍA.....	iii
CERTIFICACIÓN.....	iv
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY.....	xx
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.2.1 Reglamento para la prestación del servicio de Energía Eléctrica....	2
1.2.2 Subestaciones existentes en ELEPCO S.A.....	4
1.3 Ubicación Geográfica de las Subestaciones.....	5
1.3.1 La Cocha.....	5
1.3.2 El Calvario.....	7
1.4 Condiciones Ambientales.....	8
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	9

CAPÍTULO 2 .....	10
2 LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS .....	10
2.1 Datos Históricos .....	10
2.2 La Energía Eléctrica.....	10
2.3 Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) .....	11
2.3.1 Generación .....	12
2.3.2 Transmisión .....	13
2.3.3 Subtransmisión.....	14
2.3.4 Distribución .....	15
2.4 Subestación Eléctrica .....	16
2.4.1 Tipos de subestaciones eléctricas .....	16
2.5 Elementos principales que conforman una subestación eléctrica .....	17
2.5.1 El transformador .....	18
2.5.2 Disyuntores .....	20
2.5.3 Seccionadores .....	21
2.5.4 Transformador de Potencial (TP) .....	22
2.5.5 Transformador de Corriente (TC, CT) .....	23
2.5.6 Pararrayos .....	24
2.5.7 Portafusibles – Fusibles .....	25
2.5.8 Conexión a tierra de subestaciones .....	26
2.5.9 Entrada de alimentador .....	28
2.5.10 Salida de alimentador .....	28
2.6 Norma IEEE 0315 1993.....	29
2.7 Diagrama Unifilar .....	30
3 AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES .....	31
3.1 INTRODUCCIÓN .....	31

3.2	NORMA IEC61850.....	31
3.3	ESTRUCTURA DE SISTEMAS DE CONTROL DE SUBESTACIONES 32	
3.4	REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.....	35
3.4.1	Niveles en una red industrial .....	36
3.4.2	Buses de Campo.....	38
3.4.3	Redes LAN .....	40
3.4.4	Redes LAN – WAN.....	41
3.5	ETHERNET INDUSTRIAL.....	42
3.5.1	Surgimiento de Ethernet .....	42
3.5.2	Red Ethernet – Estándar IEEE802.3.....	42
3.5.3	Red Ethernet Industrial .....	45
3.5.4	Protocolos de comunicación .....	47
3.5.5	Hardware de Ethernet Industrial .....	48
3.5.6	Topología de red .....	53
3.5.7	Protocolo Modbus TCP/IP (Modbus TCP) .....	57
3.6	Servidor OPC .....	61
3.7	IED – POWERLOGIC ION 7650 (Schneider Electric) .....	64
3.7.1	Medidores y dispositivos inteligentes de control .....	64
3.7.2	Características.....	65
4	DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO .....	68
4.1	SISTEMA DE MONITOREO DE ENERGÍA .....	68
4.2	Configuración básica del medidor POWERLOGIC ION 7650.....	68
4.2.1	Configuración del medidor usando el Panel Frontal .....	69
4.2.2	Configuración de dispositivos usando ION Setup.....	73
4.3	Direccionamiento IPv4 .....	78

4.3.1	Direccionamiento IP para medidores S/E El Calvario .....	79
4.3.2	Direccionamiento IP para medidores S/E La Cocha .....	80
4.3.3	Comunicaciones con el medidor ION 7650.....	80
4.4	Protocolo de comunicación Modbus TCP .....	87
4.4.1	Uso del protocolo Modbus TCP.....	88
4.4.2	Módulos del Esclavo Modbus .....	89
4.5	Servidor E/S - Labview DSC 8.5 .....	96
4.5.1	Creación del Servidor E/S.....	97
4.6	Servidor OPC .....	106
4.6.1	Creación del Servidor OPC.....	107
4.7	Interface Gráfica HMI.....	114
4.7.1	Creación de la pantalla HMI principal.....	115
4.8	Preparación del cable y conexión física.....	127
4.8.1	Cable UTP Cat. 5e .....	127
4.9	Conector RJ45 .....	128
4.9.1	Conexión a medidor .....	130
4.9.2	Conexión al switch .....	131
4.10	Comunicación inalámbrica S/E El Calvario – S/E La Cocha .....	132
4.11	Configuración de los radios.....	133
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	140
5.1	INTRODUCCIÓN .....	140
5.2	S/E EL CALVARIO.....	140
5.3	S/E LA COCHA .....	142
5.4	REPORTES.....	144
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	149
6.1	CONCLUSIONES .....	149

6.2 RECOMENDACIONES.....	152
ANEXO 1.....	153
ANEXO 2.....	156
ANEXO 3.....	170
ANEXO 4.....	173
BIBLIOGRAFÍA.....	190
NETGRAFÍA .....	191

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación geográfica subestación La Cocha .....	6
Figura 1-2 Vista frontal de la subestación La Cocha .....	6
Figura 1-3 Ubicación geográfica subestación El Calvario .....	7
Figura 1-4 Vista frontal de la subestación El Calvario .....	8
Figura 3-1 Estructura general de un sistema de control para una subestación.....	33
Figura 3-2 Sistema de control automatizado para una subestación eléctrica ...	35
Figura 3-3 Pirámide de automatización .....	37
Figura 3-4 Bus de campo .....	39
Figura 3-5 Esquema de una red LAN Industrial .....	41
Figura 3-6 Trama Ethernet.....	43
Figura 3-7 Esquema de red bajo el estándar 10Base5 .....	44
Figura 3-8 Esquema de red bajo el estándar 10Base2 .....	44
Figura 3-9 Esquema de red bajo el estándar 10BaseT .....	45
Figura 3-10 Cable coaxial .....	50
Figura 3-11 Norma TIA/EIA 568 A / B para cableado estructurado .....	51
Figura 3-12 Router industrial marca eWON .....	52
Figura 3-13 Switch industrial marca EOTec .....	53



Figura 3-14 Topología en estrella .....	54
Figura 3-15 Topología en bus .....	56
Figura 3-16 Topología en anillo .....	57
Figura 3-17 Protocolo Modbus.....	58
Figura 3-18 Construcción de un paquete de datos Modbus TCP .....	59
Figura 3-19 Comunicación Cliente OPC / Servidor OPC.....	62
Figura 3-20 Medidor ION 7650 .....	64
Figura 3-21 Funcionalidad del medidor ION 7650 .....	65
Figura 4-1 Panel frontal del medidor .....	69
Figura 4-2 Botón PROG/SELECT.....	69
Figura 4-3 Botón ESC .....	69
Figura 4-4 Botón NAVEGACIÓN .....	70
Figura 4-5 Botón TECLA PROGRAMABLE .....	70
Figura 4-6 Configuración básica – Modo Volts .....	70
Figura 4-7 Ventana de acceso al ION Setup.....	73
Figura 4-8 Inicio de sesión en modo de dispositivo simple .....	74
Figura 4-9 Inicio de sesión en modo red .....	75
Figura 4-10 Asistente de Configuración .....	76
Figura 4-11 Puertos de comunicaciones del medidor ION 7650.....	81
Figura 4-12 Conexión sobre los puertos de comunicación.....	81
Figura 4-13 Conectores modulares Ethernet – Tarjeta de Comunicación .....	82
Figura 4-14 Posición del cero a la izquierda al configurar la dirección de red...85	
Figura 4-15 Asistente de configuración – Configuración de red.....	85
Figura 4-16 Configuración de red – PC de monitoreo .....	86
Figura 4-17 Módulos del medidor ION para Modbus TCP.....	88
Figura 4-18 Esquema de conexión para Modbus TCP .....	88
Figura 4-19 Dirección Modbus de 6 dígitos .....	93
Figura 4-20 Creación de un proyecto vacío .....	97
Figura 4-21 Explorador del proyecto .....	98
Figura 4-22 Creación de una librería .....	98
Figura 4-23 Creación del I/O Server.....	99
Figura 4-24 Selección del Modbus I/O Server .....	99

Figura 4-25 Configuración del Modbus I/O Server.....	100
Figura 4-26 Cambio de nombre del Modbus I/O Server .....	101
Figura 4-27 Estructura jerárquica con el Modbus I/O Server .....	101
Figura 4-28 Creación de las variables compartidas .....	102
Figura 4-29 Direcciones de los registros Modbus del I/O Server .....	103
Figura 4-30 Selección de las direcciones Modbus requeridas .....	103
Figura 4-31 Variables compartidas para añadir al proyecto .....	104
Figura 4-32 Editor de variables compartidas.....	104
Figura 4-33 Forma de cambio de nombre a las variables .....	105
Figura 4-34 Variables compartidas etiquetadas .....	106
Figura 4-35 Abrir NI OPC Servers .....	107
Figura 4-36 Creación de un nuevo canal .....	108
Figura 4-37 Cambio de nombre del canal .....	108
Figura 4-38 Controlador para el dispositivo del canal.....	109
Figura 4-39 Selección del puerto y protocolo para un dispositivo Modbus esclavo .....	110
Figura 4-40 Cambio de nombre del dispositivo creado .....	110
Figura 4-41 Selección del modelo del dispositivo .....	111
Figura 4-42 Ingreso la dirección IP (IPv4) del dispositivo.....	111
Figura 4-43 Configuración Ethernet para el dispositivo .....	112
Figura 4-44 Resumen de configuración del dispositivo .....	113
Figura 4-45 Configuración de los tags del dispositivo.....	113
Figura 4-46 Dispositivos y tags configurados.....	114
Figura 4-47 Crear un VI en el proyecto .....	115
Figura 4-48 Panel frontal de la S/E El Calvario .....	116
Figura 4-49 Programación para visualizar los datos de medición de la S/E El Calvario .....	117
Figura 4-50 Icono del SubVI .....	117
Figura 4-51 Diagrama de bloques del SubVI .....	117
Figura 4-52 Visualizador del estado del alimentador en el panel frontal .....	118
Figura 4-53 Programación para la acción del estado del alimentador .....	118
Figura 4-54 Acción del botón ION_A1_CLV en el panel frontal .....	118

Figura 4-55 Programación de la acción del botón ION_A1_CLV .....	119
Figura 4-56 Control del Tab_Control_Medidores .....	120
Figura 4-57 Habilitación de botones cuando se ejecuta el botón ION_A1_CLV .....	120
Figura 4-58 Programación de la acción de los botones S/E El Calvario.....	121
Figura 4-59 Led indicador de comunicación con el medidor .....	121
Figura 4-60 Registros de estado de comunicación agregados al proyecto ....	122
Figura 4-61 Programación de los indicadores de estado de comunicación....	122
Figura 4-62 Panel Frontal de la S/E La Cocha.....	123
Figura 4-63 Programación para visualizar los datos de medición de la S/E El Calvario .....	123
Figura 4-64 Acción del botón ION_A1_CH en el panel frontal .....	124
Figura 4-65 Diagrama de bloques de la acción de los botones S/E La Cocha	124
Figura 4-66 Panel frontal de los reportes .....	125
Figura 4-67 Guardar el reporte en Excel (*.xls).....	125
Figura 4-68 Programación - Visualización de los parámetros de los medidores .....	126
Figura 4-69 Programación - Guardar el reporte a Excel.....	126
Figura 4-70 Inicialización de las variables .....	127
Figura 4-71 Cable UTP Cat. 5e.....	128
Figura 4-72 Conector RJ45 .....	128
Figura 4-73 Posición del conector RJ45.....	129
Figura 4-74 Proceso de ponchado del cable.....	130
Figura 4-75 Conexión del cable en el medidor .....	130
Figura 4-76 Conexión patch panel - switch .....	131
Figura 4-77 Conexión al switch.....	131
Figura 4-78 Vista frontal y posterior de la radio FreeWave .....	132
Figura 4-79 Icono de escritorio PC de EZ Config V2.7 .....	133
Figura 4-80 Ventana de inicio de configuración de la radio FreeWave.....	134
Figura 4-81 Puertos serie disponibles en la PC .....	134
Figura 4-82 Puertos disponibles en la radio freeWave .....	135
Figura 4-83 Configuración “Set Operation Mode” Radio S/E El Calvario .....	136

Figura 4-84 Configuración “Transmission Characteristics” Radio S/E El Calvario .....	136
Figura 4-85 Configuración “Set Baud Rate” Radio S/E El Calvario.....	137
Figura 4-86 Configuración “MultiPoint Parameters” Radio S/E El Calvario ....	137
Figura 4-87 Configuración “Set Operation Mode” Radio S/E La Cocha .....	138
Figura 4-88 Progreso de verificación de la configuración de la radio .....	138
Figura 4-89 Conexión de la radio – Vista Posterior .....	139
Figura 4-90 Conexión de la radio - Vista Frontal.....	139
Figura 5-1 Pantalla S/E El Calvario sin conexión.....	141
Figura 5-2 Pantalla S/E El Calvario con conexión .....	141
Figura 5-3 Parámetros eléctricos del medidor ION_A1_CLV .....	142
Figura 5-4 Pantalla S/E La Cocha sin conexión.....	143
Figura 5-5 Pantalla S/E La Cocha con conexión.....	143
Figura 5-6 Parámetros eléctricos del medidor ION_A1_CH.....	144
Figura 5-7 Reporte generado en la interfaz HMI de la S/E El Calvario.....	145
Figura 5-8 Reporte de parámetros eléctricos guardado en Excel de la S/E El Calvario.....	146
Figura 5-9 Reporte de energía guardado en Excel de la S/E El Calvario .....	146
Figura 5-10 Reporte generado en la interfaz HMI de la S/E La Cocha.....	147
Figura 5-11 Reporte de parámetros eléctricos guardado en Excel de la S/E La Cocha.....	147
Figura 5-12 Reporte de energía guardado en Excel de la S/E La Cocha .....	148

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Reglamento nacional del CONELEC .....	3
Tabla 1-2 Capacidad de las subestaciones de ELEPCO S.A. ....	5
Tabla 1-3 Datos climáticos de la ciudad de Latacunga .....	8
Tabla 2-1 Niveles de voltaje en Sistemas Eléctricos de Potencia en el Ecuador .....	16

Tabla 3-1 Notación del estándar Ethernet.....	43
Tabla 3-2 Datos técnicos para Ethernet Industrial .....	47
Tabla 3-3 Entorno Industrial vs. Entorno de Oficina .....	49
Tabla 4-1 Parámetros de Configuración Básica.....	71
Tabla 4-2 Tags de identificación – Medidores El Calvario.....	76
Tabla 4-3 Configuración básica de los medidores S/E El Calvario .....	77
Tabla 4-4 Tags de identificación – Medidores La Cocha.....	77
Tabla 4-5 Configuración básica de los medidores S/E La Cocha .....	78
Tabla 4-6 Identificación de la clase de dirección IP .....	78
Tabla 4-7 Configuración IP – Medidores S/E El Calvario .....	79
Tabla 4-8 Configuración IP - PC de monitoreo S/E El Calvario .....	80
Tabla 4-9 Configuración IP – Medidores S/E La Cocha .....	80
Tabla 4-10 Puertos de servicio Ethernet .....	83
Tabla 4-11 Control de los módulos de comunicación .....	83
Tabla 4-12 Parámetros de configuración Ethernet por panel frontal.....	84
Tabla 4-13 Configuración de red – Medidores S/E El Calvario .....	86
Tabla 4-14 Configuración de red – Medidores S/E La Cocha .....	87
Tabla 4-15 Propiedades del módulo Amp / Freq / Unbal.....	89
Tabla 4-16 Registros Modbus del módulo Amp / Freq / Unbal.....	89
Tabla 4-17 Propiedades del módulo Volts.....	90
Tabla 4-18 Registros Modbus del módulo Volts.....	90
Tabla 4-19 Propiedades del módulo kW / kVA / kVA.....	91
Tabla 4-20 Registros Modbus del módulo kW / kVA / kVA .....	91
Tabla 4-21 Propiedades del módulo kWh/ kVArh .....	91
Tabla 4-22 Registros Modbus del módulo kWh / kVArh .....	92
Tabla 4-23 Propiedades del módulo PF / THD / K Factor .....	92
Tabla 4-24 Registros Modbus del módulo PF / THD / K Factor .....	92
Tabla 4-25 Descripción de los registros Modbus del medidor ION 7650.....	94
Tabla 4-26 Direcciones de registros Modbus – S/E El Calvario.....	95
Tabla 4-27 Direcciones de registros Modbus – S/E La Cocha .....	96
Tabla 4-28 Código de colores para ponchar los cables.....	129
Tabla 4-29 Direccionamiento IPv4 para los radios FreeWave .....	133

## RESUMEN

Las empresas de servicio eléctrico plantean la automatización de un conjunto de procesos en su respectivo entorno industrial. Como resultado se pretende mejorar la productividad, incrementar la calidad de servicio y de incrementar la seguridad en el desempeño laboral de sus operadores.

En el presente proyecto, se tiene como propósito el diseño e implementación de una red Industrial Ethernet para el monitoreo de los parámetros eléctricos voltaje (kV), corriente (A), potencia (MW) y factor de potencia (FP) en las subestaciones La Cocha y El Calvario de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A..

Para conseguir este propósito se maneja el puerto Ethernet de los medidores inteligentes ION 7650 de la marca Schneider Electric, para tomar los datos de los parámetros eléctricos que se desean monitorear. Con el diseño de la red Industrial Ethernet se tiene concentrado la información de todos los medidores en un switch instalado en cada una de las subestaciones antes mencionadas, todo esto como medio físico de comunicación. El protocolo de comunicación que se implementa es Modbus TCP, protocolo que maneja tanto el medidor como el programa LabView en el cual se desarrolla la interfaz gráfica HMI.

Para el monitoreo de los parámetros voltaje, corriente, potencia y energía que el operador de la subestación necesita, se diseña una interface gráfica HMI utilizando LabView 8.5. Esta interfaz permite observar las pantallas con los diagramas unifilares de cada subestación y sus respectivos parámetros eléctricos medidos en tiempo real. Además se tiene una pantalla que permite observar la generación de reportes de los parámetros eléctricos corriente (A), potencia (MW), factor de potencia (FP) y energía (Wh), de cada medidor por hora; es decir, al día se reportan veinticuatro mediciones de los parámetros eléctricos por cada medidor. Se permite guardar el reporte generado en el programa Excel (\*.xls) a cualquier instante que se desee.

Finalmente, este proyecto es una guía que permite a las personas familiarizarse con la red Ethernet Industrial como medio físico para la automatización de procesos industriales y del protocolo Modbus TCP como medio lógico de comunicación. De esta manera se puede desarrollar aplicaciones utilizando la tecnología y sus recursos para implementar soluciones en espera de eficientes procesos industriales y eléctricos.

## SUMMARY

The electric utilities raise the automation of a set of processes in their respective industrial environment. The result is to improve productivity, increase service quality and increase safety in the work performance of their operators.

In this project, aims to design and implementation of an Industrial Ethernet network to monitor the parameters us electric voltage (kV), current (A), power (MW) and power factor (PF) in the substations La Cocha and El Calvario of the Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

For this purpose, the Ethernet port handles smart meters ION 7650 Schneider Electric brand to take the data from the electrical parameters that you want to monitor. With the design of Industrial Ethernet network is concentrated information of all meters on a switch installed in each substation above all this as the physical medium of communication. The communication protocol is implemented is Modbus TCP protocol that handles both the meter and the LabView program is developed in which the GUI HMI.

For monitoring of the parameters voltage, current, power and energy that the operator of the substation needs, designing a graphical interface using LabView HMI 8.5. This interface allows the observation screens with line diagrams of each system and their electrical parameters measured in real time. It also has a screen to observe the generation of reports of electrical parameters current (A), power (MW), power factor (PF) and energy (Wh) of each meter per hour, ie a day twenty-four report measurements of electrical parameters for each meter. It allows you to save the generated report in Excel (\*. Xls) at any time you want.

Finally, this project is a guide that allows people familiar with the Industrial Ethernet as the physical medium for automation of industrial processes and Modbus TCP protocol and logical means of communication. This way you can



develop applications using the technology and resources to implement effective solutions in hopes of industrial processes and electrical.

# **CAPÍTULO I**

## **1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO**

Las empresas de desarrollo industrial y energético plantean la automatización de un conjunto de procesos en su respectivo entorno. Como resultado se pretende mejorar la productividad, incrementar la calidad de producto final o servicio y de incrementar la seguridad en el desempeño laboral de los operadores.

Para conseguir lo planteado, la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. requiere de la utilización de sistema computacional dedicado al monitoreo de parámetros eléctricos que se manejan en ella.

Por lo tanto se realizará el monitoreo de los parámetros eléctricos de las subestaciones El Calvario y La Cocha de propiedad de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO S.A.) mediante el diseño y la implementación de una red Industrial Ethernet.

### **1.2 ANTECEDENTES**

ELEPCO S.A. brinda servicio a un 96,74 % de los usuarios de la provincia de Cotopaxi, su sistema subtransmisión y distribución posee redes de Alto Voltaje (AV), Medio Voltaje (MV) y Bajo Voltaje (BV), además de sus respectivas Subestaciones de AV y MV, Transformadores MV/BV instalados en redes aéreas como subterráneas.

El sistema eléctrico de ELEPCO S.A cuenta con fuentes de generación de energía, la cual está conformada por cinco Centrales Hidráulicas, ubicadas en diferentes sectores de la provincia. La capacidad instalada, disponible para la

generación de energía eléctrica, suma 15,2 MVA de potencia total, sirviendo a un total de 389783 usuarios.

Las Subestaciones de El Calvario y La Cocha, a través de los alimentadores primarios No. 01CV13B1S3 (Redes Subterráneas Centro Sur) y No. 06CH13B1S3 (Redes Subterráneas Centro Norte) respectivamente, alimentan por medio del enlace de MV a la zona Centro de Latacunga hasta llegar a los usuarios de la red de BV.

En la Subestación El Calvario, los operadores tienen como desempeño laboral recopilar el registro diario de la información de operación de las subestaciones y centrales de generación que componen el sistema de subtransmisión de ELEPCO S.A.

De acuerdo con la nueva legislación eléctrica, que exige a las empresas distribuidoras cumplimiento de parámetros de calidad y servicio de producto, se requiere ofrecer a las subestaciones las suficientes herramientas computacionales y equipos analizadores dedicados exclusivamente al registro de los parámetros eléctricos de forma continua (tiempo real<sup>1</sup>).

### **1.2.1 Reglamento para la prestación del servicio de Energía Eléctrica**

El CONELEC<sup>2</sup>, en su Normativa Nacional, cuenta con Mandatos, Leyes, Reglamentos, Regulaciones y Resoluciones vigentes. En la Tabla 1-1, se considera el reglamento de prestación de servicio de energía eléctrica.

---

<sup>1</sup> Tiempo real: Significa que un dispositivo de medida es capaz de mostrar el valor de una variable en el instante preciso en que la misma efectivamente tiene ese valor.

<sup>2</sup> CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad, Ecuador

**Tabla 1-1 Reglamento nacional del CONELEC<sup>3</sup>**

COD	DOCUMENTO	DETALLE	RELACIONADO	VIGENTE DESDE
R.O.S. 290	Reglamento de Concesiones, Permisos y Licencias para la Prestación del Servicio de Energía Eléctrica.	Establecer las reglas y procedimientos generales bajo los cuales el Estado podrá delegar a favor de otros sectores de la economía las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como de regular la importación y exportación de energía eléctrica.	Generación, Distribución, Transmisión	1998/04/03

Según:

Decreto Ejecutivo No 592 de 11 de febrero de 1999

R.O. No 134 de 23 de febrero de 1999

Se decreta:

### **Sección III**

#### **Evaluación de la Prestación del Servicio**

**Art. 9.- Evaluación del servicio.-** Los Distribuidores deberán proporcionar el servicio con los niveles de calidad acordes con lo exigido en la Ley, su Reglamento General, este Reglamento y las Regulaciones pertinentes, para lo cual adecuarán progresivamente sus instalaciones, organización, estructura y procedimientos técnicos y comerciales.

La evaluación de la prestación del servicio se efectuará considerando los siguientes aspectos:

<sup>3</sup> [http://www.conelec.gob.ec/normativa.php?categ=1&subcateg=2&cd\\_centro=4006](http://www.conelec.gob.ec/normativa.php?categ=1&subcateg=2&cd_centro=4006)

Calidad del producto:

- Nivel de voltaje
- Perturbaciones
- Factor de potencia

Calidad del Servicio Técnico:

- Frecuencia de interrupciones
- Duración de interrupciones

Calidad del Servicio Comercial:

- Atención de solicitudes de servicio
- Atención y solución de reclamos
- Errores en medición y facturación

El CONELEC emitirá las Regulaciones que incluyan la modalidad, procedimientos de evaluación e índices de calidad sobre los aspectos mencionados.

### **1.2.2 Subestaciones existentes en ELEPCO S.A.**

En la provincia de Cotopaxi, la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. está constituida por las subestaciones descritas en la Tabla1-2:

**Tabla 1-2 Capacidad de las subestaciones de ELEPCO S.A.**

<b>CODIGO DE SUBESTACION</b>	<b>NOMBRE DE SUBESTACION</b>	<b>VOLTAJE (kV)</b>	<b>TIPO DE CONEXION</b>	<b>CAPACIDAD (MVA)</b>
01CV	S/E EL CALVARIO	23 / 13,8	Dy1t	4 / 5,2
02SR	S/E SAN RAFAEL	69 / 13,8	Dy1	10 / 13
03SA	S/E SALCEDO	69 / 13,8	Dy1	10 / 12,5
04ML	S/E MULALÓ	69 / 13,8	Dy1	10 / 12,5
05LA	S/E LASSO T1	69 / 13,8	Dy1	10 / 12,5
05LA	S/E LASSO T2	69 / 13,8	Dy1	20
06CH	S/E LA COCHA	69 / 13,8	Dy1	10 / 12,5
08SG	S/E SIGCHOS	4,16 / 13,8	Dy1	5,0
09MA	S/E LA MANA ALIM. CATAZACÓN	4,16 / 13,8	Ynd11	1,0
09MA	S/E LA MANA ALIM. EL ESTADO	0,44 / 13,8	Ynd11	2,5
	ILLUCHI 1	2,4 / 22,0	Dy0	3x 1,75
	ILLUCHI 2	2,4 / 13,8 – 69 / 13,8	Yd5	6,5

En el Capítulo 2, se explicará con detalles la interpretación de los datos de tipo de conexión que se observan en la Tabla 1-2.

### **1.3 Ubicación Geográfica de las Subestaciones**

#### **1.3.1 La Cocha**

La subestación La Cocha se encuentra ubicada en el Barrio La Cocha, hacia el Norte, en la calle Panzaleos.



Figura 1-1 Ubicación geográfica subestación La Cocha



Figura 1-2 Vista frontal de la subestación La Cocha

### 1.3.2 El Calvario

La subestación El Calvario se encuentra ubicada en el Barrio El Calvario entre la Av. Oriente e Isla Floreana.



Figura 1-3 Ubicación geográfica subestación El Calvario





Figura 1-4 Vista frontal de la subestación El Calvario

#### 1.4 Condiciones Ambientales

Las condiciones ambientales de la ciudad de Latacunga, en la cual se encuentran ubicadas las subestaciones La Cocha y El Calvario, en los últimos 3 años, se describen a continuación:

Tabla 1-3 Datos climáticos de la ciudad de Latacunga

Datos	Valor		
	2009	2010	2011
Temperatura media anual	14,1 oC	14,0 oC	14,3 oC
Temperatura máxima media anual	20,1 oC	20,2 oC	19,9 oC
Temperatura mínima media anual	8,9 oC	8,4 oC	8,4 oC
Humedad media anual	70,3 %	72,7 %	72,2 %
Visibilidad media anual	10,9 Km	11,1 Km	11,6 Km
Velocidad de viento media anual	14,4 Km/h	12,6 Km/h	14,4 Km/h

Los datos fueron reportados por la estación meteorológica 841230 (SELT):

Latitud: - 0,9

Longitud: -78,61

Altitud: 2785

## 1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En la actualidad junto con el surgimiento de nuevas y perfeccionadas tecnologías es importante destacar que las empresas, en automatización, presentan una gran capacidad innovadora, ampliando su flexibilidad para adaptarse a los requerimientos que entrega el mundo globalizado.

Es por tal motivo que Industrial Ethernet<sup>4</sup> ha ido transformándose hasta llegar a ser un elemento clave en el ambiente corporativo de las empresas, diferentes usuarios y fabricantes se decidieron en la posibilidad de integrar esta plataforma de comunicaciones abierta dentro de las redes industriales.<sup>5</sup>

Hoy en día, las personas buscan optimizar sus desempeños laborales ayudándose de la tecnología para simplificar los procesos, siendo este el caso de monitorear los parámetros eléctricos de las subestaciones La Cocha y El Calvario desde un punto central, facilitando la tarea de los operadores, que es la de, a diario tomar los valores de parámetros eléctricos de cada uno de los medidores inteligentes instalados en las dos subestaciones.

La investigación se realizó de tal manera que el sistema a implementarse cumpla con las exigencias de la empresa, de su arquitectura y funcionamiento, buscando beneficios como la seguridad dentro de un ambiente de alto voltaje, que proporcione total eficiencia de trabajo; y lo más importante, de cumplir con la normativa eléctrica de CONELEC, citada en la Tabla 1-1.

---

<sup>4</sup> Industrial Ethernet: Nombre dado a la utilización del protocolo Ethernet en un entorno industrial, de automatización y control de máquinas de producción.

<sup>5</sup> RODRÍGUEZ P.: "Comunicaciones Industriales". Ediciones Técnicas MARCOBO S.A. Primera edición, Barcelona - España, mayo 2008.

## CAPÍTULO 2

### 2 LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

#### 2.1 Datos Históricos

La industria eléctrica en el mundo ha tenido un desarrollo importante desde el invento de la Lámpara Eléctrica en 1879 por Thomas Alva Edison, hasta a aparición de las computadoras en la década de los 50's y todas las variantes que ha habido en los inicios del siglo XXI. En el año de 1882, se puede decir que se dio inicio a la conformación de los sistemas eléctricos. Thomas Alva Edison puso en servicio la primera Central Eléctrica en Lower, Manhattan, y en ese mismo año, en Londres, Inglaterra, se puso en servicio el primer Sistema de Suministro de Energía Eléctrica, siendo los dos sistemas de corriente directa (DC).<sup>6</sup>

Fue hasta 1888, cuando se inició la aplicación de la corriente alterna y el comienzo de la fabricación de los transformadores en la fábrica de "Transformadores Stanley", que fue realmente el principio de los sistemas de transmisión y distribución de energía eléctrica y el surgimiento de lo que se conoce como LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.

#### 2.2 La Energía Eléctrica

Dentro de todas las formas de energía que se conocen en la actualidad, la que más se emplea para la economía de cualquier nación, es la energía eléctrica.

Es una de las formas de manifestación de la energía. Tiene como cualidades la docilidad en su control, una fácil y pura transformación de energía en trabajo

---

<sup>6</sup> ENRÍQUEZ HARPER G.: "Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas". Editorial LIMUSA. Segunda Edición. México, 2002.

que, junto con su rapidez y eficaz transporte, hacen de la energía eléctrica ser casi la energía perfecta.

### 2.3 Sistema Eléctrico de Potencia (SEP)

El SEP es el conjunto de centrales generadoras, líneas de transmisión, subtransmisión, sistemas de distribución y transformadores de potencia conectados entre sí, esenciales para el abastecimiento de energía eléctrica a una región, los cuales se pueden identificar en la Figura 2-1.

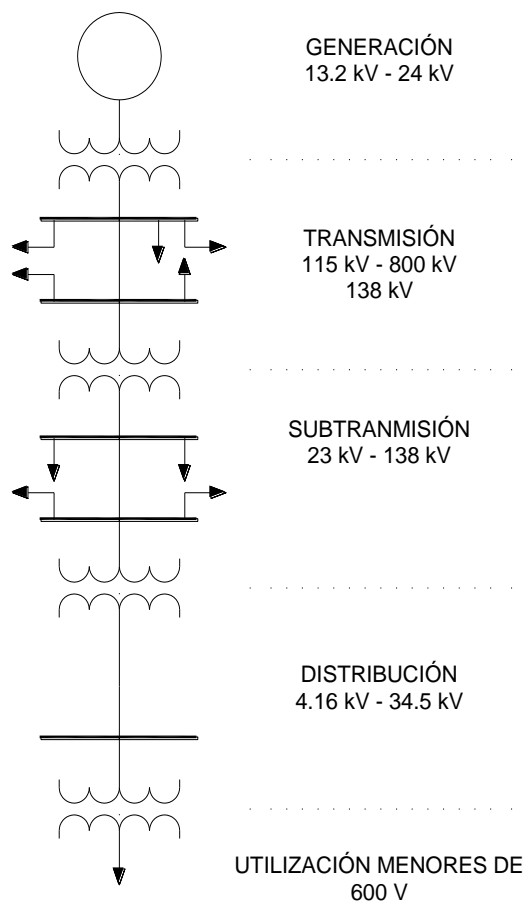


Figura 2-1 Esquema unifilar del SEP

Como se puede observar en el esquema unifilar del SEP de la Figura 2-1, el Sistema Eléctrico de Potencia está formado por cuatro etapas principales, las cuales se describen a continuación:

### 2.3.1 Generación

La energía eléctrica se genera en centrales eléctricas, de las cuales se pueden mencionar centrales: térmicas, hidroeléctricas, eólicas, nucleares entre las principales. Una central eléctrica convencional es una instalación que utiliza una fuente de energía primaria (carbón, combustible, viento, agua) para hacer girar una turbina que se acopla a un alternador y al hacer girar a este último, se produce energía de corriente alterna senoidal a voltajes entre 200 y 400 kV.

En la Figura 2-2, se puede observar una central generadora:



**Figura 2-2 Central Hidroeléctrica**

### 2.3.2 Transmisión

La energía se transporta a través de la red de transporte, la cual está constituida por elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias, la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas. Para ello, los niveles de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de voltaje. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar el voltaje se reduce la corriente que circulará, reduciéndose las pérdidas por Efecto Joule<sup>7</sup>.

En la Figura 2-3 se puede observar tres torres de transmisión de energía eléctrica:



**Figura 2-3 Torres de transmisión de energía eléctrica**

---

<sup>7</sup> Efecto Joule: Fenómeno por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor, elevando la temperatura del conductor.



### 2.3.3 Subtransmisión

El sistema de subtransmisión es un conglomerado integrado por líneas, subestaciones y grandes consumidores de energía eléctrica que manejan voltaje comprendidos entre 34,5 kV y 220 kV. En el caso de Ecuador, estos voltajes oscilan entre 46 kV y 69 kV.

La etapa de subtransmisión puede considerarse como un punto intermedio entre las etapas de transmisión y distribución de un SEP, debido al nivel de voltaje al que trabaja. Este sistema tiene como misión enlazar el punto frontera del Sistema Nacional Interconectado de una empresa de distribución con las subestaciones.

En la Figura 2-4 se puede observar una línea de subtransmisión eléctrica.



**Figura 2-4 Estructura de línea de subtransmisión eléctrica**

### 2.3.4 Distribución

Las redes de distribución de energía eléctrica se encuentran en áreas urbanas y rurales, de forma aérea o subterránea. Esta red está formada por la red de Alto Voltaje (AV) comprendida entre 25 a 132 kV para uso industrial, y por la red de Bajo Voltaje (BV) comprendida entre 230 y 440 V para uso doméstico. La función de esta red es la de suministrar energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales (industrias, hogares, etc.).

Como se puede observar en la Figura 2-5, entre la Red de transporte y la Red de Distribución, debe interponerse un elemento que se encargue de transformar el voltaje de transporte al voltaje de distribución, denominado Subestación Eléctrica.

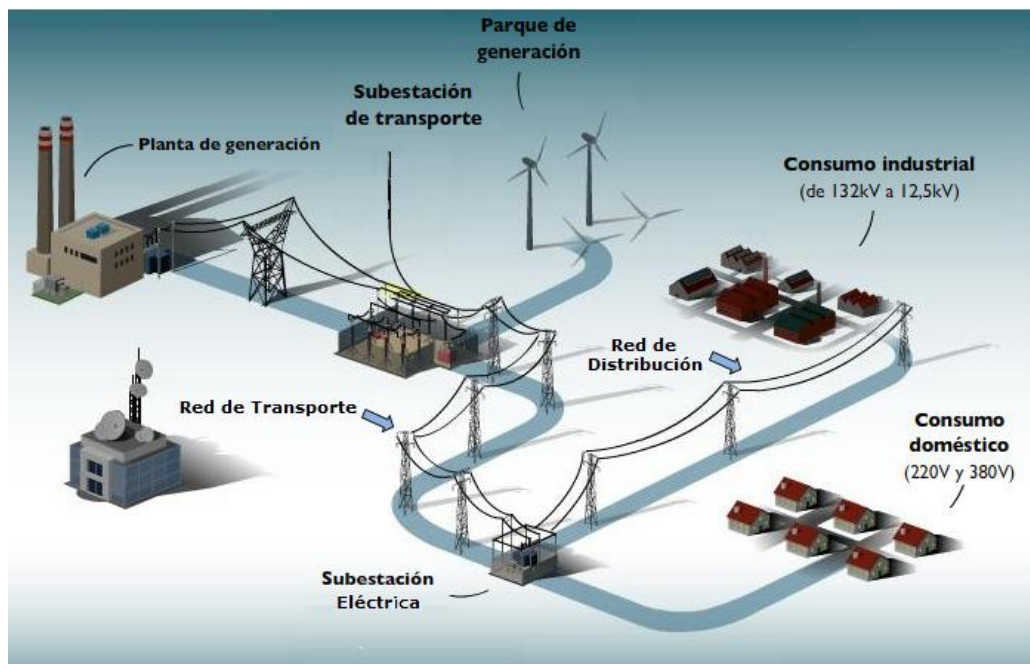


Figura 2-5 Sistema eléctrico de potencia

Algunos niveles típicos de voltaje usados en los sistemas eléctricos de potencia, se dan en la Tabla 2-1, agrupándolos en generación, transmisión, subtransmisión, distribución y utilización.



**Tabla 2-1 Niveles de voltaje en Sistemas Eléctricos de Potencia en el Ecuador<sup>8</sup>**

GENERACIÓN (kV)	TRANSMISIÓN (kV)	SUBTRANSMISIÓN (kV)	DISTRIBUCIÓN R. PRIMARIA (kV)	DISTRIBUCIÓN R. SECUNDARIA (V)
13,8 – 23	138 - 230	46 - 69	6,3 13,2 22,8	120 110 121 220 240 210 380 440

## 2.4 Subestación Eléctrica

Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control de flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los equipos y principalmente para el personal de operación y mantenimiento.

### 2.4.1 Tipos de subestaciones eléctricas

Dependiendo del nivel del voltaje, potencia que manejan, objetivo y tipo de servicio que prestan, las subestaciones se pueden clasificar como:

#### 2.4.1.1 Subestaciones elevadoras

Se usa normalmente en centrales eléctricas, cuando se trata de elevar los voltajes de generación a valores de voltaje de transmisión.

<sup>8</sup> <http://es.scribd.com/doc/48298831/Tarea-1-SUMINISTRO-DE-ENERGIA-ELECTRICA>.

#### **2.4.1.2 Subestaciones reductoras**

Se usan cuando, los niveles de voltaje de transmisión se reducen a nivel de subtransmisión, o de subtransmisión a distribución o eventualmente a utilización.

#### **2.4.1.3 Subestaciones de enlace**

Es conveniente utilizar cuando en los sistemas eléctricos, se requiere tener mayor flexibilidad de operación para incrementar la continuidad del servicio y consecuentemente la confiabilidad.

#### **2.4.1.4 Subestaciones de anillo**

Se usan con frecuencia en los sistemas de distribución para interconectar subestaciones que están interconectadas a su vez con otras.

#### **2.4.1.5 Subestaciones radiales**

Cuando una subestación tiene un solo punto de alimentación y no se interconecta con otras, se denomina Radial.

#### **2.4.1.6 Subestaciones de switcheo**

En estas subestaciones no se tienen transformadores de potencia, ya que no se requieren modificar el nivel de voltaje de las fuentes de alimentación, solo se realizan operaciones de conexión y desconexión (maniobra o switcheo).

### **2.5 Elementos principales que conforman una subestación eléctrica**

Una subestación se compone de varios elementos, de los cuales a continuación se detallan los más importantes.

## 2.5.1 El transformador

Es el elemento más importante de una subestación, encargado de reducir el voltaje proveniente de la red de transporte (Alto Voltaje). Su denominación también es transformador de potencia<sup>9</sup>.

### 2.5.1.1 Transformaciones trifásicas a trifásicas<sup>10</sup>

Las conexiones delta-delta (triángulo-triángulo), delta-Y (triángulo-estrella) y Y-Y (estrella-estrella) son las de uso más general. Las conexiones Y-delta y delta-delta pueden usarse en transformadores elevadores. La conexión Y-delta tiene la ventaja de proporcionar un buen punto de conexión a tierra en el lado conectado en Y, además de estar libre de voltajes y corrientes de tercera armónica. La conexión delta-delta tiene la ventaja de permitir operación en V en caso de que sufra daño una de las unidades. Las conexiones delta-Y e Y-delta para reducción son las mejores para sistemas de transmisión de alto voltaje.

Haciendo referencia a los datos de la Tabla 1-2, del Capítulo 1, se puede explicar los tipos de conexiones de los transformadores de las subestaciones pertenecientes a ELEPCO S.A, de la siguiente manera:


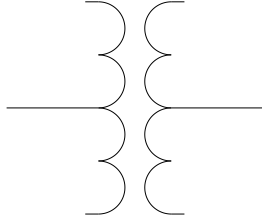
Conexión Yd: Primario en Estrella (Y) – Secundario en Triángulo (Delta)  
Conexión Dy: Primario en Triángulo (Delta) – Secundario en Estrella (Y)  
Conexión Ynd: Primario en Estrella (Y) conectado rígidamente a Tierra – Secundario en Triángulo (Delta)

---

<sup>9</sup> Transformador de Potencia: Transformador que maneja grandes magnitudes de voltio-amperios VA, los cuales se expresan en KVA (kilo voltio-amperio) o MVA (mega voltio-amperio).

<sup>10</sup> Fink Donald G. / Wayne H.: "Manual de Ingeniería Eléctrica". Editorial McGraw-Hill. Decimotercera Edición, tomo II. México, 1995.

En la Figura 2-6 se puede observar el gráfico de un transformador.

REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

**Figura 2-6 Transformador de potencia**

Cada transformador tiene incorporado en su estructura externa, una placa en la cual se puede identificar datos del fabricante, los datos técnicos, de conexión y de funcionamiento y datos adicionales. En la Figura 2.7 se presenta un gráfico de la placa del transformador correspondiente a la Figura 2.6.

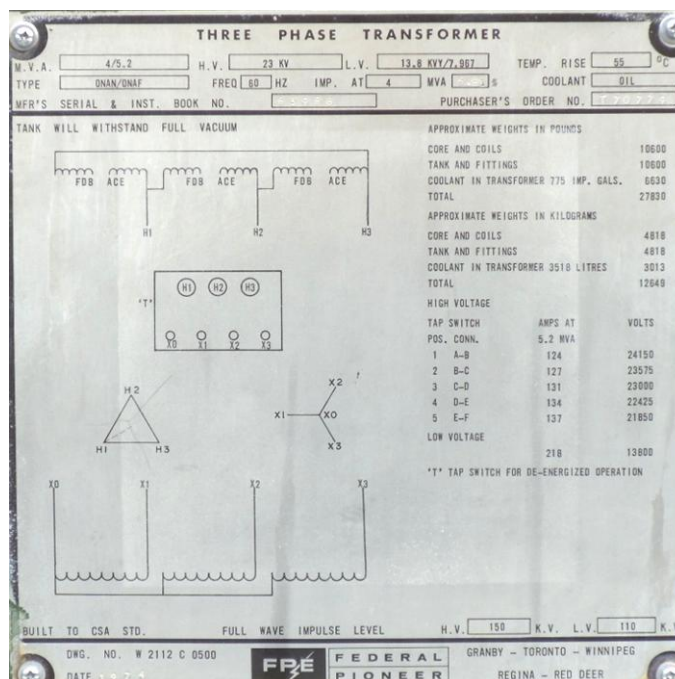


Figura 2-7 Placa de datos del transformador

## 2.5.2 Disyuntores

Son elementos que deben operar para la desconexión de carga en condiciones normales, para la interrupción de corrientes de falla, para cierre con corrientes de falla, etc. Estos disyuntores constan de varios elementos como aisladores terminales donde se encuentran los TC<sup>11</sup>, válvulas para el llenado, descarga o muestreo del fluido aislante de los dispositivos, conectores a tierra, placa de datos, el gabinete en el cual se encuentran los dispositivos mecánicos y equipos de control, protección y medición.

En la Figura 2-8 se puede observar el gráfico de un disyuntor.

<sup>11</sup> TC: También identificado como CT (inglés), acrónimos de transformador de corriente.

REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	


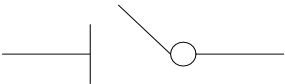
**Figura 2-8 Disyuntor automático**

### 2.5.3 Seccionadores

Estos elementos son utilizados para maniobra sin carga (circuito sin corriente eléctrica) en la subestación. Poseen una capacidad de interrupción del arco eléctrico casi nula, por lo que se podrían destruir de inmediato con una falla por arco eléctrico.

Su aplicación típica es la de ubicarlos a los dos lados de un disyuntor para aislarlo, una vez que el disyuntor esté abierto, para efecto de operación y mantenimiento.

En la Figura 2-9 se observa la gráfica de un seccionador.

REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

**Figura 2-9 Seccionador manual**

#### **2.5.4 Transformador de Potencial (TP)**

Este elemento se encarga de reducir el voltaje de la línea del orden de los kV a niveles adecuados de voltaje para alimentar equipos de control y medición, siendo generalmente 120 V.

En la Figura 2-10 se puede observar un TP.

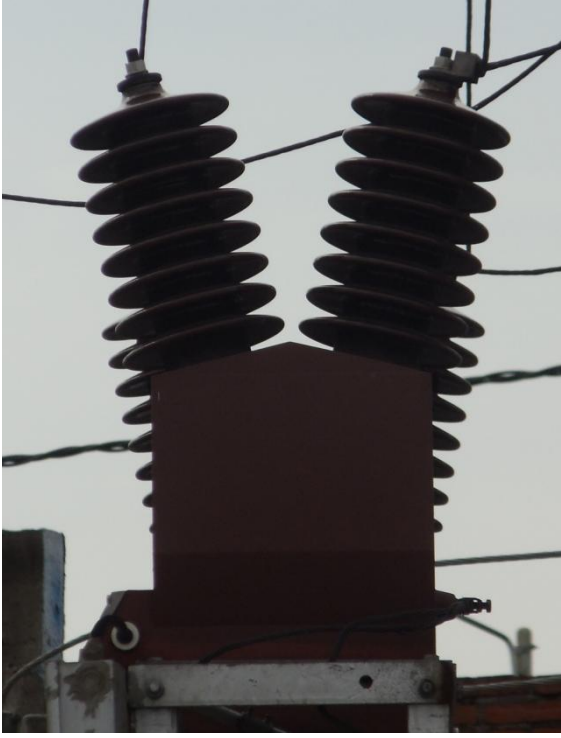
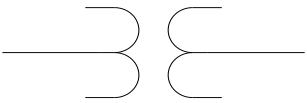
REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

Figura 2-10 Transformador de potencial

### 2.5.5 Transformador de Corriente (TC, CT)

Este elemento transforma niveles altos de corriente a valores pequeños para alimentar equipos de medición y control, siendo comúnmente el valor de 5 A.

Existen varios tipos de TC, de acuerdo al área en que se requiere utilizar, siendo estos para medición, protección y medición – protección.

En la Figura 2-11 se puede observar un TC.




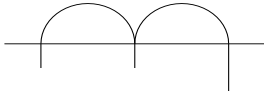
REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

Figura 2-11 Transformador de corriente

### 2.5.6 Pararrayos

Conocidos también como apartarrayos o auto válvulas, estos elementos son los encargados de absorber los sobrevoltajes que pudieran producirse por inclemencias atmosféricas como puede ser la caída de un rayo. De esta manera se evita que los aisladores y equipos aguas abajo sean los elementos que reciban estos sobrevoltajes, debido a que este desperfecto ocasionaría grandes desperfectos en el aislamiento, siendo este elemento de protección externa.

La protección externa requiere un buen sistema de puesta a tierra al evacuar las corrientes del rayo.

En la Figura 2-12 se puede distinguir a un pararrayo.


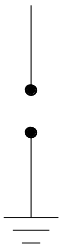

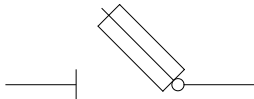
REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

Figura 2-12 Pararrayos externo

### 2.5.7 Portafusibles – Fusibles

Son elementos que se utilizan cuando en una subestación no contiene disyuntor en el lado de alimentación de AV de la subestación. Por lo general los fusibles, que se utilizan, manejan amperajes cercanos o superiores a los 200 A.

En la Figura 2-13 se puede observar el gráfico de un fusible.

REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

**Figura 2-13 Fusible seccionador**

### 2.5.8 Conexión a tierra de subestaciones<sup>12</sup>

La conexión a tierra de subestaciones es sumamente importante. Las funciones de conectar a tierra un sistema se enumeran a continuación:


- Proporcionan la conexión a tierra para el neutro, para transformadores, reactores y capacitores.
- Constituyen la trayectoria de descarga de pararrayos de barra, protectores, espinterómetros<sup>13</sup> y equipos similares.

<sup>12</sup> Fink Donald G. / Wayne H.: "Manual de Ingeniería Eléctrica". Editorial McGraw-Hill. Decimotercera Edición, tomo III. México, 1995.

<sup>13</sup> Espinterómetro: Es un dispositivo que sirve para medir la rigidez dieléctrica de un material, la cual se mide por la cantidad de voltios que producen la perforación del material.

- Garantizan la seguridad del personal de operación al limitar las diferencias de voltaje que puedan existir en una subestación.
- Proporcionan un medio de descarga y desenergizar el equipo para efectuar trabajos de conservación del mismo.
- Proveen una trayectoria de resistencia suficientemente baja a tierra, para reducir al mínimo una elevación de voltaje a tierra con respecto a tierra remota.

En la Figura 2-14 se puede observar parte de la estructura de una conexión a tierra:

REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

**Figura 2-14 Estructura de conexión a tierra**

### 2.5.9 Entrada de alimentador

La entrada de alimentador de una subestación es el punto por el cual se recibe la energía, en alto voltaje, proveniente de un suministro de energía. En la Figura 2-15, se ilustra una entrada de alimentador de 22 kV.

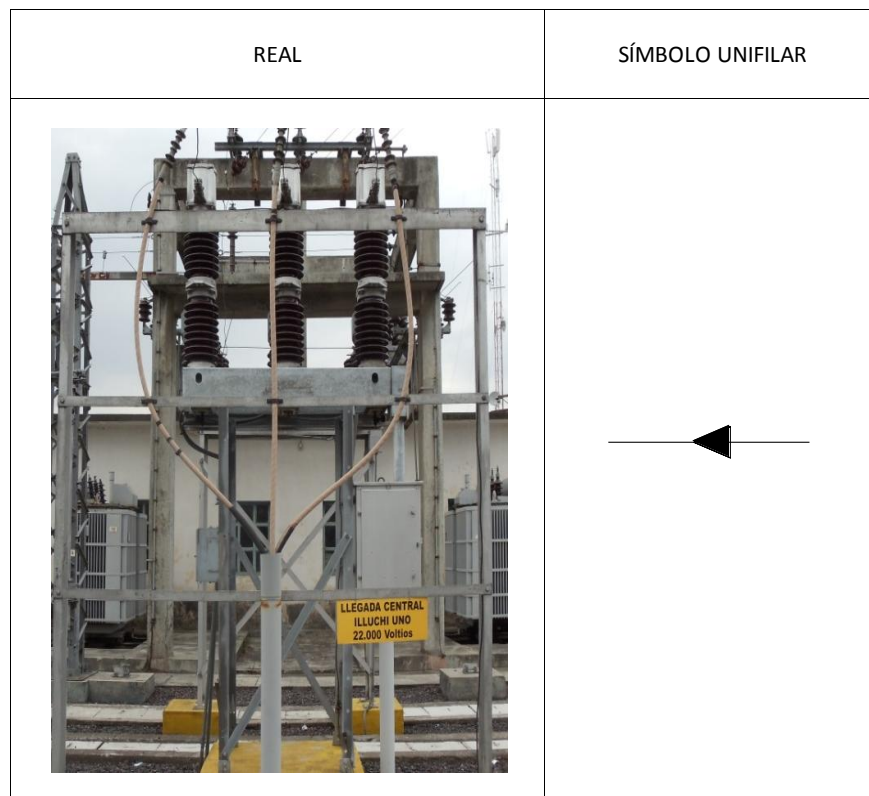




Figura 2-15 Entrada de alimentador

### 2.5.10 Salida de alimentador

La salida de alimentador de una subestación se destina para distribuir la energía proveniente del centro de transformación de la subestación (reducido a un voltaje menor) hacia los puntos de carga que son centros industriales y residencias de los sectores que abarca el alimentador. En la Figura 2-16, se ilustra una salida de alimentador para distribución de energía a 13.8 kV.

REAL	SÍMBOLO UNIFILAR
	

**Figura 2-16 Salida de alimentador**

## 2.6 Norma IEEE 0315 1993

Esta norma permite la utilización de todo un grupo de símbolos gráficos eléctricos y diagramas electrónicos (incluyendo referencia de asignación de letras), “Graphic Symbols for Electrical and Electronics Diagrams (Including Reference Designation Letters)”<sup>14</sup>. La gráfica de cada símbolo, estructura, medio o dispositivo eléctrico, durante el desarrollo del presente proyecto, se realizará cumpliendo con las normas ANSI<sup>15</sup> Y32 / IEEE<sup>16</sup> 315 / CSA<sup>17</sup> Z99, las cuales se mencionan a continuación:

IEEE Std 315 – 1975 (Reafirmado 1993)

ANSI Y32.2 – 1975 (Reafirmado 1989)

CSA Z99 – 1975

(Revisión de: IEEE Std 315 - 1971, ANSI 32.1 – 1972, CSA Z99 - 1972).

<sup>14</sup> IEEE\_0315\_1993 Graphic Symbols for Electrical and Electronics Diagrams.pdf

<sup>15</sup> ANSI: Asociación Nacional Americana de Normalización

<sup>16</sup> IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

<sup>17</sup> CSA: Asociación de Estandarización Canadiense

## 2.7 Diagrama Unifilar

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

Típicamente el esquema unifilar tiene una estructura de árbol. Este diagrama se usará para las especificaciones, detalles de instalación, pruebas de equipo y sistema.

Un diagrama unifilar completo, debe incluir lo siguiente:

- Fuentes de alimentación o puntos de conexión a la red, incluyendo valores de voltajes y de cortocircuito.
- Generadores (en su caso), incluyendo su potencia aparente en KVA o MVA, voltaje, impedancias y método de conexión.
- Tamaño y tipo de todos los conductores, cables, barras y líneas aéreas.
- Tamaño de transformadores, voltajes, impedancias, conexiones y métodos de conexión a tierra.
- Dispositivos de protección (fusibles, relevadores, disyuntores).
- Transformadores de instrumento (potencial y corriente).
- Apartarrayos y bancos de capacitores.
- Capacitores para mejoría de factor de potencia.
- Identificación de cargas (en su caso), incluyendo grandes motores eléctricos e impedancias.
- Tipos de relevadores.
- Ampliaciones futuras.

En el Anexo 1, se puede observar los diagramas unificares de las subestaciones La Cocha y El Calvario.

## CAPÍTULO III

### 3 AUTOMATIZACIÓN DE SUBESTACIONES

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

En los sistemas convencionales de monitoreo, control y supervisión para subestaciones eléctricas, las funciones que se cumplen han sido tradicionalmente realizadas por equipos y elementos discretos. La interconexión entre estos equipos y los sistemas primarios de alta tensión, siempre han implicado un trabajo de ingeniería, cableado, montaje y puesta en servicio.

En la actualidad, la automatización de este sistema, ha reducido el número de equipos, incrementando la disponibilidad del sistema y reduciendo los costos. Además, el uso de las redes para la transmisión de datos, ahorra el volumen del cableado y gracias a su inmunidad frente a interferencias electromagnéticas (en el caso de la fibra óptica) permite su utilización más cerca del proceso primario.

La variedad de productos de diversos fabricantes comprende equipos de comunicaciones capaces de dar solución a las necesidades de intercambio de información surgidas con la creciente implantación de la norma IEC61850.

#### 3.2 NORMA IEC61850

“La norma IEC61850 define un estándar de comunicación de equipos de protección, control y medición dentro de una subestación eléctrica”.<sup>18</sup>

El estándar IEC61850 elige Ethernet como red de comunicaciones, convirtiendo a los switches<sup>19</sup> en los elementos básicos que deben asegurar la

---

<sup>18</sup> <http://www.slideshare.net/fnuno/resumen-iec-61850>



correcta y eficiente transmisión de mensajes de control y protección entre los distintos IEDs<sup>20</sup>.

Los objetivos de la norma IEC61850 se detallan a continuación:

- Desarrollar un estándar internacional para las comunicaciones en el interior de una subestación eléctrica.
- Conseguir interoperabilidad<sup>21</sup> entre equipos diferentes.
- Establecer comunicación cerca de los equipos de potencia:
- Reducir el cableado convencional: Red LAN en lugar de múltiples cables de cobre.
- A prueba de futuro: Los servicios e inversiones serán duraderos a pesar de los rápidos cambios tecnológicos. Además, el estándar está diseñado para seguir el progreso en las tecnologías de comunicación

### **3.3 ESTRUCTURA DE SISTEMAS DE CONTROL DE SUBESTACIONES**

Una subestación eléctrica está dividida por lo general, desde el punto de vista del control, en tres sectores:

- Nivel de campo: Primer nivel, conformado por los elementos de patio (seccionadores, interruptores, transformadores de corriente y tensión).
- Nivel de control de bahía: Segundo nivel, conformado por los elementos intermedios que dependen de la tecnología de control de la subestación (convencional o automática) como son: armarios de reagrupamiento, elementos que cumplen funciones asociadas a las bahías (control, supervisión, enclavamientos, regulaciones de voltaje, protección).

---

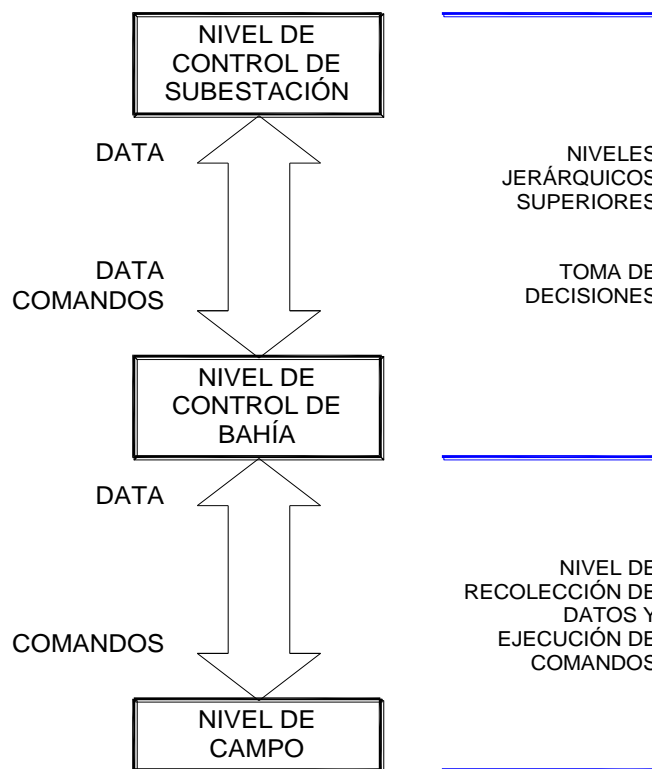
<sup>19</sup> Switch: Dispositivo digital que opera en la capa de enlace de datos del modelo OSI, para interconectar dos o más segmentos de red e intercambiar datos entre ellos.

<sup>20</sup> IED: Dispositivo Electrónico Inteligente. Acrónimo de "Intelligent Electronic Device" en Inglés.

<sup>21</sup> Interoperabilidad: Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada.

- Nivel de control de subestación: Tercer nivel, a través del cual se realizan las tareas de supervisión, maniobras, y control llevado a cabo por las labores diarias de los operadores (control local de la subestación, comunicación, manejo de servicios auxiliares).

Esto define una estructura lógica del sistema de control, con dos niveles jerárquicos superiores, los cuales deben estar interconectados para intercambio de información. Un nivel inferior, nivel de campo, se encarga de la adquisición de los datos. Esta estructura se puede observar en la Figura 3-1:



**Figura 3-1 Estructura general de un sistema de control para una subestación**

Con el avance tecnológico, los microprocesadores fueron tomando un lugar en las automatizaciones, siendo el caso de los fabricantes que decidieron reemplazar los dispositivos y elementos electromecánicos por elementos de estado sólido (microprocesadores). A estos diseños basados en microprocesadores se denominaron Dispositivos Electrónicos Inteligentes

(IED), debido a que poseen múltiples recursos y funciones que cumple con las expectativas de la automatización. Dentro de los recursos y funciones, se puede mencionar las siguientes: auto chequeo, auto diagnóstico, interfaces de comunicación, capacidad de almacenar datos históricos, disposición de unidades terminales remotas integradas para entradas y salidas de datos, entre otras.

Los IED's han permitido minimizar la redundancia en los equipos debido a la integración de múltiples funciones en un solo dispositivo. Por ejemplo, al integrar TC's con TP's en un circuito individual, el IED puede medir, controlar y proteger simultáneamente.

El término IED se aplica a cualquier dispositivo basado en microprocesadores junto con uno o varios puertos de comunicación, utilizados en la industria de la energía eléctrica para describir equipos de regulación electrónicos inmersos en los sistemas eléctricos, siendo estos relés de protección, medidores, unidades terminales remotas, PLC's entre otros más.

El IED que se dispone para el desarrollo del presente proyecto, es el medidor PowerLogic ION 7650, del fabricante Schneider Electric. Más adelante se hablará con mayor detalle las características técnicas y capacidades de este medidor inteligente.

Empleando el desarrollo de los equipos y estándares al sistema eléctrico, un sistema de control automatizado para una subestación eléctrica consiste, siguiendo la estructura general de los sistemas de control de subestaciones, en un nivel de campo, un nivel de control de bahía, un nivel de control de subestación y un medio de comunicación entre ellos. En la Figura 3-2, se puede apreciar con detalle un sistema de control automatizado.

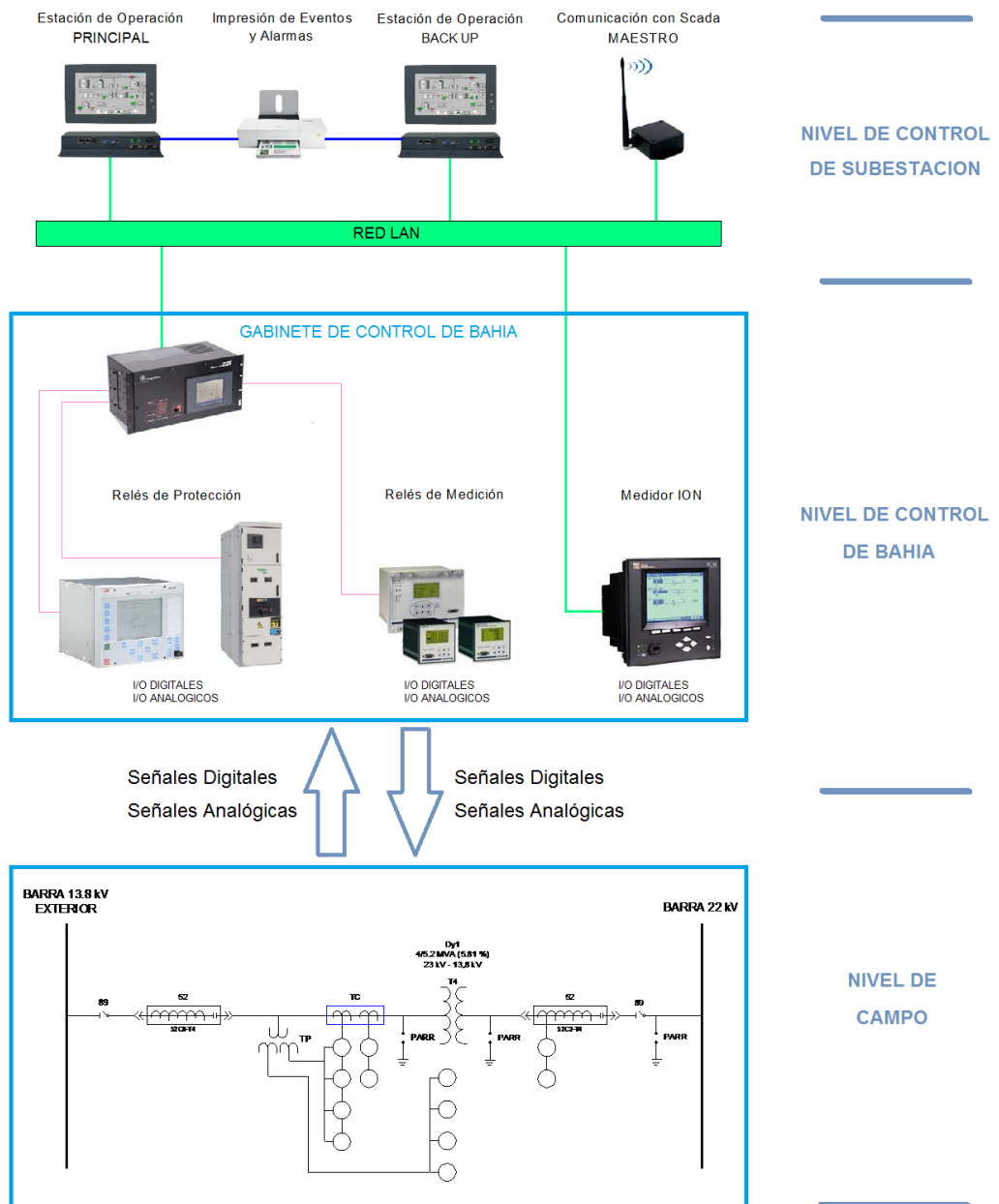


Figura 3-2 Sistema de control automatizado para una subestación eléctrica

### 3.4 REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Las redes de comunicación industrial deben su origen a la fundación FieldBus (Redes de Campo). La fundación FieldBus desarrollo un nuevo protocolo de

comunicación para la medición y el control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.<sup>22</sup>

Los requisitos que deben cumplir las redes de comunicación industriales, sobre todo en cuanto a los sistemas de bus modernos, son considerables y continúan en desarrollo. Se requieren redes de comunicación que, incluso sobre grandes distancias, se destaquen por sus prestaciones y permitan aprovechar las diversas posibilidades del mundo digital.

### **3.4.1 Niveles en una red industrial**

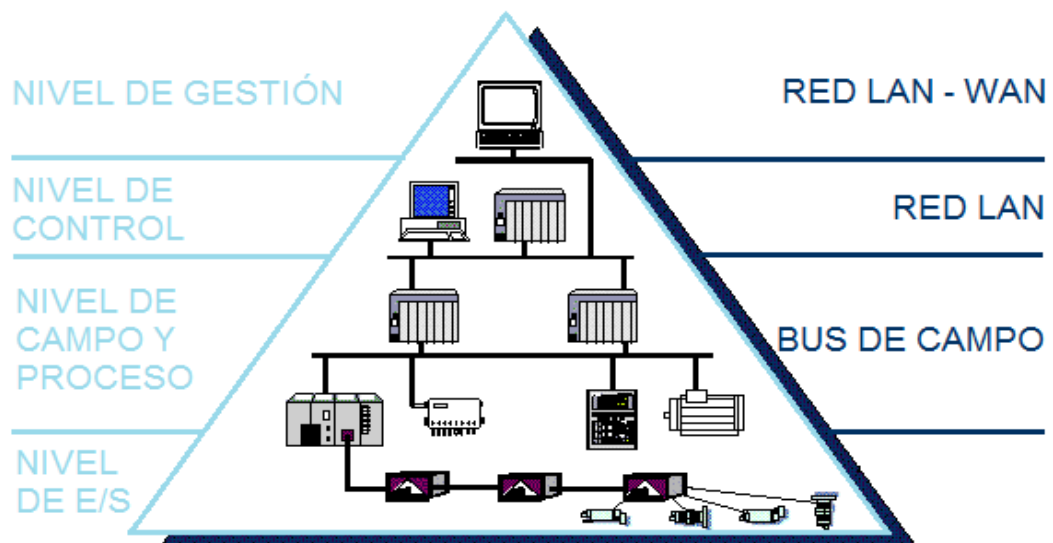
En una red industrial existirán equipos y dispositivos de todo tipo, los cuales suelen agruparse jerárquicamente para establecer conexiones lo más adecuadas a cada área. De esta manera, se definen cuatro niveles dentro de una red industrial, como se ilustra en la Figura 3-3, los cuales se describen a continuación:

- Nivel de E/S: Nivel más próximo al proceso. En este nivel se encuentran sensores y actuadores, que tienen la función de tomar mediciones para la correcta automatización y supervisión; y manejar el proceso productivo.
- Nivel de campo y proceso: Se encarga de la integración de pequeños automatismos (PLC's, módulos I/O, etc.) dentro de subredes o islas. En este nivel se emplean los buses de campo.
- Nivel de Control: Se encarga de enlazar y dirigir distintas zonas de trabajo. En este nivel se encuentran autómatas de gama alta, y ordenadores dedicados a diseño, control, programación, etc. En este nivel se implementan redes LAN.

---

<sup>22</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_industrial](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_industrial)

- Nivel de Gestión: Es el nivel más alto y se encarga de integrar los niveles anteriores en una estructura de fábrica. Las máquinas conectadas en este nivel, son estaciones de trabajo que hacen una especie de puente entre el proceso productivo y el área de gestión. Se emplean redes tipo LAN o tipo WAN.



**Figura 3-3 Pirámide de automatización**

Con el empleo de las redes industriales, es posible:

- Reducir costos y tiempo de instalación
- Recibir y transferir datos de manera segura y eficiente
- Implementar sistemas de control avanzados, como sistemas SCADA, control centralizado, control distribuido, etc.
- Acceder al sistema de forma remota
- Intercomunicar los distintos niveles de producción, desde la administración, pasando por el control de procesos, hasta llegar al primer nivel (campo).

Un número considerable de empresas presentan la existencia de islas automatizadas (células de trabajo sin comunicación entre sí), siendo en estos

casos las redes y los protocolos de comunicación industrial indispensables para realizar un enlace de comunicación entre las distintas etapas que conforman el proceso.

La integración de las mencionadas islas automatizadas, se lo realiza dividiendo las tareas entre grupos de procesadores jerárquicamente anidados, dando lugar a una estructura de redes industriales, las cuales se pueden agrupar en tres categorías:

- Buses de campo
- Redes LAN (Local Area Network)
- Redes LAN – WAN (Wide Area Network)

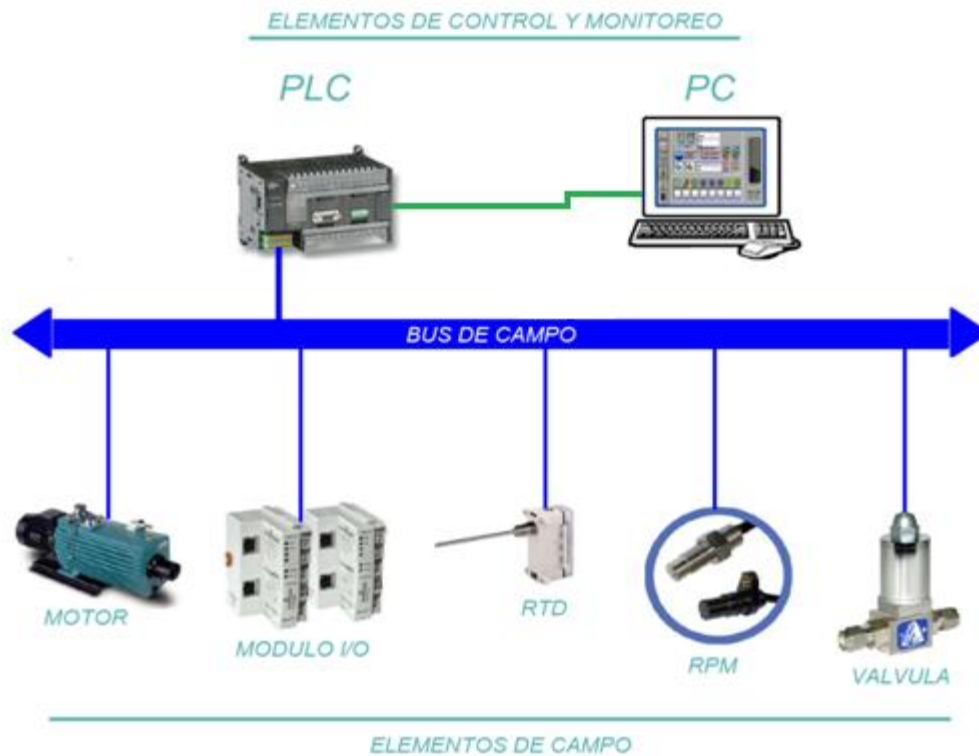
#### **3.4.2 Buses de Campo**

Son redes digitales bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus serie, que se encuentra más próximo al proceso industrial, y que conectan dispositivos de campo, como transductores, actuadores, sensores, módulos I/O, etc.; formando células de fabricación. La tarea del bus de campo es establecer la comunicación entre los dispositivos de campo con sistemas inteligentes como PLC's y PC's, de manera que la información que los dispositivos generen, pueda recorrer el sistema de información de toda la planta, como se puede observar en la Figura 3-4.

Un bus de campo debe permitir tres puntos muy importantes en la automatización, y son:

- Interconectividad: Los equipos de diversos fabricantes pueden ser conectados en forma segura al bus.
- Interoperabilidad: Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada.

- Intercambio: Los equipos de un fabricante pueden ser reemplazados con una funcionalidad equivalente por equipos de otros fabricantes.



**Figura 3-4 Bus de campo**

Existen dos tipos de buses de campo:

- Bus de campo propietario: Son sistemas que se tiene restricción de componentes y productos a un solo fabricante, obteniendo como consecuencia, incompatibilidad con elementos de otros fabricantes.
- Bus de campo abierto: Son sistemas que facilitan la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes sin necesidad de adaptaciones adicionales, teniendo una completa disponibilidad de herramientas y componentes hardware y software.

Dentro de los buses de campo desarrollados e implementados en la industria, se pueden mencionar los siguientes:



- Profibus PA – DP – FMS (Siemens)
- Device Net (Allen Bradley)
- FIBIO (Telemecánica)
- AS-i
- InterBus
- EIB “European Installation Bus”
- BitBus
- ControlNet
- WorldFIP
- CAN
- LONWorks
- HART
- Modbus

### 3.4.3 Redes LAN

Son las redes más elevadas jerárquicamente, pues son el nivel de red superior al nivel de red de los buses de campo, las cuales enlazan las células de fabricación, formadas en los niveles inferiores, como se puede observar en la Figura 3-5.

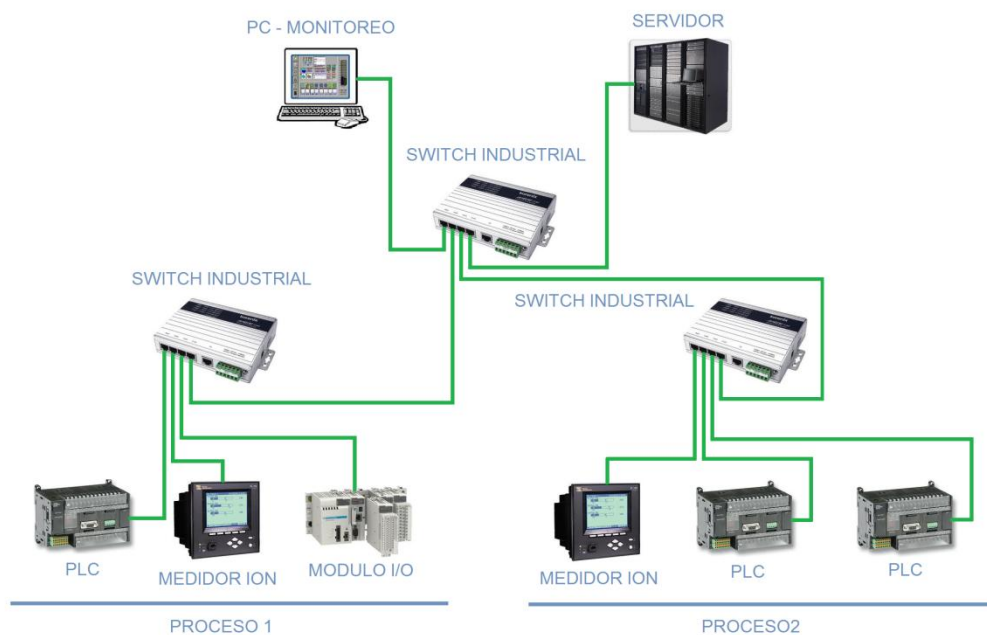
Los estándares más conocidos y extendidos son dos:

- MAP (Manufacturing Automation Protocol): Inició como un protocolo diseñado para el entorno industrial, lo que hace que tenga mayor éxito en LAN industriales. Fue impulsado por General Motors y normalizado por la IEEE. No actúa a nivel de bus de campo, pero establece pasarelas<sup>23</sup> hacia estos buses mediante terminales.

---

<sup>23</sup> Pasarela: Sistema de Hardware/Software para conectar dos redes entre sí y permitiendo funcionalidad como una interfaz entre diferentes protocolos de red.

- Ethernet: Diseñada por Xerox Corporation y registrada junto con Digital e Intel. Es compatible con el modelo OSI en los niveles: 1 (Nivel Físico), 2 (Nivel de Enlace) y 3 (Nivel de Red). Permite topología de red en bus o árbol con comunicación semi dúplex<sup>24</sup>. Las velocidades van desde los 10 Mbits/s a los 100 Mbits/s de Fast Ethernet. Es uno de los estándares de red que ha evolucionado con mayor rapidez.



**Figura 3-5 Esquema de una red LAN Industrial**

### 3.4.4 Redes LAN – WAN

Este nivel de red es el más próximo al área de gestión, la cual integra los niveles anteriores, en una estructura de fábrica. Está formada por computadores y redes de computadores

<sup>24</sup> Semi dúplex: Modo de intercambio de datos entre dos terminales, mientras el terminal uno está transmitiendo el terminal dos solo puede recibir; y viceversa.

## **3.5 ETHERNET INDUSTRIAL**

### **3.5.1 Surgimiento de Ethernet**

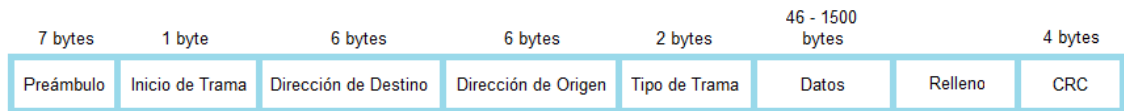
En 1972, Robert Metcalfe y su equipo en Xerox desarrollaron el primer sistema Ethernet para interconectar las estaciones de trabajo personales con interfaz de usuario gráfica Xerox Alto, denominada Alto Aloha Network.

En 1973, se cambia el nombre a “Ethernet” para especificar que el sistema podía conectar cualquier tipo de ordenadores, y no únicamente equipos Xerox Alto. El medio físico (un cable) empleado lleva todos los datos a todas las estaciones conectadas.

### **3.5.2 Red Ethernet – Estándar IEEE802.3**

El principio básico de las comunicaciones Ethernet es el mecanismo CSMA/CD, “Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection Protocol”, (protocolo de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones) como método de acceso al medio (MAC). La idea de este protocolo es muy simple: si un dispositivo desea comunicarse, comprueba el canal para verificar si se encuentra disponible. Si es así, se transmiten los datos; de ocurrir lo contrario, se espera a que se libere el canal. La importancia de la detección de colisiones permite que dos o más dispositivos transmitan simultáneamente y los datos colisionen. Esto beneficia en que, durante el proceso de detectar las colisiones y el proceso de retransmitir los datos dentro de un período de tiempo posterior, no se pierda ningún dato.

El paquete de un mensaje Ethernet (trama Ethernet) consta de los campos citados en la Figura 3-6:



**Figura 3-6 Trama Ethernet**

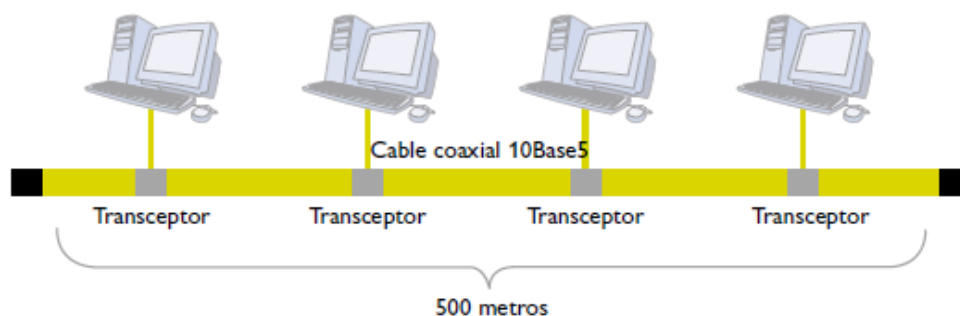
- Preámbulo: Cada trama empieza por 7 bytes iguales (10101010). Esto permite a los nodos receptores sincronizarse.
- Inicio de la Trama: Un byte que marca el comienzo de la información propiamente dicho (10101011).
- Dirección de destino: Identifica al nodo al cual se le envía el mensaje.
- Dirección de origen: Identifica al nodo quien envió el mensaje.
- Tipo de trama: Utilizado para conocer el tipo de información que transporta la trama o el protocolo de nivel superior.
- Datos: Contiene los datos de nivel de enlace transmitidos por la trama.
- Relleno: Utilizado para garantizar que la trama total tenga una longitud mínima de bytes (sin contar con el preámbulo ni el inicio de trama), en caso de que el archivo de datos sea muy corto.
- CRC: Código de redundancia cíclica para detección de errores.

Con el avance del tiempo, la evolución del estándar Ethernet fue inevitable. La notación con la que se designa a cada estándar se lo hace en base a la especificación “XBaseY”, y se lo interpreta de acuerdo con la Tabla 3-1:

**Tabla 3-1 Notación del estándar Ethernet**

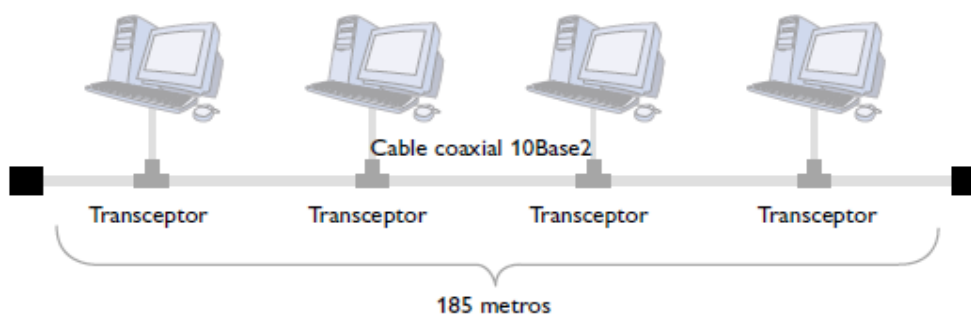
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
X	Denota la velocidad de transmisión de los datos, en Mbits/s
Base	Especifica si existe modulación de ancho de banda. Base: Indica que los datos se transmiten en banda base, es decir, se envía la información tal y como se produce, en su ancho de banda.
Y	Denota la longitud de cada segmento, x 100 metros.

El primer estándar Ethernet se lo denominó como 10Base5. La red se basó en un cable coaxial grueso de 500 m de longitud total máxima con transceptores<sup>25</sup> conectados al cable. La velocidad de transmisión se fijó en 10 Mbits/s. Un ejemplo de este estándar de red se puede observar en la Figura 3-7.



**Figura 3-7 Esquema de red bajo el estándar 10Base5**

El siguiente estándar de importancia fue el 10Base2, que ofrecía la misma velocidad de transmisión (10 Mbits/s) pero con un cable coaxial fino de menor coste conectado a tarjetas de interfaz de red mediante conectores en T. Un ejemplo de este estándar de red se puede observar en la Figura 3-8.

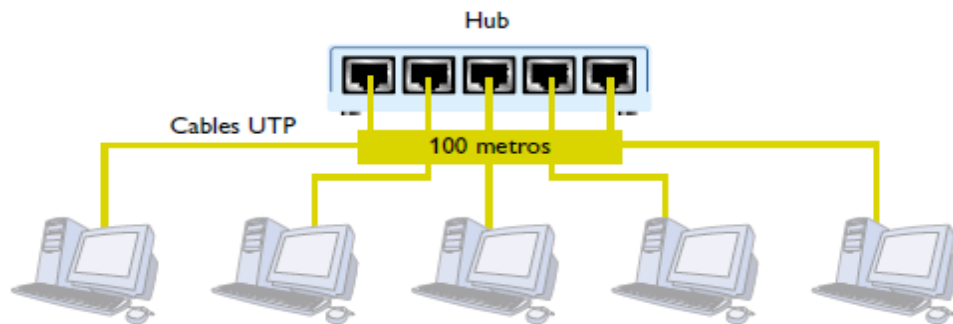


**Figura 3-8 Esquema de red bajo el estándar 10Base2**

El siguiente paso en la red Ethernet fue la introducción del cableado estructurado (Cable UTP o Par Trenzado). Se desarrolló el estándar 10BaseT, el cual se basaba en la utilización de hubs y mantenía la distancia del cable por

<sup>25</sup> Transceptor: Es un dispositivo semidúplex, que realiza funciones tanto de envío como de recepción de señales.

debajo de los 100 m. Un ejemplo de este estándar de red se puede observar en la Figura 3-9.



**Figura 3-9 Esquema de red bajo el estándar 10BaseT**

Posteriormente, se desarrolló redes más rápidas y la utilización de cables de fibra óptica para la transmisión de datos a larga distancia. Una vez más, surgieron nuevos estándares: 100BaseT, el cual incrementó la velocidad de transmisión a 100 Mbits/s, manteniendo su banda Base y la utilización de cableado estructurado; y 100BaseFX, un estándar que transmite los datos a una velocidad de 100 Mbits/s pero a través de la utilización de fibra óptica (FX).

La convivencia de distintos estándares, el aumento en el número de dispositivos conectados y el surgimiento de dos velocidades de transmisión, complicó la conexión entre redes, lo que dio lugar al desarrollo del Switch Ethernet. Más adelante se describirá con mayor profundidad al Switch.

### **3.5.3 Red Ethernet Industrial**

Industrial Ethernet (IE) es una red estándar basada en la norma IEEE802.3 especialmente diseñada para la industria: equipos robustos e instalaciones inmunes al ruido.

En el medio industrial, las transmisiones de datos se han basado tradicionalmente en la tecnología de bus de campo. Se han desarrollado diversos estándares, por lo que la interoperabilidad resulta complicada y

costosa, siendo ésta la razón principal por la cual se consideró la posibilidad de implementar la tecnología Ethernet en aplicaciones industriales. Sin embargo, este estándar presenta las siguientes ventajas adicionales:

- **Fiabilidad:** Ethernet es un estándar abierto bien definido, lo que significa que se facilita interoperabilidad y los componentes se pueden obtener de múltiples fabricantes. Debido a que las redes Ethernet son abiertas y transparentes, sobre la misma red se pueden utilizar múltiples protocolos diferentes simultáneamente.
- **Velocidad:** A las velocidades de transmisión de 10 Mbits/s y 100 Mbits/s se han sumado la solución Gbit/s, a diferencia de los protocolos de bus de campo que, los más rápidos trabajan a 12 Mbits/s, y la mayoría transmiten a menos de 2 Mbits/s.
- **Determinismo:** Existen protocolos que organizan los datos según su prioridad, haciendo de Ethernet una tecnología casi determinista, el objetivo definitivo del ámbito industrial.

El determinismo es un concepto muy importante en las redes industriales, debido a que con una red determinista se puede afirmar que un evento determinado se ha producido en una ventana de tiempo concreta.

Con el método de acceso CSMA/CD utilizada en los estándares Ethernet iniciales, era imposible el determinismo, hasta que se creó el Switch Ethernet como solución.

En la Tabla 3-2 se exponen los datos técnicos de una red Industrial Ethernet:

**Tabla 3-2 Datos técnicos para Ethernet Industrial**

Estándar	Ethernet según IEEE 802.3 / ISO8802.3
Método de acceso	CSMA/CD
Velocidad de Tx	10/100/1000 Mbits/s
Medio de Tx	Eléctrico: Par trenzado Óptico: Fibra óptica
Máx. N° Participantes	1024
Distancia de Red	Eléctrica: Máx. aprox. 1500 m Óptica: Máx aprox. 4500 m
Topología	Lineal, árbol, estrella, anillo redundante
Aplicaciones	Redes de célula y de gestión

### **3.5.4 Protocolos de comunicación**

#### **3.5.4.1 UDP (User Datagram Protocol)**

El protocolo de datagrama de usuario es un servicio de transporte de datagramas no orientado a conexión (los datos se envían y reciben sin establecer la conexión), lo que significa que la llegada del datagrama (paquete de datos) no está controlada y la fiabilidad de la transmisión es responsabilidad de la aplicación.

#### **3.5.4.2 TCP (Transmission Control Protocol)**

El protocolo de control de transmisiones es un servicio de transporte de datagramas orientado a conexión, es decir, que es preciso establecer la conexión para que los equipos puedan intercambiar datos. Un acuse de recibo (ACK) permite verificar que el otro equipo ha recibido los datos. Por cada paquete de datos enviado, el equipo receptor debe devolver un ACK; si no se



recibe el ACK respectivo, los datos se vuelven a transmitir. TCP toma mayor tiempo que UDP en transmitir los datos y utiliza mayor ancho de banda.

#### **3.5.4.3 PPP (Point to Point Protocol)**

El protocolo punto a punto surgió como un protocolo de encapsulamiento para transportar tráfico IP en líneas punto a punto. Este protocolo proporciona un método de transmisión de paquetes por enlaces serie punto a punto, que incluye los siguientes tres componentes:

- Protocolo High Level Data Link Control (HDLC) para encapsular los paquetes que se transmiten por los enlaces punto a punto.
- Link Control Protocol (LCP) para establecer, configurar y comprobar la conexión.
- Network Control Protocols (NCP) para establecer y configurar los diferentes protocolos de nivel de red.

#### **3.5.5 Hardware de Ethernet Industrial**

La principal diferencia entre Ethernet Industrial y Ethernet tradicional es el tipo de hardware utilizado. Los equipos Ethernet Industrial están diseñados para operar en ambientes hostiles, pues incluyen componentes de grado industrial, refrigeración por convección<sup>26</sup> y señal de salida tipo relé. Además están diseñados para funcionar en temperaturas extremas y bajo vibración extrema, entre otras condiciones a tomar en cuenta. Los requisitos de energía para los ambientes industriales difieren de las redes de datos, por lo que el equipo funciona a 24 VDC. Para maximizar la disponibilidad de la red, los equipos Ethernet Industrial incluyen características de tolerancia a fallos, como por ejemplo fuentes de alimentación redundantes. El equipo también es modular

---

<sup>26</sup> Convección: Una forma de transferencia de calor que se produce por intermedio de un fluido (aire, agua) que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas.

con el fin de cumplir con los requisitos altamente variables de una planta industrial.

En la Tabla 3-3 se indican la diferencia de condiciones entre un ambiente industrial y un ambiente de oficina, para la implementación de Ethernet.

**Tabla 3-3 Entorno Industrial vs. Entorno de Oficina**

Parámetro	Entorno Industrial Automatización en Fábrica	Entorno de Oficina Automatización en Oficina
Voltaje	24V DC	115V AC / 230V AC
Instalación	Carri DIN 19" Montaje de pared	Módulo de sobremesa Montaje de pared, Rack 19"
Temperatura	0°C – 60°C -20°C –75°C	5°C – 40°C
Vibración / Impacto durante Funcionamiento	2 g / 15 g	–
Sistema de Refrigeración	Convección Natural	Ventilador
Tipo de Protección	IP20 <sup>27</sup> / IP30 <sup>28</sup> / IP67 <sup>29</sup>	IP 20 / IP30
Resistencia	Polvo, aceites, disolventes	Polvo
Aprobaciones	EN60950 (Seguridad) EN50081-2 (EMC, Industria) EN50082-2 (EMC, Industria)	EN60950 (Seguridad) EN50081-1 (EMC, Oficina) EN50082-1 (EMC, Oficina)
Operatividad	> 7 años	> 3 años
Disponibilidad	15 años (Repuestos)	4 años (Repuestos)

<sup>27</sup> IP20: Protección contra cuerpos sólidos de diámetro mayor a 12 mm, sin protección contra entrada perjudicial de agua.

<sup>28</sup> IP30: Protección contra cuerpos sólidos de diámetro mayor a 2.5 mm, sin protección contra entrada perjudicial de agua.

<sup>29</sup> IP67: Protección total frente al polvo, y protección total frente a la inmersión en agua.

### 3.5.5.1 Medio de Transmisión

En un cableado Ethernet Industrial no es suficiente con distinguir el cumplimiento de los índices de protección IP20 e IP67 a la hora de evaluar su idoneidad para las aplicaciones industriales. Se debe considerar aspectos como la robustez de la carcasa del conector, la compensación de tracción, la sujección como protección con las fuerzas laterales, la resistencia a los aceites. El conector RJ45 de 8 polos se ha establecido para el cableado Ethernet y está disponible en las versiones Cat. 5 y Cat. 6 conforme la norma ISO/IEC 11801:2002:

- Cat. 5: Puede transmitir datos a velocidades de hasta 100 Mbits/s o 100BaseT.
- Cat. 6: Redes de alta velocidad hasta 1 Gbit/s.

Los diferentes tipos de cables ofrecen distintas características de funcionamiento, la variedad de velocidad de transmisión de los datos que un sistema de cableado puede soportar, se conoce como el ancho de banda utilizable.

















- Cable Coaxial: Está compuesto de un hilo conductor central de cobre rodeado por una malla de hilos de cobre. El espacio entre el hilo y la malla lo ocupa un conductor de plástico que separa los dos conductores y mantiene las propiedades eléctricas.



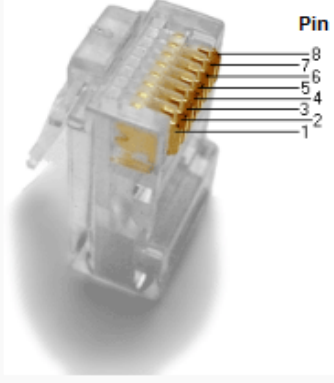
**Figura 3-10 Cable coaxial**

- Cable Par Trenzado: Es el tipo de cable más común en redes Ethernet, está compuesto por una serie de pares de cables trenzados. Los pares se trenzan para reducir la interferencia entre pares adyacentes. Existen dos tipos de cable trenzado: UTP (Unshield Twisted Pair / Par Trenzado no Apantallado), cable de bajo costo y fácil manejo; STP (Shield Twisted Pair / Par Trenzado Apantallado), cable en el cual cada par se cubre con una malla metálica incrementando su costo.

El estándar de cableado estructurado TIA/EIA define la forma de diseñar, construir y administrar un sistema de cableado que es estructurado. Este estándar se puede observar en la Figura 3-11.

Pin	TIA/EIA 568-A	TIA/EIA 568-B
1	 Blanco/Verde	 Blanco/Naranja
2	 Verde	 Naranja
3	 Blanco/Naranja	 Blanco/Verde
4	 Azul	 Azul
5	 Blanco/Azul	 Blanco/Azul
6	 Naranja	 Verde
7	 Blanco/Marrón	 Blanco/Marrón
8	 Marrón	 Marrón

**CONECTOR RJ-45 MACHO**



**Figura 3-11 Norma TIA/EIA 568 A / B para cableado estructurado**

- Fibra Óptica: Este cable está constituido por uno o más hilos de fibra de vidrio. Cada fibra de vidrio consta de: un núcleo central de fibra con un alto índice de refracción; una cubierta que rodea al núcleo, de material similar el cual posee un índice refracción menor; una envoltura que aísla las fibras y evita interferencias. La fibra óptica es un excelente medio

para la transmisión de información, debido a sus excelentes características: gran ancho de banda, baja atenuación de la señal, inmunidad a interferencias electromagnéticas, alta seguridad y larga duración.

### 3.5.5.2 Equipos de conectividad

Existen varios dispositivos que extienden la longitud de la red, donde cada uno tiene un propósito específico. Sin embargo, muchos dispositivos incorporan las características de otro tipo de dispositivo para aumentar la flexibilidad y el valor.

Se pueden mencionar los siguientes:

- Routers: Es un dispositivo que determina el siguiente punto de la red al que debe enviarse el paquete para llegar a su destino final. El router debe estar conectado por lo menos a dos redes para decidir la ruta por la cual debe enviar el paquete de datos basándose en un análisis del estado actual de las redes a las que está conectado.



Figura 3-12 Router industrial marca eWON

- Switch Ethernet: Es un dispositivo que se utiliza para construir redes Ethernet y controlar el flujo de datos y el ancho de las mencionadas redes. EL switch almacena los paquetes entrantes y determina si el

paquete contiene errores comprobando el checksum<sup>30</sup>. Si no existe errores, identifica el puerto al cual debe enviarse el paquete basándose en las tablas de direcciones de control de acceso al medio (MAC). El switch también puede funcionar en modo full dúplex, lo que garantiza que no se producirán colisiones en ningún controlador Ethernet.



**Figura 3-13** Switch industrial marca EOTec

### **3.5.6 Topología de red**

La topología de red hace referencia a la configuración de la red, y recoge tres campos: físico, eléctrico y lógico. Los niveles físico y eléctrico se pueden entender como la configuración del cableado entre los dispositivos de control y conmutación; mientras que el nivel lógico se entiende como la manera en cómo se trata la información dentro de la red, es decir, cómo se dirige de una estación a otra.

#### **3.5.6.1 Topología en Estrella**

Todos los elementos de la red se conectan al nodo central de la red mediante un enlace punto a punto. El nodo central se encarga de gestionar las

---

<sup>30</sup> Checksum: Llamado también suma de verificación o suma de chequeo, es una función hash (función resumen) que tiene como propósito detectar cambios accidentales en una secuencia de datos, para proteger su integridad.

transmisiones de información por toda la red. Ethernet utiliza este tipo de topología. Este tipo de topología se puede observar en la Figura 3-14.

Ventajas:

- Facilidad de instalación.
- Si una de las líneas está sujeta a interferencias, solo el dispositivo conectado a ella es afectado.
- Facilidad para detección de fallos y su reparación.

Desventajas

- Un fallo en el concentrador provoca el aislamiento de todos los nodos conectados al dispositivo.
- Requiere la utilización de hubs o concentradores

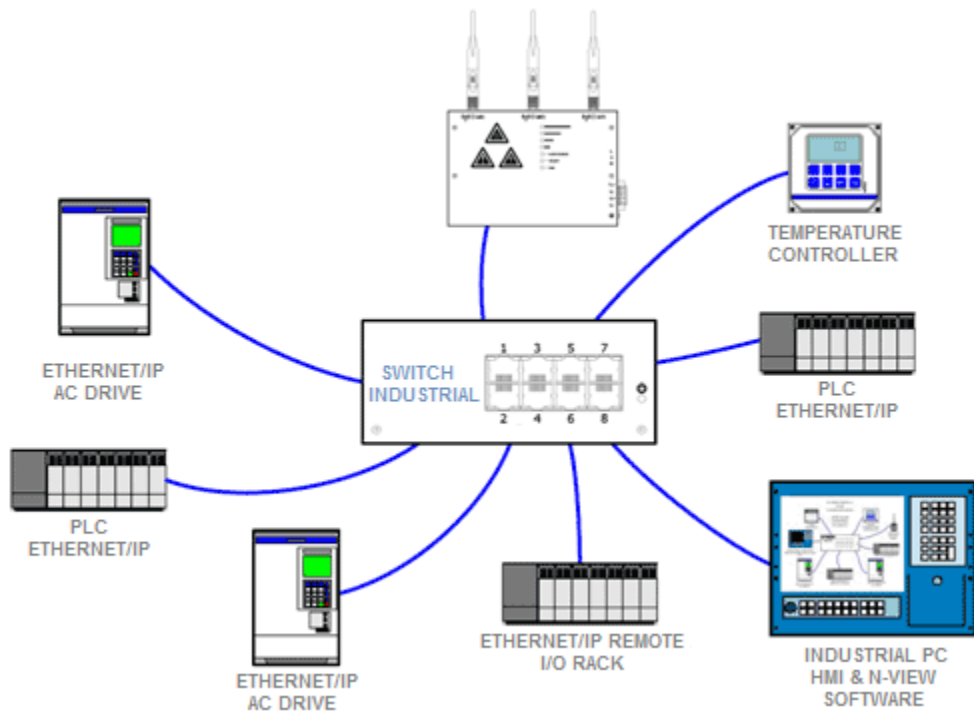


Figura 3-14 Topología en estrella

### 3.5.6.2 Topología en Bus

Los elementos que constituyen la red se disponen linealmente, es decir, en serie y conectados por medio de una línea de datos, denominado bus. Las tramas de información emitidas por un nodo (terminal o servidor) se propagan por todo el bus (en las dos direcciones) alcanzando a todos los nodos.

El bus es un cable con un terminador en cada extremo, sobre el cual se encuentran unidos todos los elementos de una red. Este cable recibe el nombre de "Backbone cable". Ethernet puede utilizar este tipo de topología, la cual se puede observar en la Figura 3-15.

Ventajas:

- Si se añade un dispositivo al bus, no se requieren interfaces adicionales en las estaciones existentes.
- La cantidad de cableado es menor.
- Permite una comunicación cruzada entre cualquier dispositivo conectado.

Desventajas:

- Si existe una avería en el Backbone, toda la red es afectada.
- Es complicado detectar el origen de un problema cuando toda la red se encuentra averiada.



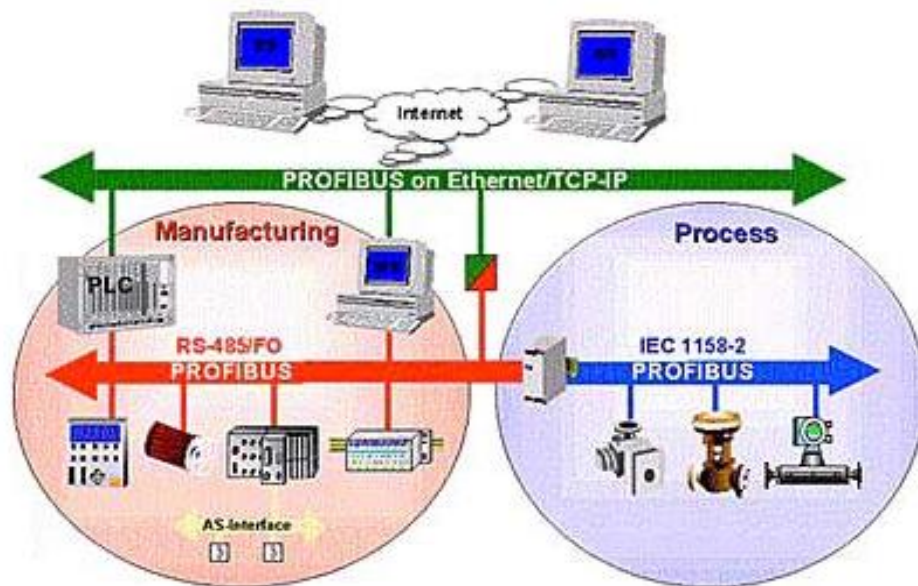


Figura 3-15 Topología en bus

### 3.5.6.3 Topología en Anillo

Los nodos de la red se disponen en un anillo cerrado, conectados a él mediante enlaces punto a punto. La información se transmite de dispositivo a dispositivo describiendo una trayectoria circular en una única dirección. La falla de un dispositivo es suficiente para interrumpir el anillo y detener todas las comunicaciones. La solución radica en incorporar interruptores de bypass que conmutan, automáticamente, cuando el dispositivo falla. Este tipo de topología se puede observar en la Figura 3-16.

Ventajas:

- El anillo puede expandirse con facilidad para conectar más nodos a la red.
- Presenta un ahorro económico frente a la configuración en estrella.

Desventajas:

- Durante el proceso de instalación de un nuevo nodo se irrumpe la operación de la red.
- El proceso de mover físicamente un nodo requiere de desconexión para removerlo y reinstalarlo en su nuevo lugar interrumpiendo la operación de la red.

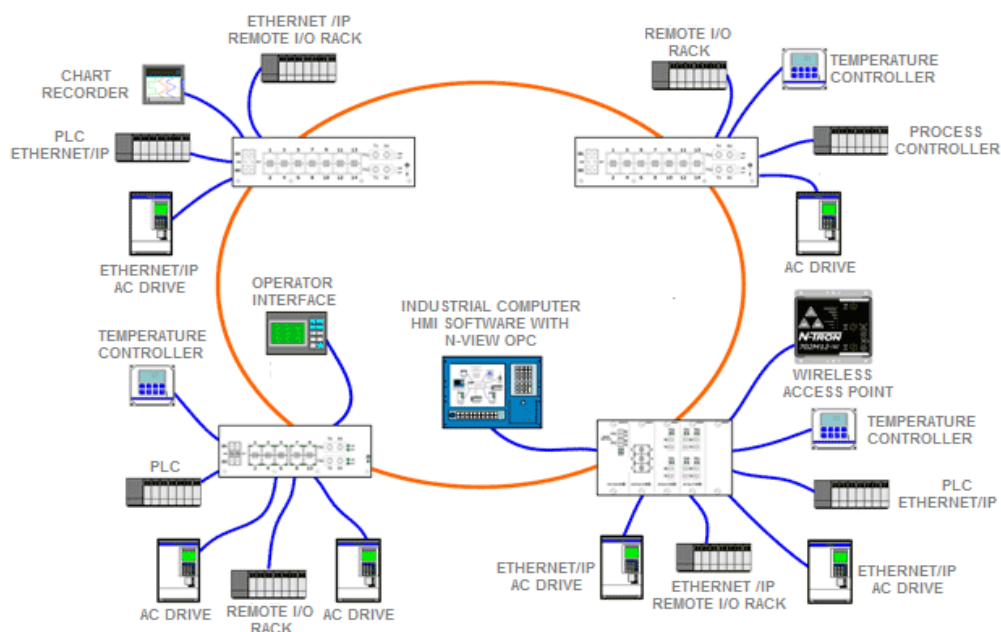


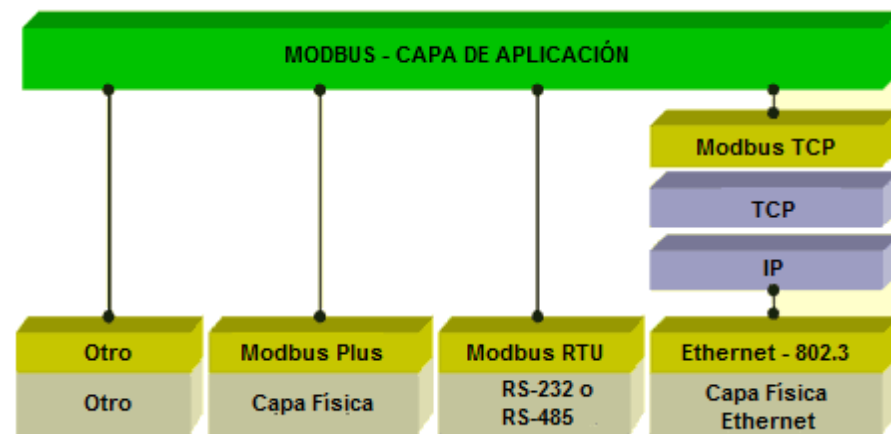
Figura 3-16 Topología en anillo

### 3.5.7 Protocolo Modbus TCP/IP (Modbus TCP)

Modbus fue desarrollado originalmente por Modicon y, hoy en día, es administrado por la Organización de Usuarios Modbus-IDA. Modbus TCP es un protocolo de comunicación abierto de aplicación Maestro/Eslavo, situado en el nivel 7 del modelo OSI, diseñado para permitir a equipos industriales tales como Controladores Lógicos Programables (PLC's), computadores, sensores, actuadores y otros dispositivos físicos de entrada/salida comunicarse sobre una red. Modbus proporciona un conjunto de funciones para leer y escribir datos en

los dispositivos de campo, soportando transferencia de datos tipo bits (“0”, “1”) hasta tipo word (palabra).

Los servicios eficientes de Modbus y el modelo de objeto que ha estado disponible desde la versión original del protocolo Modbus no se han modificado, y simplemente se ha adaptado a TCP/IP como protocolo de transmisión de datos, pues Modbus TCP es simplemente el protocolo Modbus RTU con una interfaz TCP que se ejecuta sobre Ethernet. De esta manera Modbus posee variantes, las cuales pueden ser: Modbus RTU (Transmisión de datos asíncrona a través de RS-232 o RS-485), Modbus Plus (comunicación de alta velocidad a través de una red Token Passing) y Modbus TCP (Ethernet TCP/IP basada en comunicación cliente/servidor). Todas las versiones mencionadas comparten el mismo protocolo de aplicación, que especifica un módulo de objeto universal de los datos de usuario y servicios de comunicación.

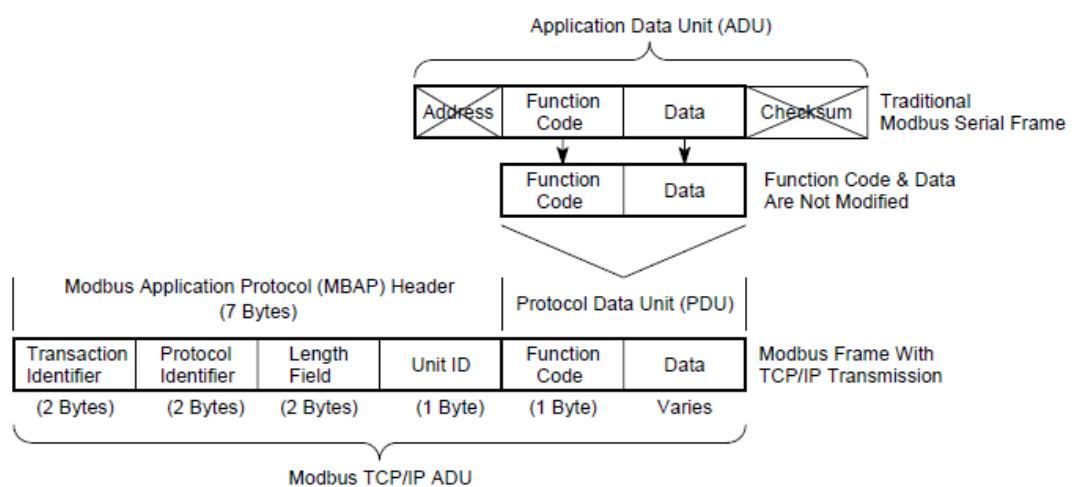


**Figura 3-17 Protocolo Modbus**

Modbus TCP es un enfoque programático para utilizar Ethernet como medio de transmisión de datos para aplicaciones de automatización. Modbus TCP utiliza el protocolo TCP/IP y Ethernet como medio para transportar los datos de la estructura del mensaje Modbus entre dispositivos compatibles. En síntesis, Modbus TCP/IP combina una red física (Ethernet), con un estándar de red y un

método estándar de representación de datos (Modbus como el protocolo de aplicación). En esencia, el protocolo Modbus TCP/IP es simplemente un mensaje de comunicación Modbus encapsulado en una red Ethernet TCP/IP.

En la práctica, Modbus TCP incrusta una trama de datos estándar Modbus en un marco TCP, sin la suma de comprobación Modbus, como se muestra en la Figura 3-18:



**Figura 3-18 Construcción de un paquete de datos Modbus TCP<sup>31</sup>**

El campo de control de errores Modbus (Checksum) no se utiliza como el método de comprobación en el estándar Ethernet TCP/IP, se lo dispone para garantizar la integridad de los datos. Además, el campo de dirección Modbus (Address) es suplantado por el identificador de unidad de Modbus TCP/IP (Unit ID) y se convierte en parte de la cabecera del protocolo de aplicación Modbus (MBAP).

Como se puede observar en la Figura 3-18, los campos “Function Code” y “Data” son absorbidos en su forma original. Por lo tanto, una Unidad de Datos de Aplicación (ADU) de Modbus TCP toma la forma de una cabecera de 7 bytes (Transaction Identifier + Protocol Identifier + Length Field + Unit ID), y la

<sup>31</sup> Acromag: “Modbus TCP/IP”, Referencia Técnica.

Unidad de Protocolo de Datos (PDU) (Function Code + Data). La cabecera MBAP, con una longitud de 7 bytes, contiene los siguientes campos:

- Transaction Identifier (Identificador de Transacción): Este campo se utiliza para la identificación de sincronización de transacciones cuando se envían varios mensajes sobre la misma conexión, sin esperar una respuesta.
- Protocol Identifier (Protocolo de Identificación): este campo es siempre cero (0) para los servicios Modbus.
- Length: Este campo es un byte que cuenta la longitud de los campos restantes e incluye al byte "Unit Identifier", al byte "Function Code" y al campo "Data".
- Unit Identifier (Identificador de Unidad): este campo se utiliza para identificar un servidor remoto que se encuentra sobre una red TCP/IP. En una aplicación típica de Modbus TCP/IP, el Unit ID se encuentra entre #00 y #FF.

Los Clientes y Servidores Modbus TCP/IP envían y reciben datos Modbus a través del puerto 502 (Puerto reservado específicamente para aplicaciones Modbus). Se utiliza exclusivamente la codificación de datos "BIG ENDIAN" para direcciones y datos, es decir, cuando se transmite una cantidad numérica mayor que un byte, el byte más significativo es enviado primero. Por ejemplo:

0x1234

El dato enviado será:

0x12 0x34

### 3.5.7.1 Orientado a conexión

Modbus es un protocolo de comunicación "sin estado", esto significa que cada solicitud del maestro es tratada independientemente por el esclavo, y es considerada como una nueva solicitud no relacionada con las anteriores, haciendo de esta manera las transmisiones de datos resistentes a rupturas por

ruido y además requiriendo mínima información de recuperación para ser mantenida la transmisión en cualquiera de los dos terminales.

Las operaciones de programación esperan una comunicación orientada a conexión, es decir, los dispositivos de origen y de destino establecen un canal de comunicación antes de transferir datos.

#### Ventajas del protocolo Modbus TCP

- Es simple para administrar y expandir, no requiere usar herramientas de configuración complejas cuando se añade una nueva estación a la red.
- No es necesario equipo o software propietario de algún fabricante. Cualquier dispositivo con una pila de protocolos TCP/IP puede usar Modbus TCP.
- Es de muy alto desempeño, limitado por la capacidad del sistema operativo del computador por el cual se desea comunicar

### **3.6 Servidor OPC**

Un servidor OPC es una aplicación de software (driver) que cumple con una o más especificaciones definidas por la OPC Foundation. El servidor OPC hace de interfaz comunicando, por un lado, con una o más fuentes de datos utilizando sus protocolos nativos (PLC's, DCS's, módulos I/O, controladores, etc.) y, por el otro lado, con Clientes OPC (SCADA's, HMI's, generadores de informes, generadores de gráficos, etc.). En una arquitectura Cliente OPC / Servidor OPC, el Servidor OPC es el esclavo de la red mientras que el Cliente OPC es el maestro de la red. Las comunicaciones entre el Cliente OPC y el Servidor OPC son bidireccionales, lo que significa que los Clientes pueden leer y escribir en los dispositivos a través del Servidor OPC. En la Figura 3-19, se puede observar la forma de comunicación del servidor OPC.

Existen cuatro tipos de servidores OPC definidos por la OPC Foundation, y son los siguientes:

- Servidor OPC DA (OPC Data Access): OPC de acceso a datos, diseñado especialmente para la transmisión de datos en tiempo real.
- Servidor OPC HDA (OPC Historical Data Access): Basado en el acceso de datos historizados que provee al Cliente OPC HDA de datos históricos.
- Servidor OPC A&E Server (OPC Alarms and Events): Basado en la especificación de Alarmas y Eventos, transfiere Alarmas y Eventos desde el dispositivo Cliente OPC A&E.
- Servidor OPC UA (OPC Unified Architecture): Basado en la especificación de Arquitectura Unificada permite a los Servidores OPC trabajar con cualquier tipo de datos.

En conjunto, los tres primeros tipos de Servidores OPC se conocen como Servidores OPC “Clásicos” para distinguirlos del OPC UA, que se convertirá en la base de las futuras arquitecturas OPC.

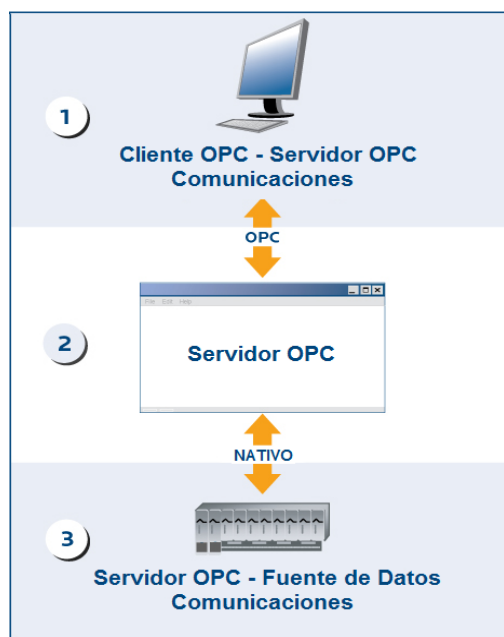


Figura 3-19 Comunicación Cliente OPC / Servidor OPC

A continuación se describen los procesos de la comunicación:

1. *Comunicaciones Cliente OPC / Servidor OPC (Servidor OPC DA, Servidor OPC HDA, Servidor OPC A&E)*

Los servidores OPC clásicos utilizan la infraestructura COM<sup>32</sup>/DCOM<sup>33</sup> de Microsoft Windows para el intercambio de datos, es decir, los Servidores OPC deben instalarse bajo el Sistema Operativo de Microsoft Windows. Un Servidor OPC puede soportar comunicaciones con múltiples Clientes OPC simultáneamente.

2. *Servidor OPC – Traducción de datos*

La función de un Servidor OPC es la de traducir datos nativos de la fuente de datos en un formato OPC que sea compatible con uno o más tipos OPC mencionados anteriormente.

3. *Servidor OPC- Comunicación Fuente de datos*

Los Servidores OPC comunican nativamente con las fuentes de datos. Las especificaciones de la OPC Foundation no determinan la forma de comunicación entre el Servidor OPC y las fuentes de datos debido a que existen gran variedad de fuentes de datos y cada uno de ellos tienen su propio protocolo de comunicación o API<sup>34</sup> que permiten la utilización de conexiones físicas (serial RS-485, RS-232, Ethernet, Wireless, redes propietarias, etc.).

---

<sup>32</sup> COM: Component Object Model. Permite la comunicación entre procesos y la creación de objetos dinámicos en distintos lenguajes de programación.

<sup>33</sup> DCOM: Distributed Component Object Model. Es una tecnología propietaria de Microsoft para la comunicación entre componentes de software distribuidos a través de ordenadores conectados en red.

<sup>34</sup> API: Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)



### 3.7 IED – POWERLOGIC ION 7650 (Schneider Electric)

#### 3.7.1 Medidores y dispositivos inteligentes de control

El ION 7650 es un analizador de redes<sup>35</sup> para montaje en tablero, que posee funcionalidades de medición, análisis de calidad de energía, facturación, eléctrica, control de cargas, ejecución de algoritmos y despliegue de gráfico de información. Tiene suficiente autonomía para comportarse como un PLC si es requerido y se comunica con otros dispositivos en protocolos abiertos haciendo uso de las interfaces más convencionales. El software de programación está enfocado al control distribuido y permite interacción con dispositivos Modbus, DNP<sup>36</sup> y Ethernet.<sup>37</sup>



Figura 3-20 Medidor ION 7650

Aplicaciones comunes del dispositivo se detallan a continuación, haciendo referencia a la Figura 3-21:

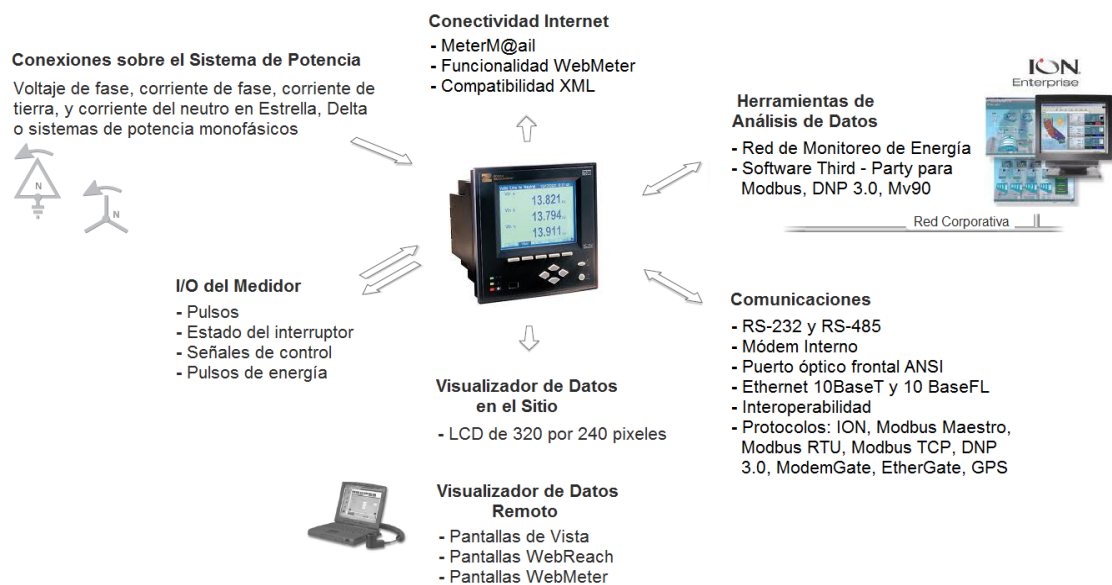
- Adquisición de mediciones

<sup>35</sup> Analizador de red: Instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas.

<sup>36</sup> DNP: Distributed Network Protocol (Protocolo de Red Distribuida).

<sup>37</sup> Administración de insumos energéticos. Schneider Electric.

- Automatización de subestación
- Monitoreo de la calidad de energía
- Operaciones de medición comercial / industrial
- Control del factor de potencia y de la demanda
- SCADA (Adquisición de datos y control supervisorio)
- Monitoreo y control de generación distribuida



**Figura 3-21 Funcionalidad del medidor ION 7650**

### 3.7.2 Características

#### 3.7.2.1 Mediciones básicas

- Voltaje / Corriente por fase, promedio y desequilibrio
- Potencia: real, reactiva, aparente
- Factor de potencia
- Frecuencia
- Energía: bidireccional, total, recibida, enviada, neta
- Demanda: de ventana, ventana rotatoria, térmica, predictiva

### **3.7.2.2 Calidad de la energía**

- Monitoreo de sags<sup>38</sup>, swells<sup>39</sup>
- Detección de transitorios
- Armonicos: par, impar, individual, total
- Flicker, datos de tiempo productivo
- Registro de grabación de formas de onda disparados por: alarmas, setpoints o programa
- Sincronización de tiempo GPS
- Despliegue en pantalla de fasores, graficas de tendencias y espectros de armónicos

### **3.7.2.3 Comunicaciones**

- Módem integrado
- Puerto Ethernet 100BaseT, 100BaseFL
- Dos puertos RS-485, uno de ellos conmutable a RS-232
- Un puerto óptico de panel frontal ANSI Tipo 2

### **3.7.2.4 Protocolos de comunicación**

- Modbus RTU maestro y esclavo en todos los puertos seriales
- DNP 3.0 en puerto serial, módem y puerto infrarrojo
- Modbus TCP/IP
- EtherGate (pasarela Ethernet)
- ModemGate (pasarela serial vía módem)
- MeterMail (datos enviados por correo electrónico desde el dispositivo)
- WebMeter (Servidor integrado en el dispositivo)

---

<sup>38</sup> Sag: Se refiere a la existencia de una reducción de voltaje por debajo de un límite definido por el usuario.

<sup>39</sup> Swell: Conocidos como sobretensiones, se refiere a la existencia de un voltaje que supera un límite superior definido por el usuario.

### **3.7.2.5 E/S**

- Cuatro entradas analógicas
- Cuatro salidas analógicas
- 16 entradas digitales
- 7 salidas digitales

### **3.7.2.6 Setpoint, alarmas y control**

- Formulas matemáticas, lógicas, trigonométricas, de registro y liberalización
- Alarmas en condiciones simples y múltiples

En el Anexo 2 del presente proyecto, se dispone de información completa y detallada de las conexiones y especificaciones técnicas del medidor inteligente ION 7650.

## **CAPÍTULO IV**

### **4 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO**

#### **4.1 SISTEMA DE MONITOREO DE ENERGÍA**

Un sistema de monitoreo de energía es una red de medidores o analizadores de red interconectados, pudiendo incluir un servidor central.

El sistema puede:

- Concentrar la información de equipos de medición y tenerla disponible en interfaces de mejor manejo.
- Generar la información de energía, demanda, factor de potencia, consumos, haciendo uso de mediciones en tiempo real.
- Generar reportes de eventos de calidad de energía (gráficos, tendencias, espectros, formas de onda).
- Enviar alarmas de comportamiento anormal en la red eléctrica, interrupciones en suministros.

#### **4.2 Configuración básica del medidor POWERLOGIC ION 7650**

La configuración básica del medidor es proporcionado por el módulo del medidor de energía, el cual es la principal conexión entre las mediciones de potencia del sistema y todos los otros módulos ION del dispositivo. Este módulo presenta los valores de voltaje, corriente y potencia medidos.

Muchos de los registros de configuración del módulo del medidor de energía se configuran cuando el medidor es inicialmente puesto en servicio. Sin embargo, el dispositivo no puede funcionar correctamente hasta que el Modo VOLTS y las relaciones PT (TT) y CT (TI) sean establecidas.

Se puede usar el panel frontal del medidor o el software ION Setup para personalizar la configuración básica del medidor.

#### 4.2.1 Configuración del medidor usando el Panel Frontal

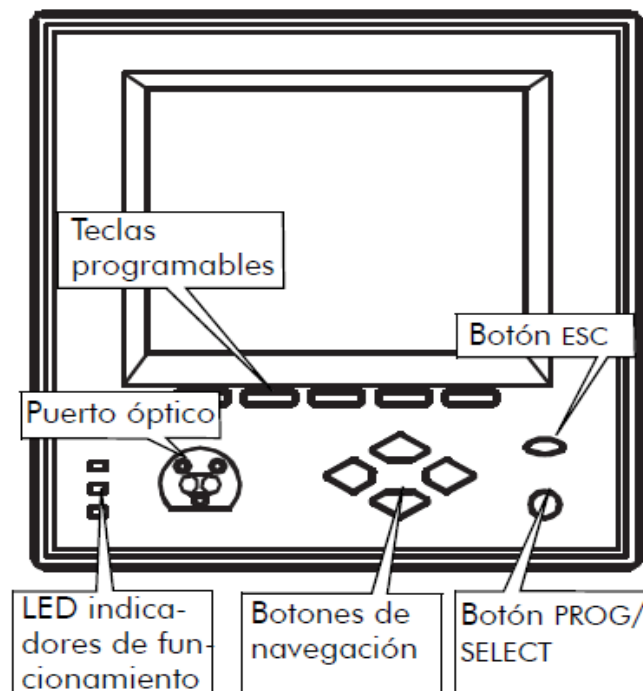


Figura 4-1 Panel frontal del medidor

En las Figura 4-2, Figura 4-3, Figura 4-4 y Figura 4-5 podemos identificar las funciones de los botones del panel frontal del medidor, que se observa en la Figura 4-1:

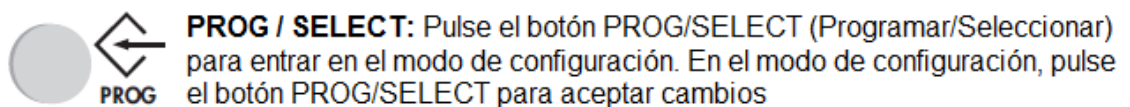


Figura 4-2 Botón PROG/SELECT

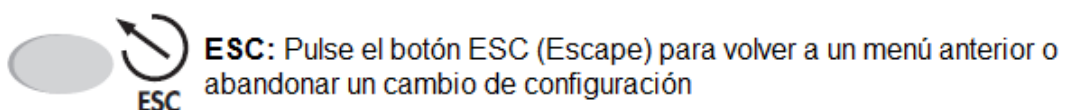
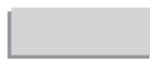


Figura 4-3 Botón ESC



**NAVEGACIÓN:** Pulse los botones de flechas ARRIBA / ABAJO para resaltar elementos de menús o incrementar / disminuir números

Figura 4-4 Botón NAVEGACIÓN



**TECLA PROGRAMABLE:** Pulse el botón TECLA PROGRAMABLE para seleccionar el parámetro que desea configurar desde los submenús

Figura 4-5 Botón TECLA PROGRAMABLE

Para configurar los parámetros deseados se debe utilizar los botones antes mencionados. El ejemplo siguiente, ilustrado en la Figura 4-6, muestra la configuración del Modo Volts utilizando el panel frontal del medidor.

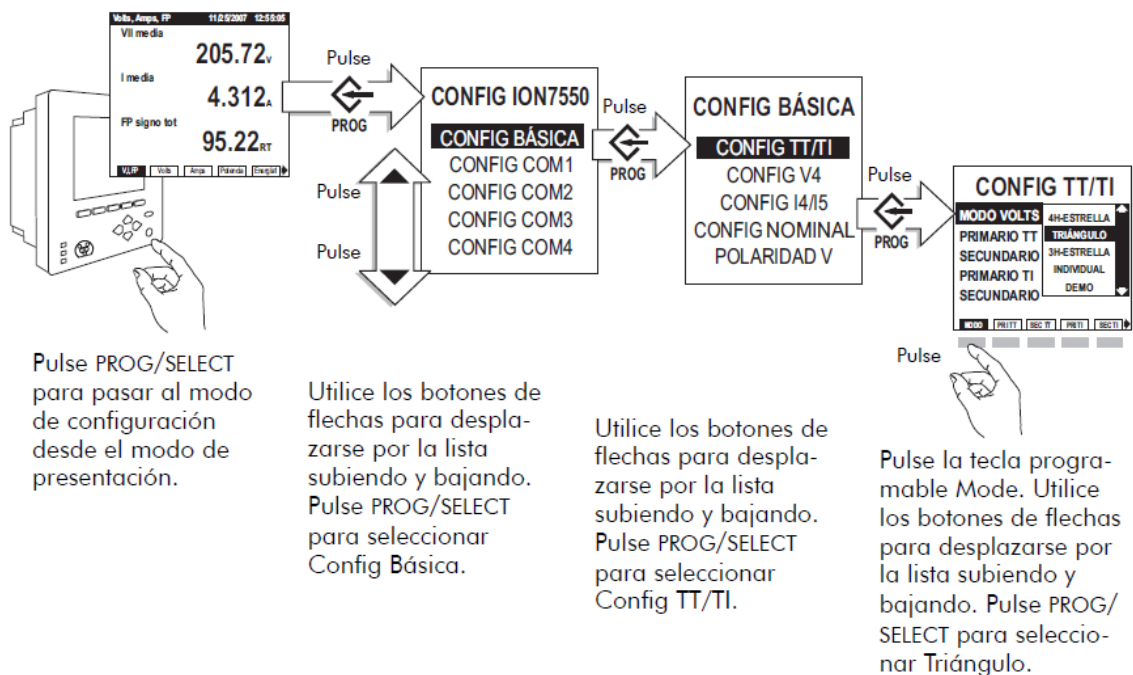


Figura 4-6 Configuración básica – Modo Volts

Para cualquier cambio en la configuración del panel frontal se requiere una contraseña, al igual que para acceder al menú “Confi Seguridad”. La contraseña que se ajusta en fábrica es “0” (cero). El panel frontal solicita la contraseña del medidor una sola vez, antes de modificar la configuración por

primera vez. La contraseña puede ser desactivada desde el menú “*Confi Seguridad*”.

#### 4.2.1.1 Ajustes de configuración del panel frontal

La Tabla 4-1 muestra todos los valores, de configuración básica, que son posibles modificar a través del panel frontal:

**Tabla 4-1 Parámetros de Configuración Básica**

Menú	Valor	Descripción	Intervalo (Valores)	Predeterminado
CONFIG BÁSICA	MODO VOLTS	Configuración del sistema de alimentación: ESTRELLA, TRIÁNGULO, etc.	4H – ESTRELLA, TRIÁNGULO, 3H – ESTRELLA, MONOFÁSICO, DEMO	4H – ESTRELLA “4W-WYE”
	PRIMARIO TT	El voltaje nominal del devanado primario del transformador de voltaje	1 a 999.999,99	120,00
	SECUNDARIO TT	El voltaje nominal del devanado secundario del transformador de voltaje	1 a 999.999,99	120,00
	PRIMARIO TI	El voltaje nominal del devanado primario del transformador de corriente	1 a 999.999,99	5,00
	SECUNDARIO TI	El voltaje nominal del devanado secundario del transformador de corriente	1 a 999.999,99	5,00
	PRIMARIO V4	El voltaje nominal del devanado primario del transformador de voltaje en V4	1 a 999,999,99	120,00
	SECUNDARIO V4	El voltaje nominal del devanado secundario del transformador de voltaje en V4	1 a 999.999,99	120,00
	PRIMARIO I4	El voltaje nominal del devanado primario del transformador en corriente en I4	1 a 999,999,99	5,00



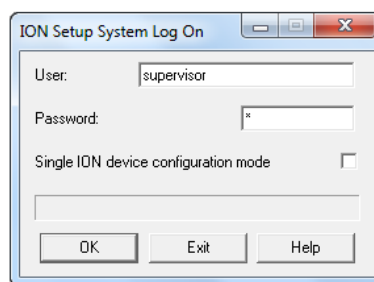
	SECUDARIO I4	El voltaje nominal del devanado secundario del transformador de corriente I4	1 a 999,999,99	5,00
	PRIMARIO I5	El voltaje del devanado primario del transformador de corriente en I5	1 a 999,999,99	5,00
	SECUNDARIO I5	El voltaje del devanado secundario del transformador de corriente en I5	1 a 999.999,99	5,00
	V NOMINAL	El voltaje nominal de V1, V2 y V3 usado en los cálculos de armónicos	1,000 a 999.999,99	120,00
	V4 NOMINAL	El voltaje nominal de V4 usado en los cálculos de armónicos	1,000 a 999.999,99	120,00
	POLARIDA Va	La polaridad del transformador de voltaje en Va	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD Vb	La polaridad del transformador de voltaje en Vb	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD Vc	La polaridad del transformador de voltaje en Vc	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD V4	La polaridad del transformador de voltaje en V4	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD Ia	La polaridad del transformador de corriente en Ia	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD Ib	La polaridad del transformador de corriente en Ib	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD Ic	La polaridad del transformador de corriente en Ic	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD I4	La polaridad del transformador de corriente en I4	Normal o Invertido	Normal
	POLARIDAD I5	La polaridad del transformador de corriente en I5	Normal o Invertido	Normal
	SONDA AMPER	El tipo de sondas amperimétricas que se utilizan con el medidor	Config Fab, Definido p Usuario p, Definido p Usuario 2	Config Fab

## 4.2.2 Configuración de dispositivos usando ION Setup

*PowerLogic ION Setup*, software gratuito desarrollado por Schneider Electric, es una herramienta de configuración de usuario amigable que ofrece un entorno intuitivo para la creación y verificación de la configuración de los medidores PowerLogic y de otros dispositivos. Los dispositivos pueden ser configurados a través de enlaces de comunicación ya sean locales o remotos.

Para la instalación del software, se debe seguir los siguientes pasos:

- Paso 1: Descargar *IONSetup.exe* del Website PowerLogic
- Ejecutar *IONSetup.exe* e ingresar el número de serie apropiado  
*Serial: 0409 – 0001 – 102 – 3574*
- Una vez instalado el software, ya se puede abrir el ION Setup para lo cual, al iniciar se tendrá una ventana de diálogo de acceso al sistema, como se puede observar en la Figura 4-8. Se tiene dos parámetros de acceso: “*User ID*” y “*Password*”. Para el campo “*User ID*”, digitar “*supervisor*” y para el campo “*Password*”, digitar “*0*” (Cero).

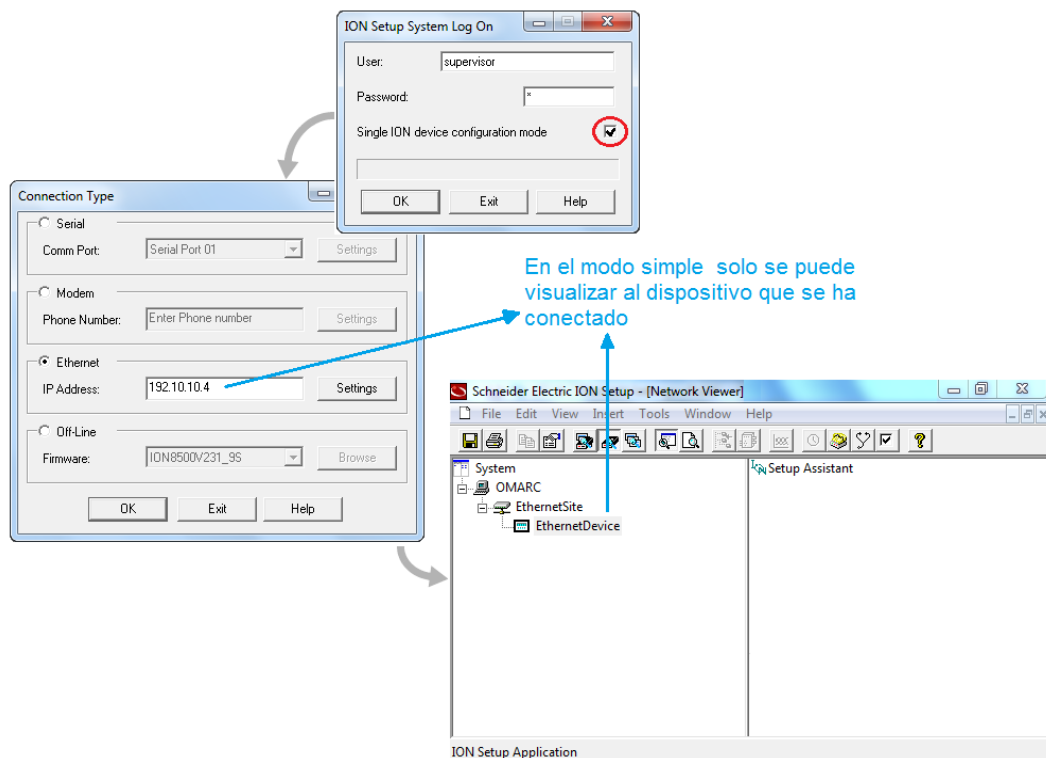


**Figura 4-7 Ventana de acceso al ION Setup**

ION Setup ofrece dos modos de funcionamiento: el modo de dispositivo simple (“*Single Mode*”) y el modo de red (“*Network Mode*”). El modo de dispositivo simple permite comunicarse, de manera muy rápida, y configurar un dispositivo (que se ha conectado). El modo de red le permite configurar múltiples dispositivos, lugares y grupos, y es muy útil si se requiere de comunicaciones frecuentes con múltiples dispositivos.

### Modo de dispositivo simple:

Al iniciar sesión en modo de dispositivo simple, aparecerá un cuadro de dialogo. Seleccione el tipo de conexión deseada, de la ventana de diálogo “*Connection Type*” e introduzca la información requerida en los campos correspondientes. Este proceso se ilustra en la Figura 4-9.

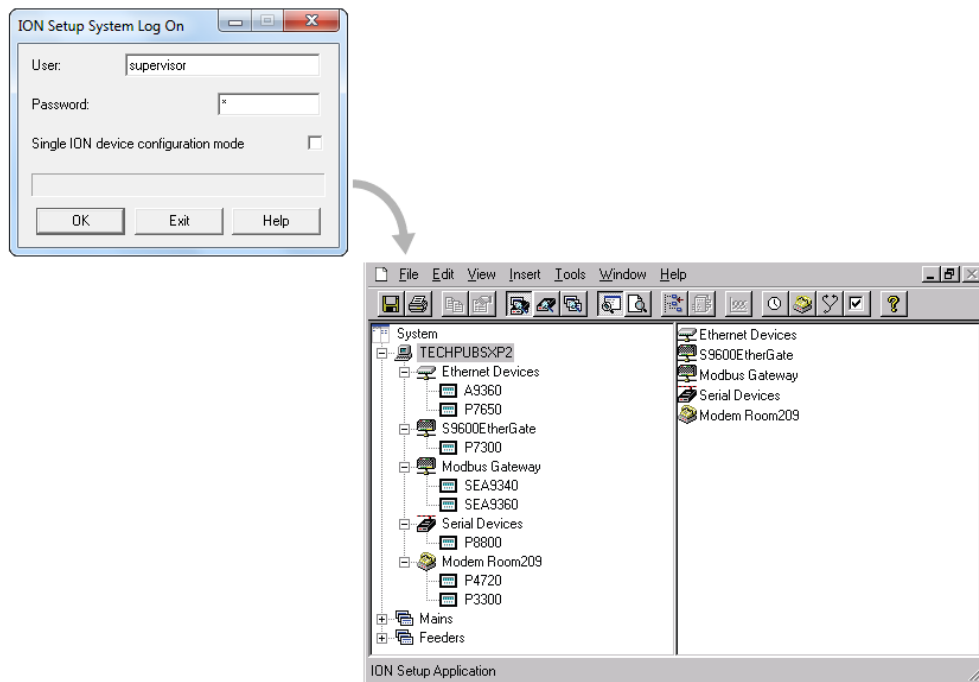


**Figura 4-8 Inicio de sesión en modo de dispositivo simple**

Cuando se tiene una comunicación Ethernet, seleccionar la opción Ethernet e introducir la dirección IP del dispositivo en el campo “*IP Address*”. Y posteriormente dar clic sobre el botón “*OK*”.

### Modo red:

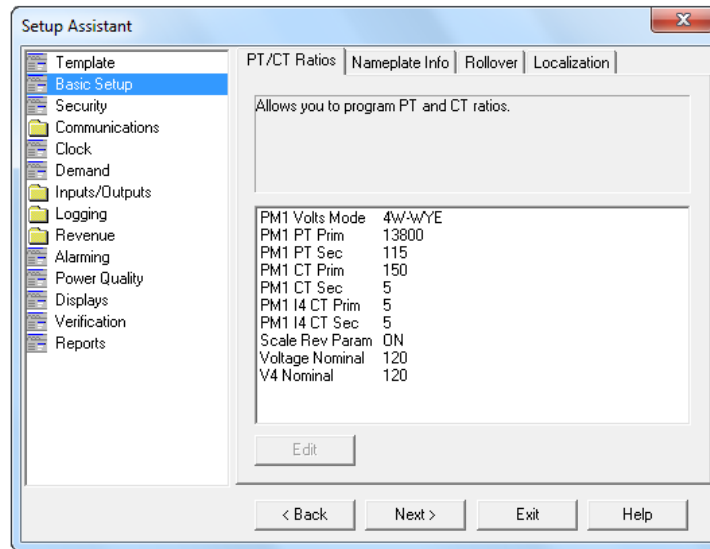
A diferencia del modo simple, el modo red permite agregar sitios, grupos y múltiples dispositivos, y guardar la configuración de red. Este proceso se ilustra en la Figura 4-9.



**Figura 4-9 Inicio de sesión en modo red**

Una vez identificados lo modos de funcionamiento del programa ION Setup, podemos continuar con el proceso de configuración básica de los medidores. El Asistente de Configuración Básica ayudará a configurar el módulo de energía.

- Paso 1: Abrir el software ION Setup y conectar el medidor, iniciando la sesión en modo de dispositivo simple.
- Paso 2: Una vez ingresado, aparece una ventana de diálogo “*Setup Assistant*” ilustrado en la Figura 4-10, ubicarse sobre “*Basic Setup*” y dar clic en la pestaña “*PT / CT Ratios*”. Este proceso permite observar la configuración de los rangos de PT y CT de conexión del medidor.



**Figura 4-10 Asistente de Configuración**

#### 4.2.2.1 Configuración básica para medidores de S/E El Calvario

Los medidores instalados en la subestación El Calvario llevan asignados, para el presente proyecto, tags de identificación los cuales se describen en la Tabla 4-2:

**Tabla 4-2 Tags de identificación – Medidores El Calvario**

Entrada / Alimentador: Nombre	Tag de Identificación
Alimentador 1: <i>Oriental (52C8-L1)</i>	ION_A1_CLV
Alimentador 2: <i>Industrial Sur (52C8-L2)</i>	ION_A2_CLV
Alimentador 3: <i>Centro Subt. (52C8-L3)</i>	ION_A3_CLV
Alimentador 4: <i>Latacunga Sur (52C8-L4)</i>	ION_A4_CLV
Entrada: <i>Illuchi 2 (52C8-T4)</i>	ION_ILL2_CLV

Una vez identificado los tags, en la Tabla 4-3 se presentan las configuraciones de cada uno de los medidores que se encuentran instalados en la subestación El Calvario.

**Tabla 4-3 Configuración básica de los medidores S/E El Calvario**

MEDIDOR ION 7650 S/E EL CALVARIO					
PT / CT Ratio	ION_A1_CLV	ION_A2_CLV	ION_A3_CLV	ION_A4_CLV	ION_ILL2_CLV
Volts Mode	4W-WYE	4W-WYE	4W-WYE	4W-WYE	4W-WYE
PT Prim	13800	13800	13800	13800	13800
PT Sec	115	115	115	115	115
CT Prim	150	300	150	150	500
CT Sec	5	5	5	5	5
I4 CT Prim	5	5	5	5	5
I4 CT Sec	5	5	5	5	5
Scale Rev Param	ON	ON	ON	ON	ON
Voltaje Nominal	120	120	120	120	120
V4 Nominal	120	120	120	120	120

#### 4.2.2.2 Configuración básica para medidores de S/E La Cocha

De igual manera, los medidores instalados en la subestación La Cocha llevan asignados, para el presente proyecto, tags de identificación los cuales se describen en la Tabla 4-4:

**Tabla 4-4 Tags de identificación – Medidores La Cocha**

Entrada / Alimentador: Nombre	Tag de Identificación
Alimentador 1: <i>Yugsiloma – San Buenaventura (52CH8-L1)</i>	ION_A1_CH
Alimentador 2: <i>Interconexión S/E Cocha S/E Calvario (52CH8-L2)</i>	ION_A2_CH
Alimentador 3: <i>Redes subt. Norte Latacunga (52CH8-L3)</i>	ION_A3_CH
Alimentador 4: <i>“Se encuentra instalado un medidor análogo” (52CH8-L4)</i>	-
Alimentador 5: <i>Latacunga Norte Aláquez (52CH8-L5)</i>	ION_A5_CH
Entrada: <i>Mulaló (52CH8-T1)</i>	ION_MLO_CH

Una vez identificado los tags, en la Tabla 4-5 se presentan las configuraciones de cada uno de los medidores que se encuentran instalados en la subestación La Cocha.

**Tabla 4-5 Configuración básica de los medidores S/E La Cocha**

MEDIDOR ION 7650 S/E LA COCHA					
PT / CT Ratio	ION_A1_CH	ION_A2_CH	ION_A3_CH	ION_A5_CH	ION_MLO_CH
Volts Mode	4W-WYE	4W-WYE	4W-WYE	4W-WYE	4W-WYE
PT Prim	13800	13800	13800	13800	13800
PT Sec	115	115	115	115	115
CT Prim	150	300	300	300	1000
CT Sec	5	5	5	5	5
I4 CT Prim	5	5	5	5	5
I4 CT Sec	5	5	5	5	5
Scale Rev Param	ON	ON	ON	ON	ON
Voltaje Nominal	120	120	120	120	120
V4 Nominal	120	120	120	120	120

### 4.3 Direccionamiento IPv4

Para poder comunicarse en una red Ethernet, cada equipo debe tener una dirección IP exclusiva. Las direcciones IPv4 se expresan por un número binario de 32 bits permitiendo un espacio de direcciones  $2^{32}$  posibles. Las direcciones IP se pueden expresar como números de notación decimal: se dividen los 32 bits de la dirección en cuatro octetos, cada uno de ellos puede oscilar entre 0 y 255.

Una dirección IP está formada por dos partes: ID de red que identifica el segmento de red en el que está ubicado el equipo; y el ID de host que identifica al equipo o dispositivo dentro de un segmento de red, como se observa en la Tabla 4-6.

**Tabla 4-6 Identificación de la clase de dirección IP**

Clase	Dirección IP	ID de Red	Valor de W
A	W,X,Y,Z	W,0,0,0	1 – 126
B	W,X,Y,Z	W,X,0,0	128 – 191
C	W,X,Y,Z	W,X,Y,0	192 – 223
D	Utilizada para multidifusión		224 – 239
E	Uso futuro		240 – 254

La ID de red 127.0.0.0 está reservada para pruebas de conectividad.

*Clase A:* Esta clase permite 126 redes, utilizando el primer octeto para ID de red. Los tres octetos restantes se utilizan para ID de host, permitiendo 167.77.214 host por red.

*Clase B:* Esta clase permite 16.384 redes, utilizando los dos primeros octetos para ID de red. Los dos octetos siguientes se utilizan para ID de host, permitiendo 65.534 hosts por red.

*Clase C:* Esta clase permite aproximadamente 2.097.152 redes utilizando los tres primeros octetos para ID de red. El octeto restante se utiliza para ID de host, permitiendo 254 hosts por red.

Para el diseño de la nuestra red, tenemos 5 medidores inteligentes ION 7650 y una PC (host de monitoreo) instalados en la subestación El Calvario; 5 medidores inteligentes ION 7650 instalados en la subestación La Cocha para los cuales se realizará el direccionamiento IP. Como la cantidad de hosts (medidores y PC) de nuestra red es pequeña, el tipo de la red Clase C es la más conveniente.

El ID de red, clase C, para nuestra red es: 192.10.10.0.

#### 4.3.1 Direccionamiento IP para medidores S/E El Calvario

A partir del ID de red especificado, en las tablas Tabla 4-7 y Tabla 4-8, tenemos la configuración IP de los equipos instalados en la subestación El Calvario.

**Tabla 4-7 Configuración IP – Medidores S/E El Calvario**

	MEDIDOR ION 7650 S/E EL CALVARIO				
PARÁMETRO	ION_A1_CLV	ION_A2_CLV	ION_ILL2_CLV	ION_A3_CLV	ION_A4_CLV
DIRECCIÓN IP	192.10.10.2	192.10.10.3	192.10.10.4	192.10.10.5	192.10.10.6
MÁSCARA DE SUBRED	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
ID DE RED	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0
GATEWAY	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1



**Tabla 4-8 Configuración IP - PC de monitoreo S/E El Calvario**

PARÁMETRO	PC DE MONITOREO
DIRECCIÓN IP	192.10.10.10
MÁSCARA DE SUBRED	255.255.255.0
ID DE RED	192.10.10.0
GATEWAY	192.10.10.1

### 4.3.2 Direccionamiento IP para medidores S/E La Cocha

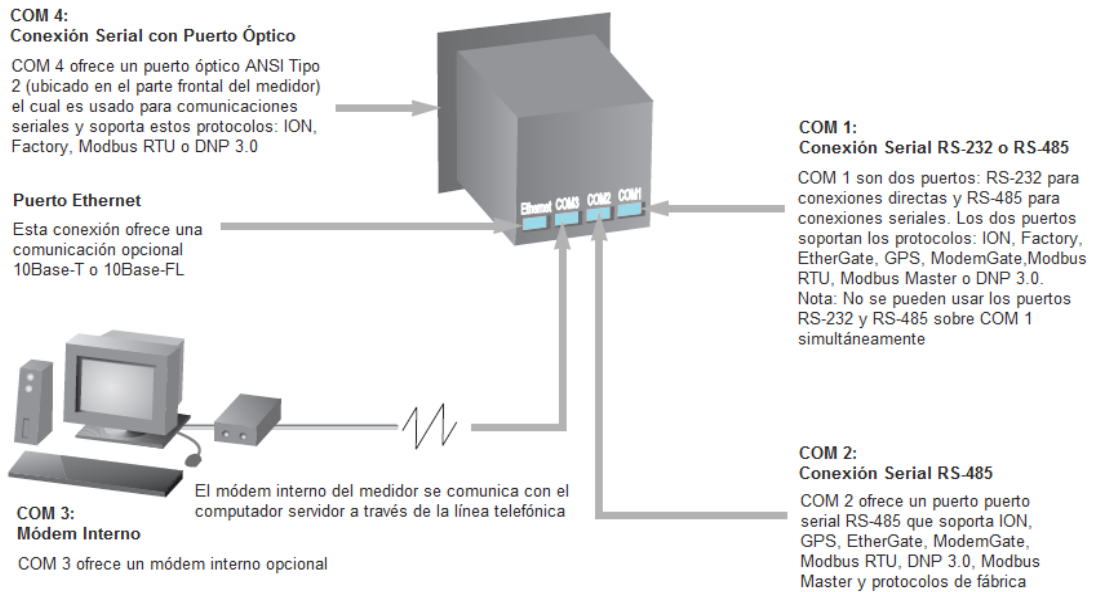
Manteniendo el ID de red especificado, en la Tabla 4-9 tenemos la configuración de los equipos instalados en la subestación La Cocha.

**Tabla 4-9 Configuración IP – Medidores S/E La Cocha**

	MEDIDOR ION 7650 S/E LA COCHA				
PARÁMETRO	ION_A1_CH	ION_A2_CH	ION_A3_CH	ION_MLO_CH	ION_A5_CH
DIRECCIÓN IP	192.10.10.11	192.10.10.12	192.10.10.13	192.10.10.14	192.10.10.15
MÁSCARA DE SUBRED	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
ID DE RED	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0
GATEWAY	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1

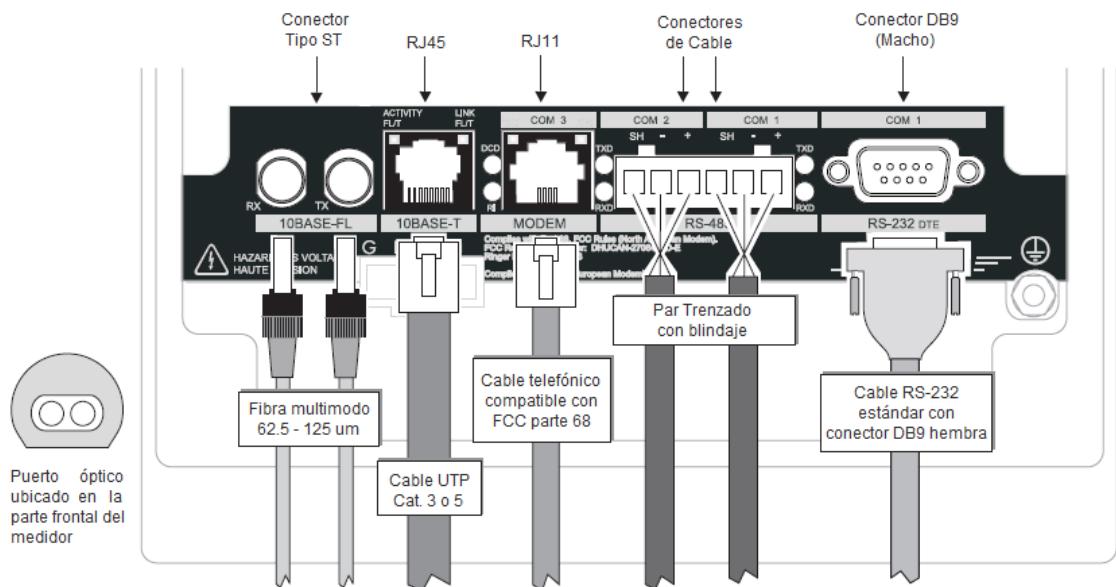
### 4.3.3 Comunicaciones con el medidor ION 7650

La Figura 4-11, permite observar todas las conexiones posibles de comunicación que puede implementarse con el medidor ION 7650.



**Figura 4-11 Puertos de comunicaciones del medidor ION 7650**

La Figura 4-12 proporciona una referencia de conexión en los puertos de la tarjeta de comunicación ubicada en la parte posterior del medidor.



**Figura 4-12 Conexión sobre los puertos de comunicación**

### 4.3.3.1 Conexión Ethernet

El medidor dispone de dos opciones de puerto Ethernet disponibles: un puerto 10Base-T con un conector modular RJ45 o un puerto 10Base-FL con dos conectores tipo ST. Estos conectores se encuentran instalados en los puertos de la tarjeta de comunicaciones. En la Figura 4-13 se puede observar los puertos de conexión Ethernet, ubicados en la tarjeta de comunicaciones del medidor. El puerto Ethernet:

- Puede trabajar a velocidades de datos de hasta los 10 Mbits/s
- Soporta protocolos TCP/IP, ION, Telnet, DNP 3.0 y Modbus TCP
- Es controlado por el módulo de comunicaciones ETH1.

Nota: Al usar la opción FL, se deshabilita el puerto estándar RJ45.

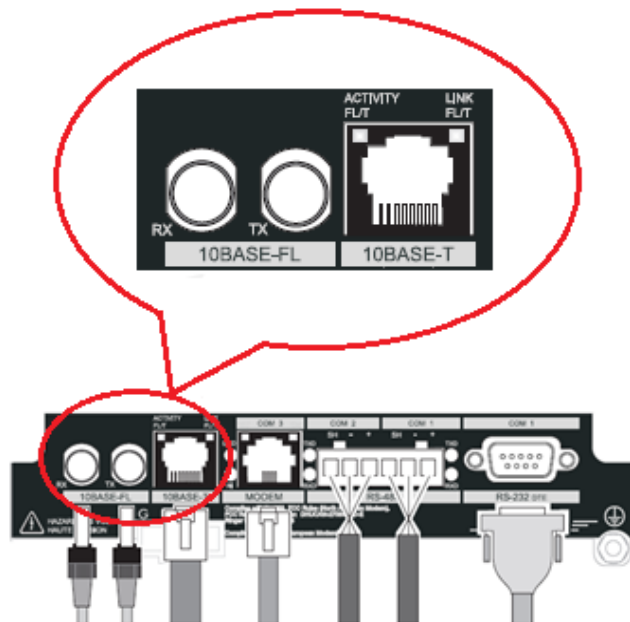


Figura 4-13 Conectores modulares Ethernet – Tarjeta de Comunicación

Los puertos de servicio Ethernet TCP/IP, con los que trabaja el medidor ION 7650 se indican en la Tabla 4-10.

**Tabla 4-10 Puertos de servicio Ethernet**

Protocolo	Puerto
ION	7700
Modbus RTU	7701
Modbus TCP	502
EtherGate (COM1)	7801
EtherGate (COM2)	7802
DNP TCP	20.000
SMTP	25 (Configurable)

#### **4.3.3.2 Configuración de la comunicación del medidor**

La configuración de la comunicación es típicamente establecida cuando el medidor es inicialmente puesto en servicio. Un solo módulo de comunicación controla a cada uno de los puertos de comunicación. La configuración de los módulos de registro definen los parámetros usados por cada puerto, estos parámetros varían de acuerdo al tipo de canal de comunicación que se desea utilizar. La Tabla 4-11 indica los módulos de comunicación.

**Tabla 4-11 Control de los módulos de comunicación**

Nombre del Módulo	Configuración
Comm 1	Seleccionable RS-232 o RS-458 en COM1
Comm 2	Puerto de alta velocidad RS-485 en COM2
Comm 3	Módem interno en COM3
Comm 4	Puerto óptico en COM4
Ethernet	Puertos 10Base-T o 10Base-FL

Se puede utilizar el panel frontal del medidor o el programa ION Setup para configurar inicialmente las comunicaciones del medidor.

### 4.3.3.3 Configuración de las comunicaciones Ethernet

Para habilitar las comunicaciones a través del puerto Ethernet del medidor, se debe configurar el módulo de comunicaciones Ethernet. La dirección IP, la máscara de subred, el Gateway (puerta de enlace), el servidor SMTP y los registros de configuración del SMTP Connection Timeout deben coincidir con el sistema sobre el cual se va a poner en funcionamiento al dispositivo.

*Usando el Panel Frontal:*

La configuración de Ethernet se encuentra en “*Network Setup*” (Configuración de red). Los parámetros que se pueden configurar se muestran en la Tabla 4-12:

**Tabla 4-12 Parámetros de configuración Ethernet por panel frontal**

MENÚ	VALOR	DESCRIPCIÓN	INTERVALO (VALORES)
CONFIG RED	DIRECCIÓN IP	Define la dirección IP para el medidor	000.000.000.000 a 999.999.999.999
	MÁSCARA DE SUBRED	Se utiliza si la conexión de subred es aplicable a la red	000.000.000.000 a 999.999.999.999
	GATEWAY	Se utiliza en múltiples configuraciones de red	000.000.000.000 a 999.999.999.999
	DNS PRIMARIO	Establece la dirección del servidor de DNS primario que está configurado para resolver los nombres de dominio	000.000.000.000 a 999.999.999.999
	DNS SECUNDARIO	Establece la dirección del servidor de DNS secundario que está configurado para resolver los nombres de dominio	000.000.000.000 a 999.999.999.999

Se debe utilizar los botones de navegación del panel frontal para modificar los valores de los parámetros de red de acuerdo a las direcciones del sistema.

Mientras se configura las direcciones de red, el panel frontal oculta automáticamente los ceros a la izquierda de cada grupo de tres dígitos. Los ceros a la izquierda aparecen y desaparecen a medida que se mueve la posición del cursor a través de la dirección de red. En la Figura 4-14, se puede

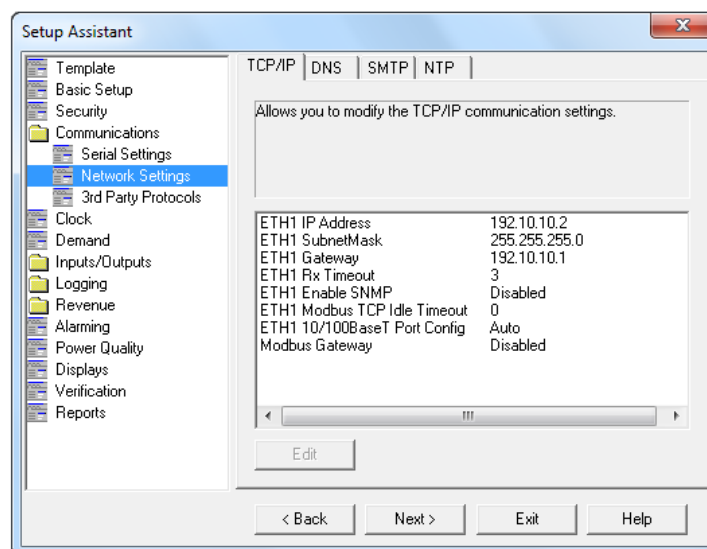
identificar el cero que aparece en el instante en que se ubica el cursor en esa posición.

# 192.10.10.002

**Figura 4-14 Posición del cero a la izquierda al configurar la dirección de red**

Usando el ION Setup:

- Paso 1: Abrir el software ION Setup y conectar el medidor, iniciando sesión en modo de dispositivo simple
- Paso 2: Una vez ingresado, aparece una ventana de diálogo “Setup Assistant” ilustrado en la Figura 4-15, ubicarse sobre la carpeta “Communications”
- Dar clic sobre la carpeta “Network Settings” para configurar las comunicaciones Ethernet



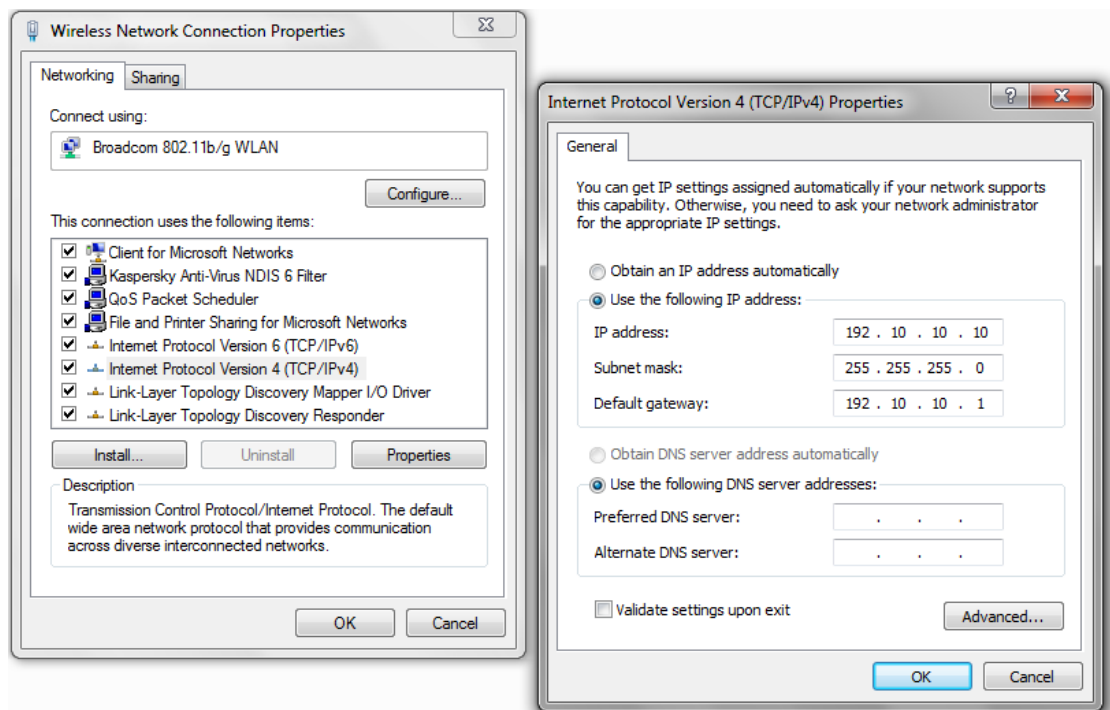
**Figura 4-15 Asistente de configuración – Configuración de red**

- Dar clic sobre las distintas pestañas TCP/IP, DNS, SMTP, NTP para configurar el medidor. Para cambiar la configuración, seleccionar el parámetro y dar clic sobre el botón “Edit”.

La configuración de red de los medidores de la subestación El Calvario, se pueden observar en la Tabla 4-13; y la configuración de red de la PC de monitoreo se puede observar en la Figura 4-16.

**Tabla 4-13 Configuración de red – Medidores S/E El Calvario**

PARÁMETRO	MEDIDOR ION 7650 S/E EL CALVARIO				
	ION_A1_CLV	ION_A2_CLV	ION_ILL2_CLV	ION_A3_CLV	ION_A4_CLV
IP Address	192.10.10.2	192.10.10.3	192.10.10.4	192.10.10.5	192.10.10.6
SubnetMask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
Gateway	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1
Rx Timeout	3	3	3	3	3
Enable SNMP	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
Modbus TCP Idle Timeout	0	0	0	0	0
10/100BaseT Port Config	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto
Modbus Gateway	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled



**Figura 4-16 Configuración de red – PC de monitoreo**

La configuración de red de los medidores de la subestación La Cocha, se pueden observar en la Tabla 4-14.

**Tabla 4-14 Configuración de red – Medidores S/E La Cocha**

	MEDIDOR ION 7650 S/E EL CALVARIO				
PARÁMETRO	ION_A1_CH	ION_A2_CH	ION_A3_CH	ION_MLO_CH	ION_A5_CH
IP Address	192.10.10.11	192.10.10.12	192.10.10.13	192.10.10.14	192.10.10.15
SubnetMask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
Gateway	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1
Rx Timeout	3	3	3	3	3
Enable SNMP	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
Modbus TCP Idle Timeout	0	0	0	0	0
10/100BaseT Port Config	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto
Modbus Gateway	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled

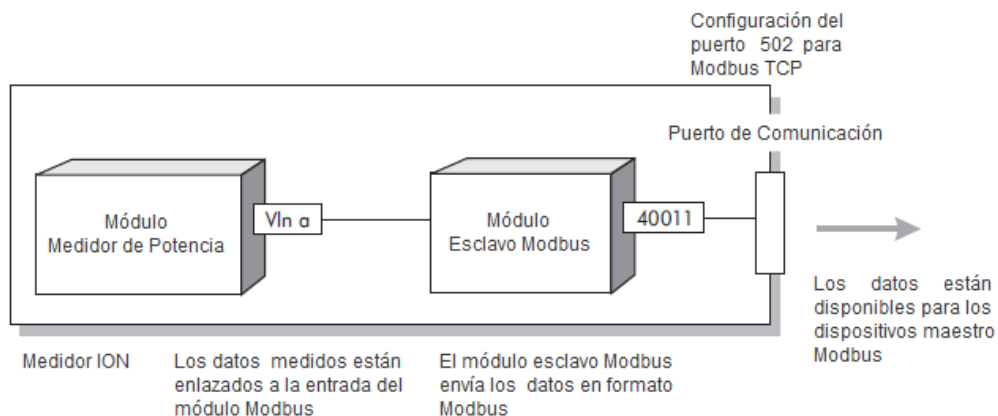
#### 4.4 Protocolo de comunicación Modbus TCP

Como se tiene conocimiento, el medidor ION 7650 soporta el protocolo de comunicación Modbus TCP. El medidor está configurado, de fábrica, para enviar datos (actuar como esclavo Modbus). Para que el medidor actúe como maestro Modbus, se debe establecer una configuración necesaria.

Al actuar los medidores como dispositivos esclavos Modbus, todos los datos en tiempo real están disponibles a través del Modicon Modbus. El dispositivo master Modbus conectado al medidor o a la red de medidores puede acceder (leer) a los datos o escribir datos en los registros ION de cada medidor, haciendo cambios de configuración o iniciando acciones de control.

El medidor tiene los datos disponibles para los dispositivos master Modbus usando módulos esclavos Modbus preconfigurados. Estos módulos están relacionados con otros módulos del medidor los cuales proporcionan datos de energía, potencia, demanda, etc. Una vez que el canal está configurado para utilizar el protocolo Modbus TCP, los datos están disponibles para los dispositivos master Modbus. Estos módulos se pueden identificar en la Figura 4-17.

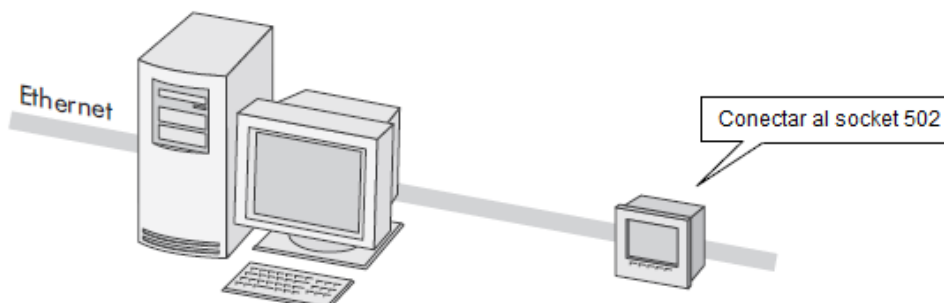




**Figura 4-17 Módulos del medidor ION para Modbus TCP**

#### 4.4.1 Uso del protocolo Modbus TCP

Modbus TCP es una variante del protocolo abierto Modbus (inicialmente llamada MBAP<sup>40</sup>) que define la estructura de paquetes y el puerto de conexión (puerto de servicio 502) del protocolo estándar TCP/IP. La estructura de Modbus TCP es muy similar al paquete Modbus RTU excepto que tiene un adicional de seis bytes de cabecera y no utiliza la comprobación de redundancia cíclica (CRC). Modbus TCP mantiene el límite de Modbus RTU de 256 bytes en un paquete de aplicación. Es posible la comunicación con el medidor usando Modbus TCP, conectándolo al puerto Ethernet, socket 502 como se ilustra en la Figura 4-18, el cual está reservado para Modbus TCP.



**Figura 4-18 Esquema de conexión para Modbus TCP**

<sup>40</sup> MBAP: Modbus Application Protocol (Protocolo de Aplicación Modbus)

## 4.4.2 Módulos del Esclavo Modbus

El medidor ION 7650 está pre configurado con cinco módulos, y con la opción EN50160 se añaden 11 módulos adicionales.

### 4.4.2.1 Módulo Amp / Freq / Unbal

Este módulo contiene los registros en los cuales se tiene los datos de corriente (“Amp”), frecuencia (“Freq”) y desbalance o desequilibrio (“Unbal”). Estos registros se detallan en la Tabla 4-15 y Tabla 4-16.

**Tabla 4-15 Propiedades del módulo Amp / Freq / Unbal**

Formato de dato:	16 bits sin signo	InZero:	0
Dirección Base:	40150	FullZero:	6,000
Escalamiento:	Si	OutZero:	0
		OutFull:	60,000

**Tabla 4-16 Registros Modbus del módulo Amp / Freq / Unbal**

Entrada	Registro Modbus	Parámetro
Source #1	40150	Ia
Source #2	40151	Ib
Source #3	40152	Ic
Source #4	40153	I4
Source #5	40154	I5
Source #6	40155	I avg (I promedio)
Source #7	40156	I avg mn (I promedio mínima)
Source #8	40157	I avg mx (I promedio máxima)
Source #9	40158	I avg mean (I promedio media)
Source #10	40159	Freq (Frecuencia)
Source #11	40160	Freq mn (Frecuencia mínima)
Source #12	40161	Freq mx (Frecuencia máxima)
Source #13	40162	Freq mean (Frecuencia media)
Source #14	40163	V unbal (Voltaje desbalance)
Source #15	40164	I unbal (Corriente desbalance)
Source #16	40165	Phase Rev

#### 4.4.2.2 Módulo Volts

Este módulo contiene los registros en los cuales se tiene los datos de voltaje. Estos registros se detallan en la Tabla 4-17 y Tabla 4-18.

**Tabla 4-17 Propiedades del módulo Volts**

Formato de dato:	32 bits sin signo	InZero:	0
Dirección Base:	40166	FullZero:	1,000,000
Escalamiento:	No	OutZero:	0
		OutFull:	10,000,000

**Tabla 4-18 Registros Modbus del módulo Volts**

Entrada	Registro Modbus	Parámetro
Source #1	40166 a 40167	VIn a (Voltaje línea a)
Source #2	40168 a 40169	VIn b (Voltaje línea b)
Source #3	40170 a 40171	VIn c (Voltaje línea c)
Source #4	40172 a 40173	VIn avg (Voltaje línea promedio)
Source #5	40174 a 40175	VIn avg mx (Voltaje línea promedio máximo)
Source #6	40176 a 40177	
Source #7	40178 a 40179	VII ab (Voltaje línea – línea ab)
Source #8	40180 a 40181	VII bc (Voltaje línea – línea bc)
Source #9	40182 a 40183	VII ca (Volyaje línea – línea ca)
Source #10	40184 a 40185	VII avg (Voltaje línea – línea promedio)
Source #11	40186 a 40187	VII avg mx (Voltaje línea – línea promedio máximo)
Source #12	40188 a 40189	VII mean (Voltaje línea – línea medio)

#### 4.4.2.3 Módulo kW / kVAr / kVA

Este módulo contiene los registros en los cuales se tiene los datos de la potencia: activa (“kW”), reactiva (“kVAr”) y aparente (“kVA”). Estos registros se detallan en la Tabla 4-19 y Tabla 4-20.

**Tabla 4-19 Propiedades del módulo kW / kVAr / kVA**

Formato de dato:	32 bits con signo	InZero:	-1,000,000,000
Dirección Base:	40198	FullZero:	1,000,000,000
Escalamiento:	No	OutZero:	-1,000,000
		OutFull:	1,000,000

**Tabla 4-20 Registros Modbus del módulo kW / kVAr / kVA**

Entrada	Registro Modbus	Parámetro
Source #1	40198 a 40199	kW a (Potencia activa línea a)
Source #2	40200 a 40201	kW b (Potencia activa línea b)
Source #3	40202 a 40203	kW c (Potencia activa línea c)
Source #4	40204 a 40205	kW tot (Potencia activa total)
Source #5	40206a 40207	kW tot mx (Potencia activa total máxima)
Source #6	40208 a 40209	kVAR a (Potencia reactiva línea a)
Source #7	40210 a 40211	kVAR b (Potencia reactiva línea b)
Source #8	40212 a 40213	kVAR c (Potencia reactiva línea c)
Source #9	40214 a 40215	kVAR tot (Potencia reactiva total)
Source #10	40216 a 40217	kVAR tot mx (Potencia reactiva total máxima)
Source #11	40218 a 40219	kVA a (Potencia aparente línea a)
Source #12	40220 a 40221	kVA b (Potencia aparente línea b)
Source #13	40222 a 40223	kVA c (Potencia aparente línea c)
Source #14	40224 a 40225	kVA tot (Potencia aparente total)
Source #15	40226 a 40227	kVA tot mx (Potencia aparente total máxima)

#### 4.4.2.4 Módulo kWh / kVArh

Este módulo contiene los registros en los cuales se tiene los datos de la energía: activa (kWh) y reactiva (kVArh). Estos registros se detallan en la Tabla 4-21 y Tabla 4-22.

**Tabla 4-21 Propiedades del módulo kWh/ kVArh**

Formato de dato:	32 bits con signo	InZero:	-1,000,000,000
Dirección Base:	40230	FullZero:	1,000,000,000
Escalamiento:	No	OutZero:	-1,000,000
		OutFull:	1,000,000

**Tabla 4-22 Registros Modbus del módulo kWh / kVArh**

Entrada	Registro Modbus	Parámetro
Source #1	40230 a 40231	kWh del (Energía activa entregada)
Source #2	40232 a 40233	kWh rec (Energía activa recibida)
Source #3	40234 a 40235	kWVAR del (Energía reactiva entregada)
Source #4	40236 a 40237	kWVAR rec (Energía reactiva recibida)
Source #5	40238 a 40239	kWVAh del + rec (Energía aparente entregada y recibida)

#### 4.4.2.5 Módulo PF / THD / K Factor

Este módulo contiene los registros en los cuales se tiene los datos del factor de potencia (“PF”), la distorsión armónica total (“THD”) y el factor K (“K Factor”). Estos registros se detallan en la Tabla 4-23 y Tabla 4-24.

**Tabla 4-23 Propiedades del módulo PF / THD / K Factor**

Formato de dato:	16 bits con signo	InZero:	-100
Dirección Base:	40262	FullZero:	100
Escalamiento:	No	OutZero:	-10,000
		OutFull:	10,000

**Tabla 4-24 Registros Modbus del módulo PF / THD / K Factor**

Entrada	Registro Modbus	Parámetro
Source #1	40262	PF sign a
Source #2	40263	PF sign b
Source #3	40264	PF sign c
Source #4	40265	PF sign tot
Source #5	40266	V1 THD mx
Source #6	40267	V2 THD mx
Source #7	40268	V3 THD mx
Source #8	40269	I1 THD mx
Source #9	40270	I2 THD mx
Source #10	40271	I3 THD mx
Source #11	40272	I1 K Factor
Source #12	40273	I2 K Factor
Source #13	40274	I3 K Factor
Source #14	40275	I1 Crest Factor
Source #15	40276	I2 Crest Factor
Source #16	40277	I3 Crest Factor

Los módulos adicionales, que integran el medidor ION 7650 de acuerdo con la opción EN60150, se pueden encontrar en el anexo 3 del presente documento.

Para cada medidor ION instalado en las subestaciones ya mencionadas, se identifican los registros de cada uno de los módulos Modbus en los cuales se encuentran almacenados los datos que interesan en el desarrollo del sistema de monitoreo.

Sin embargo, el manual “PowerLogic ION 7550 7650 User Guide”/ Chapter 7: “Third-party Protocols”/“Modbus Slave Modules”, lista direcciones Modbus con cinco dígitos. El servidor de E/S, I/O Server, de Labview utiliza direcciones Modbus con seis dígitos.

Ahora bien, las direcciones de Modbus algunas veces se listan con los últimos cuatro dígitos como offset. Entonces es posible agregar ceros, “0”, para rellenar entre el primer y segundo dígito de la dirección Modbus de cinco dígitos para formar una dirección de seis dígitos válida, como se indica en la Figura 4-19.



**Figura 4-19 Dirección Modbus de 6 dígitos**

Si el manual sugiera utilizar la dirección 40002 para comunicarse con un registro analógico, se deberá utilizar la dirección 400002 en la versión de LabView 8.0 o versión superior el cual utiliza el servidor de E/S Modbus.

Las direcciones de los registros Modbus que se seleccionaron, se detallan en la Tabla 4-25.

**Tabla 4-25 Descripción de los registros Modbus del medidor ION 7650**

Registro Modbus	Descripción	Tipo de Dato <sup>41</sup>
<i>Corriente</i>		
400150	la	U16
400151	lb	U16
400152	lc	U16
400155	lavg	U16
<i>Frecuencia</i>		
400159	Frecuencia	U16
<i>Voltaje</i>		
400178	VII ab	U16
400179	VII ab	U16
400180	VII bc	U16
400181	VII bc	U16
400182	VII ca	U16
400183	VII ca	U16
400184	VII avg	U16
400185	VII avg	U16
<i>Potencia</i>		
400204	kW total	I16
400205	kW total	I16
400214	kVAR total	I16
400215	kVAR total	I16
400224	kVA total	I16
400225	kVA total	I16
<i>Energía</i>		
400230	kWh entregados	I16
400231	kWh entregados	I16
400234	kVARh entregados	I16
400235	kVARh entregados	I16
<i>Factor de Potencia</i>		
400265	PF total	I16

<sup>41</sup> Tipo de dato: Es una restricción impuesta para la interpretación/manipulación/representación de datos. (Prefijo: U=Unisigned, I=Signed; Tamaño en bits del dato: 16, 32, etc.)

Las direcciones de los registros Modbus, para cada uno de los medidores de la subestación El Calvario se detallan en la Tabla 4-26.

**Tabla 4-26 Direcciones de registros Modbus – S/E El Calvario**

MEDIDORES ION 7650 S/E EL CALVARIO					
REG. MODBUS	ION_A1_CLV	ION_A2_CLV	ION_ILL2_CLV	ION_A3_CLV	ION_A4_CLV
<i>Corriente</i>					
400150	Ia_A1_CLV	Ia_A2_CLV	Ia_ILL2_CLV	Ia_A3_CLV	Ia_A4_CLV
400151	Ib_A1_CLV	Ib_A2_CLV	Ib_ILL2_CLV	Ib_A3_CLV	Ib_A4_CLV
400152	Ic_A1_CLV	Ic_A2_CLV	Ic_ILL2_CLV	Ic_A3_CLV	Ic_A4_CLV
400155	Iavg_A1_CLV	Iavg_A2_CLV	Iavg_ILL2_CLV	Iavg_A3_CLV	Iavg_A4_CLV
<i>Frecuencia</i>					
400159	Freq_A1_CLV	Freq_A2_CLV	Freq_ILL2_CLV	Freq_A3_CLV	Freq_A4_CLV
<i>Voltaje</i>					
400178	Vab(H)_A1_CLV	Vab(H)_A2_CLV	Vab(H)_ILL2_CLV	Vab(H)_A3_CLV	Vab(H)_A4_CLV
400179	Vab(L)_A1_CLV	Vab(L)_A2_CLV	Vab(L)_ILL2_CLV	Vab(L)_A3_CLV	Vab(L)_A4_CLV
400180	Vbc(H)_A1_CLV	Vbc(H)_A2_CLV	Vbc(H)_ILL2_CLV	Vbc(H)_A3_CLV	Vbc(H)_A4_CLV
400181	Vbc(L)_A1_CLV	Vbc(L)_A2_CLV	Vbc(L)_ILL2_CLV	Vbc(L)_A3_CLV	Vbc(L)_A4_CLV
400182	Vca(H)_A1_CLV	Vca(H)_A2_CLV	Vca(H)_ILL2_CLV	Vca(H)_A3_CLV	Vca(H)_A4_CLV
400183	Vca(L)_A1_CLV	Vca(L)_A2_CLV	Vca(L)_ILL2_CLV	Vca(L)_A3_CLV	Vca(L)_A4_CLV
400184	Vllavg(H)_A1_CLV	Vllavg(H)_A2_CLV	Vllavg(H)_ILL2_CLV	Vllavg(H)_A3_CLV	Vllavg(H)_A4_CLV
400185	Vllavg(L)_A1_CLV	Vllavg(L)_A2_CLV	Vllavg(L)_ILL2_CLV	Vllavg(L)_A3_CLV	Vllavg(L)_A4_CLV
<i>Potencia</i>					
400204	kW(H)_A1_CLV	kW(H)_A2_CLV	kW(H)_ILL2_CLV	kW(H)_A3_CLV	kW(H)_A4_CLV
400205	kW(L)_A1_CLV	kW(L)_A2_CLV	kW(L)_ILL2_CLV	kW(L)_A3_CLV	kW(L)_A4_CLV
400214	kVAR(H)_A1_CLV	kVAR(H)_A2_CLV	kVAR(H)_ILL2_CLV	kVAR(H)_A3_CLV	kVAR(H)_A4_CLV
400215	kVAR(L)_A1_CLV	kVAR(L)_A2_CLV	kVAR(L)_ILL2_CLV	kVAR(L)_A3_CLV	kVAR(L)_A4_CLV
400224	kVA(H)_A1_CLV	kVA(H)_A2_CLV	kVA(H)_ILL2_CLV	kVA(H)_A3_CLV	kVA(H)_A4_CLV
400225	kVA(L)_A1_CLV	kVA(L)_A2_CLV	kVA(L)_ILL2_CLV	kVA(L)_A3_CLV	kVA(L)_A4_CLV
<i>Energía</i>					
400230	kWh(H)_A1_CLV	kWh(H)_A2_CLV	kWh(H)_ILL2_CLV	kWh(H)_A3_CLV	kWh(H)_A4_CLV
400231	kWh(L)_A1_CLV	kWh(L)_A2_CLV	kWh(L)_ILL2_CLV	kWh(L)_A3_CLV	kWh(L)_A4_CLV
400234	kVARh(H)_A1_CLV	kVARh(H)_A2_CLV	kVARh(H)_ILL2_CLV	kVARh(H)_A3_CLV	kVARh(H)_A4_CLV
400235	kVARh(L)_A1_CLV	kVARh(L)_A2_CLV	kVARh(L)_ILL2_CLV	kVARh(L)_A3_CLV	kVARh(L)_A4_CLV
<i>Factor de Potencia</i>					
400265	PF_A1_CLV	PF_A2_CLV	PF_ILL2_CLV	PF_A3_CLV	PF_A4_CLV

Las direcciones de los registros Modbus, para cada uno de los medidores de la subestación La Cocha se detallan en la Tabla 4-27.



**Tabla 4-27 Direcciones de registros Modbus – S/E La Cocha**

MEDIDORES ION 7650 S/E EL CALVARIO					
REG. MODBUS	ION_A1_CH	ION_A2_CH	ION_A3_CH	ION_MLO_CH	ION_A5_CH
<i>Corriente</i>					
400150	Ia_A1_CH	Ia_A2_CH	Ia_A3_CH	Ia_MLO_CH	Ia_A5_CH
400151	Ib_A1_CH	Ib_A2_CH	Ib_A3_CH	Ib_MLO_CH	Ib_A5_CH
400152	Ic_A1_CH	Ic_A2_CH	Ic_A3_CH	Ic_MLO_CH	Ic_A5_CH
400155	Iavg_A1_CH	Iavg_A2_CH	Iavg_A3_CH	Iavg_MLO_CH	Iavg_A5_CH
<i>Frecuencia</i>					
400159	Freq_A1_CH	Freq_A2_CH	Freq_A3_CH	Freq_MLO_CH	Freq_A5_CH
<i>Voltaje</i>					
400178	Vab(H)_A1_CH	Vab(H)_A2_CH	Vab(H)_A3_CH	Vab(H)_MLO_CH	Vab(H)_A5_CH
400179	Vab(L)_A1_CH	Vab(L)_A2_CH	Vab(L)_A3_CH	Vab(L)_MLO_CH	Vab(L)_A5_CH
400180	Vbc(H)_A1_CH	Vbc(H)_A2_CH	Vbc(H)_A3_CH	Vbc(H)_MLO_CH	Vbc(H)_A5_CH
400181	Vbc(L)_A1_CH	Vbc(L)_A2_CH	Vbc(L)_A3_CH	Vbc(L)_MLO_CH	Vbc(L)_A5_CH
400182	Vca(H)_A1_CH	Vca(H)_A2_CH	Vca(H)_A3_CH	Vca(H)_MLO_CH	Vca(H)_A5_CH
400183	Vca(L)_A1_CH	Vca(L)_A2_CH	Vca(L)_A3_CH	Vca(L)_MLO_CH	Vca(L)_A5_CH
400184	Vllavg(H)_A1_CH	Vllavg(H)_A2_CH	Vllavg(H)_A3_CH	Vllavg(H)_MLO_CH	Vllavg(H)_A5_CH
400185	Vllavg(L)_A1_CH	Vllavg(L)_A2_CH	Vllavg(L)_A3_CH	Vllavg(L)_MLO_CH	Vllavg(L)_A5_CH
<i>Potencia</i>					
400204	kW(H)_A1_CH	kW(H)_A2_CH	kW(H)_A3_CH	kW(H)_MLO_CH	kW(H)_A5_CH
400205	kW(L)_A1_CH	kW(L)_A2_CH	kW(L)_A3_CH	kW(L)_MLO_CH	kW(L)_A5_CH
400214	kVAR(H)_A1_CH	kVAR(H)_A2_CH	kVAR(H)_A3_CH	kVAR(H)_MLO_CH	kVAR(H)_A5_CH
400215	kVAR(L)_A1_CH	kVAR(L)_A2_CH	kVAR(L)_A3_CH	kVAR(L)_MLO_CH	kVAR(L)_A5_CH
400224	kVA(H)_A1_CH	kVA(H)_A2_CH	kVA(H)_A3_CH	kVA(H)_MLO_CH	kVA(H)_A5_CH
400225	kVA(L)_A1_CH	kVA(L)_A2_CH	kVA(L)_A3_CH	kVA(L)_MLO_CH	kVA(L)_A5_CH
<i>Energía</i>					
400230	kWh(H)_A1_CH	kWh(H)_A2_CH	kWh(H)_A3_CH	kWh(H)_MLO_CH	kWh(H)_A5_CH
400231	kWh(L)_A1_CH	kWh(L)_A2_CH	kWh(L)_A3_CH	kWh(L)_MLO_CH	kWh(L)_A5_CH
400234	kVARh(H)_A1_CH	kVARh(H)_A2_CH	kVARh(H)_A3_CH	kVARh(H)_MLO_CH	kVARh(H)_A5_CH
400235	kVARh(L)_A1_CH	kVARh(L)_A2_CH	kVARh(L)_A3_CH	kVARh(L)_MLO_CH	kVARh(L)_A5_CH
<i>Factor de Potencia</i>					
400265	PF_A1_CH	PF_A2_CH	PF_A3_CH	PF_MLO_CH	PF_A5_CH

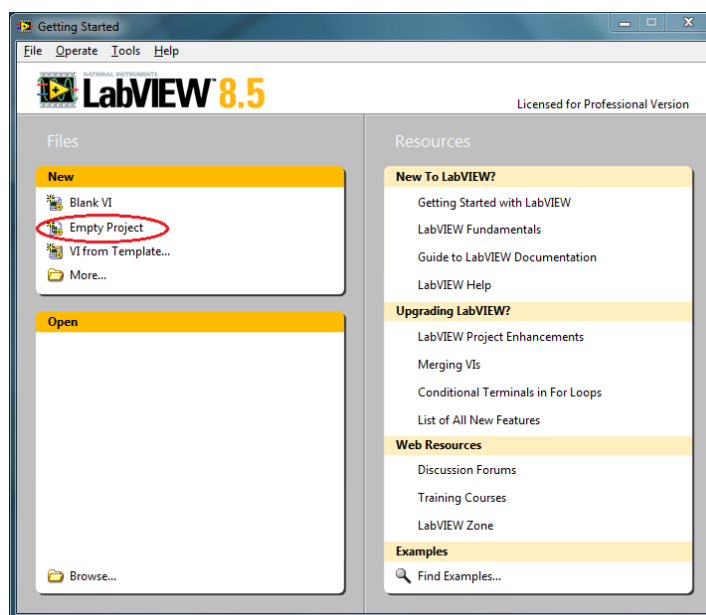
#### 4.5 Servidor E/S - Labview DSC 8.5

El módulo de LabVIEW Dataloggin ans Supervisory Control (DSC) para LabVIEW 8.5 incluye soporte para Modbus mediante un servidor E/S Modbus (Modbus I/O Server). Este módulo permite la comunicación de registros de Modbus con variables compartidas.

### 4.5.1 Creación del Servidor E/S

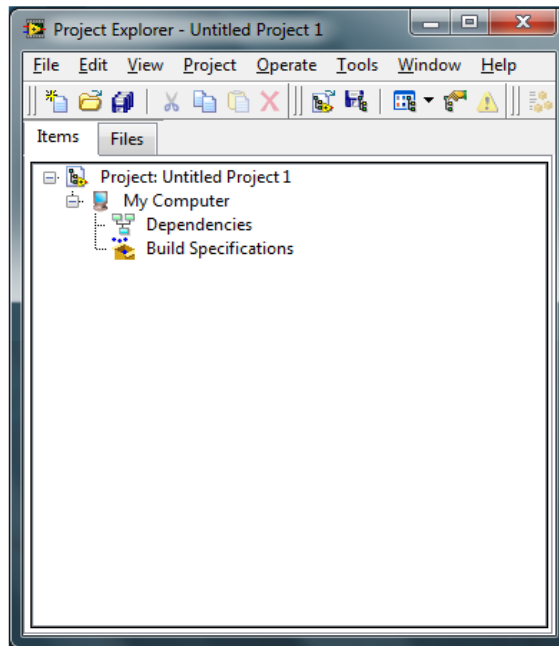
Para la creación del I/O Server del proyecto, se tiene los siguientes pasos a seguir:

1. Abrir LabView 8.5. Crear un proyecto vacío, como se puede observar en la Figura 4-20.



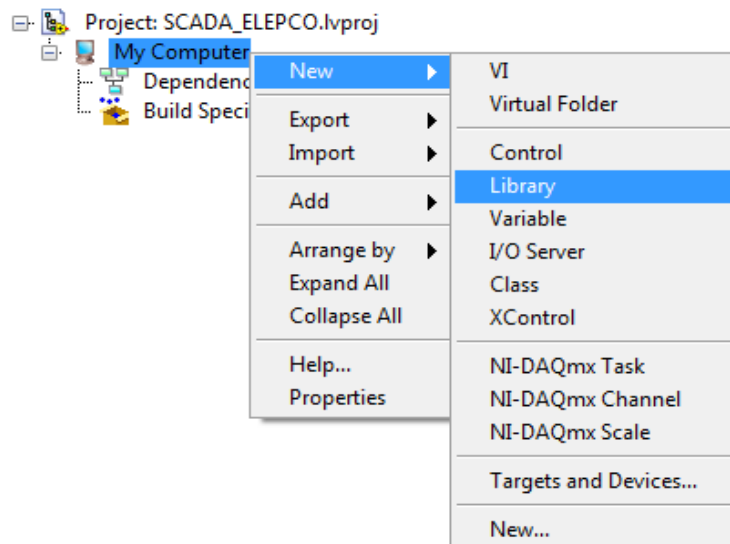
**Figura 4-20 Creación de un proyecto vacío**

Se despliega una ventana, la cual pertenece al explorador del proyecto creado, como se puede observar en la Figura 4-21. Dentro del proyecto se añadirán todos los componentes que se vayan a crear, como pueden ser librerías, VIs, SubVIs, controles, etc. Para actualizar el proyecto, se debe guardar cada vez que se modifique o se añada algún componente al proyecto.



**Figura 4-21 Explorador del proyecto**

2. Crear una librería nueva, como se observa en la Figura 4-22. Automáticamente se añade la nueva librería al proyecto.



**Figura 4-22 Creación de una librería**

3. Crear el I/O Server, como se puede observar en la Figura 4-23.

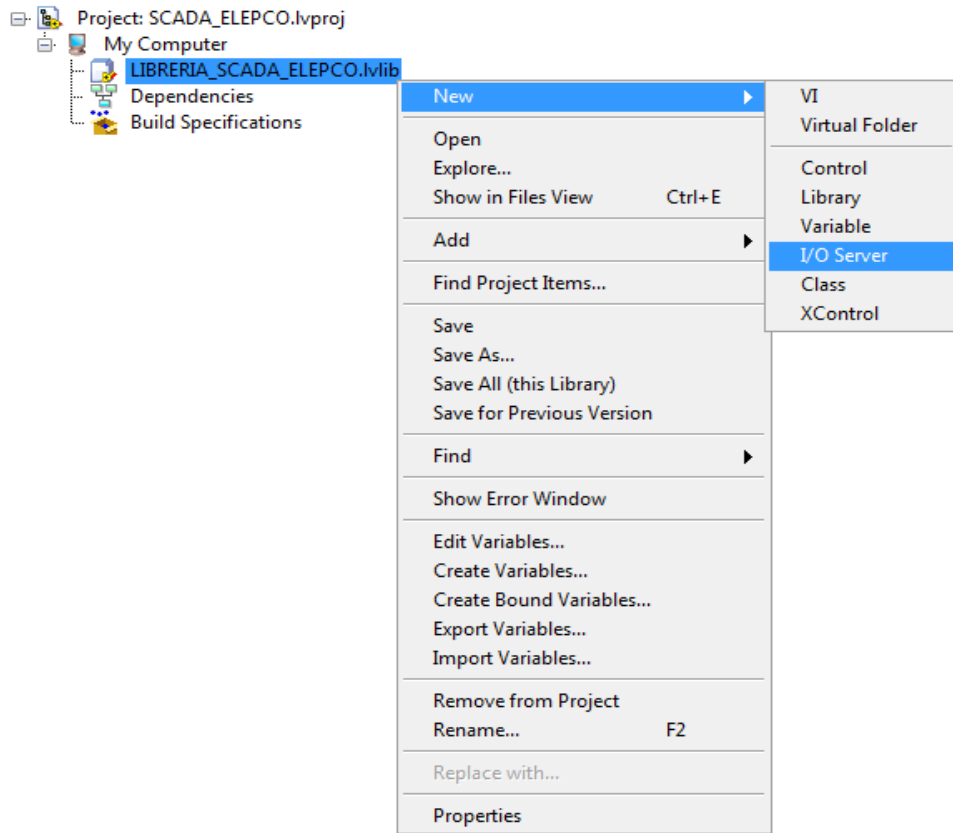


Figura 4-23 Creación del I/O Server

Seleccionar “Modbus” como nuevo ION Server, como se puede observar en la Figura 4-24.

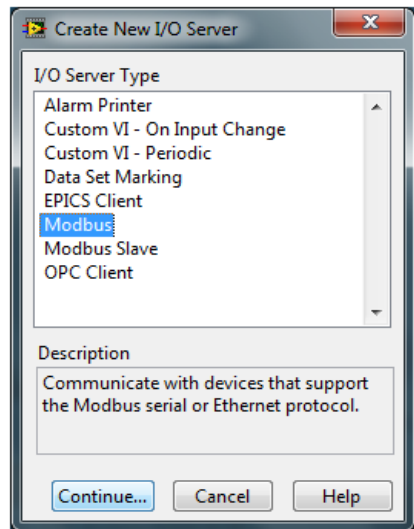
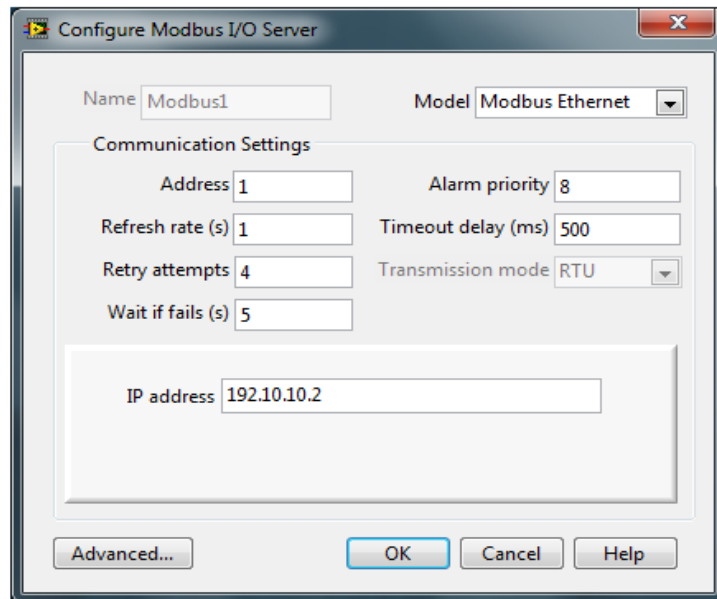


Figura 4-24 Selección del Modbus I/O Server

El siguiente paso es configurar el I/O Server de acuerdo a los requerimientos de nuestro sistema. Esta configuración se realiza sobre la ventana que se observa en la Figura 4-25. Configurar el I/O Server, modificando los siguientes parámetros: “Name”, “Model<sup>42</sup>” e “IP address”.

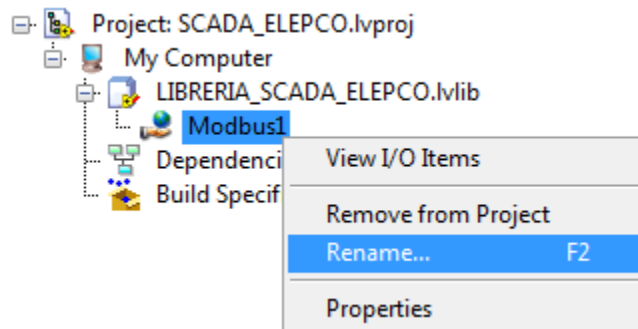


**Figura 4-25 Configuración del Modbus I/O Server**

Al I/O Server creado, se debe reemplazar el nombre por su respectiva etiqueta y dirección IP. Estos parámetros se referencian en las tablas: Tabla 4-7 y Tabla 4-9.

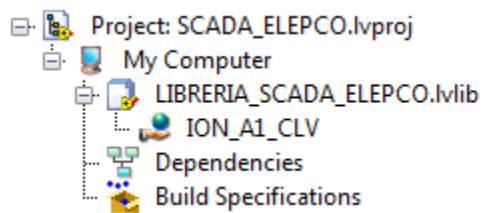
Para cambiar el nombre, se debe seguir el procedimiento como se observa en la Figura 4-26.

<sup>42</sup> Model: Parámetro de configuración del I/O Server Modbus. Para todos los I/O Server que se creen, seleccionar siempre *Modbus Ethernet*.



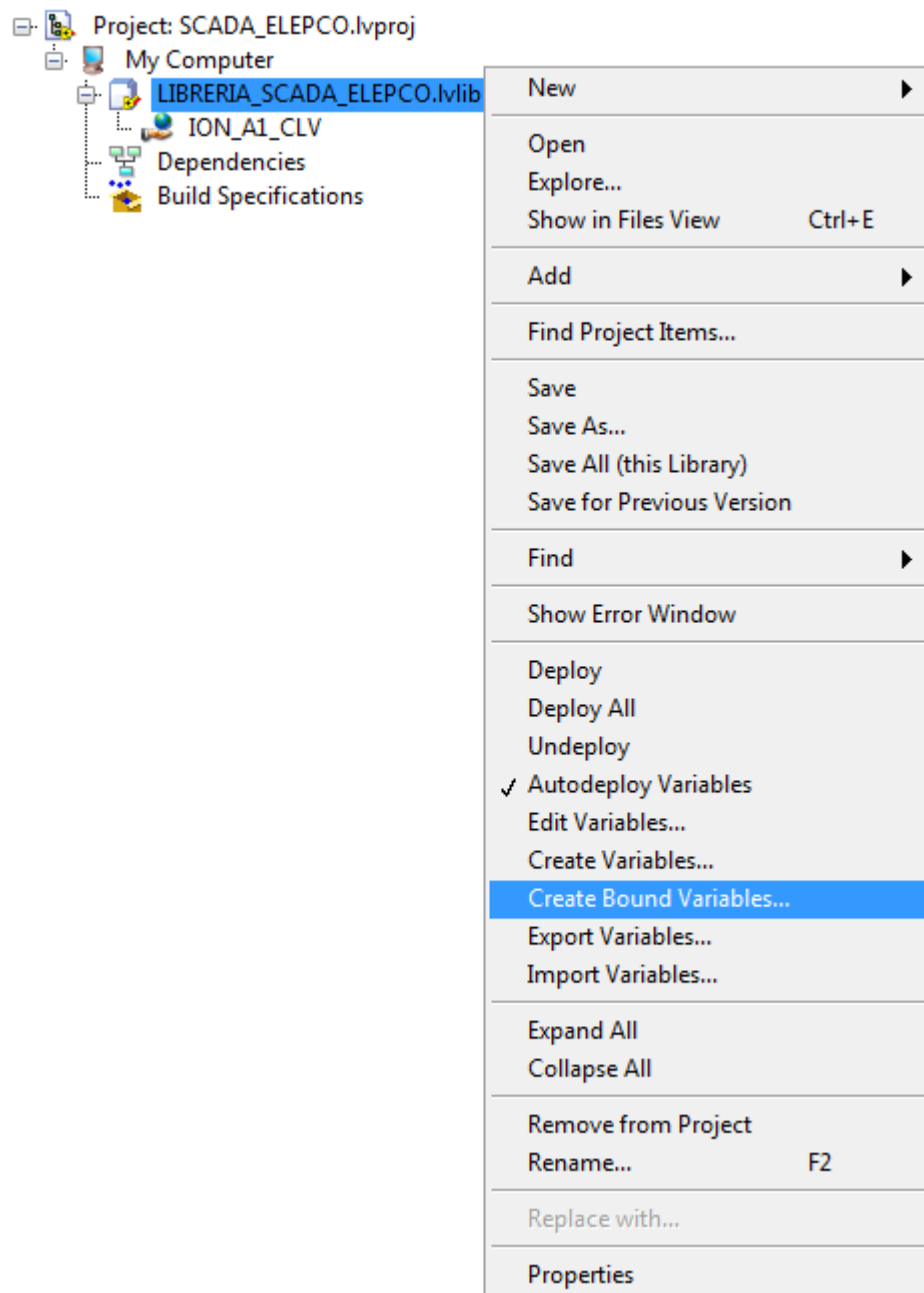
**Figura 4-26 Cambio de nombre del Modbus I/O Server**

Para aceptar el cambio, presionar la tecla “ENTER”. El nombre se quedará automáticamente almacenado, como se observa en la Figura 4-27.



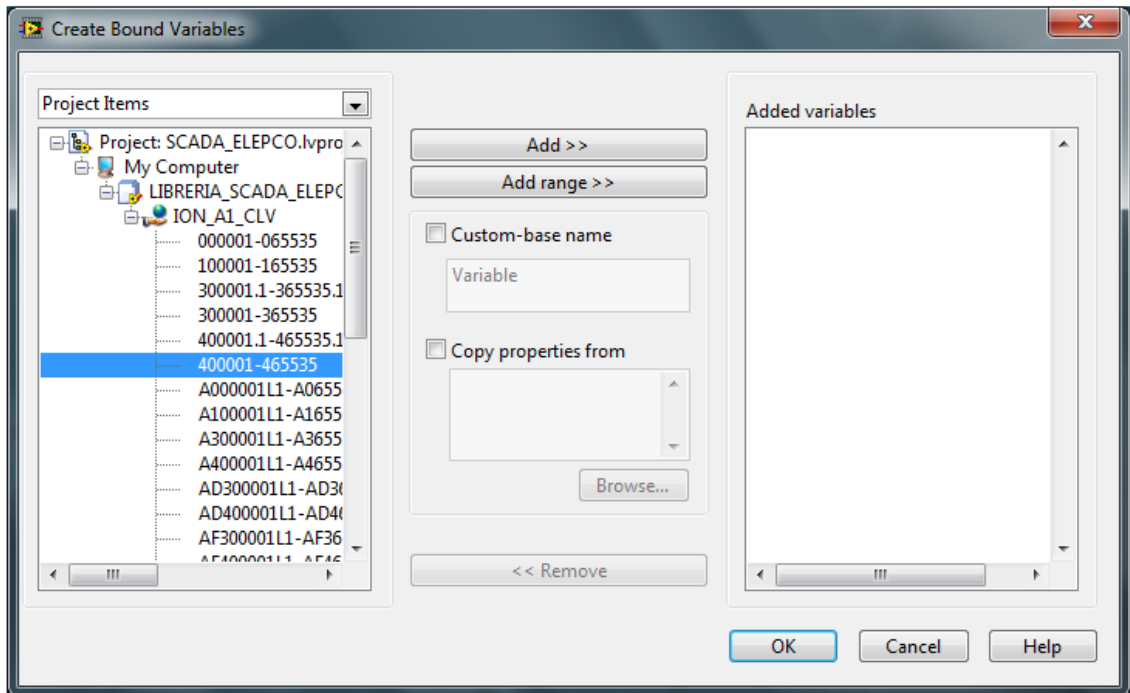
**Figura 4-27 Estructura jerárquica con el Modbus I/O Server**

4. Crear las variables compartidas (“Bound Variables”) para el I/O Server, como se observa en la Figura 4-28.



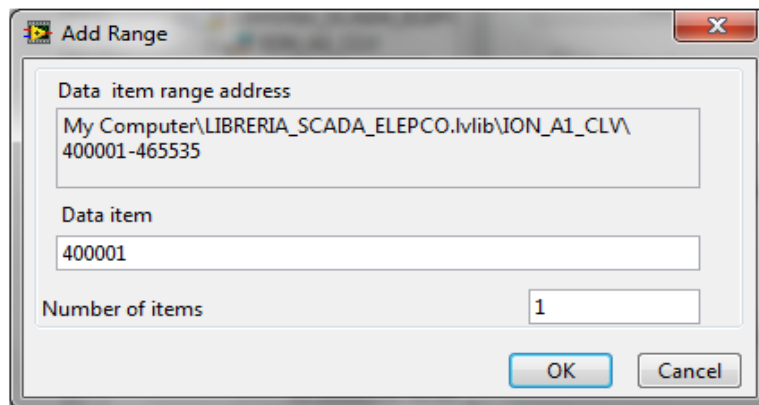
**Figura 4-28 Creación de las variables compartidas**

Desplegar del I/O Server todos los registros Modbus y seleccionar el rango que contiene las direcciones de los registros que se seleccionaron anteriormente, como se observa en la Figura 4-29.



**Figura 4-29 Direcciones de los registros Modbus del I/O Server**

Presionar clic sobre el botón **Add range >>** y se despliega la ventana que se indica en la Figura 4-30. Ingresar la dirección de los registros Modbus seleccionados para añadir al proyecto.



**Figura 4-30 Selección de las direcciones Modbus requeridas**

Una vez que se han seleccionado las variables, aceptar el rango de variables agregadas al proyecto, como se observa en la Figura 4-31.



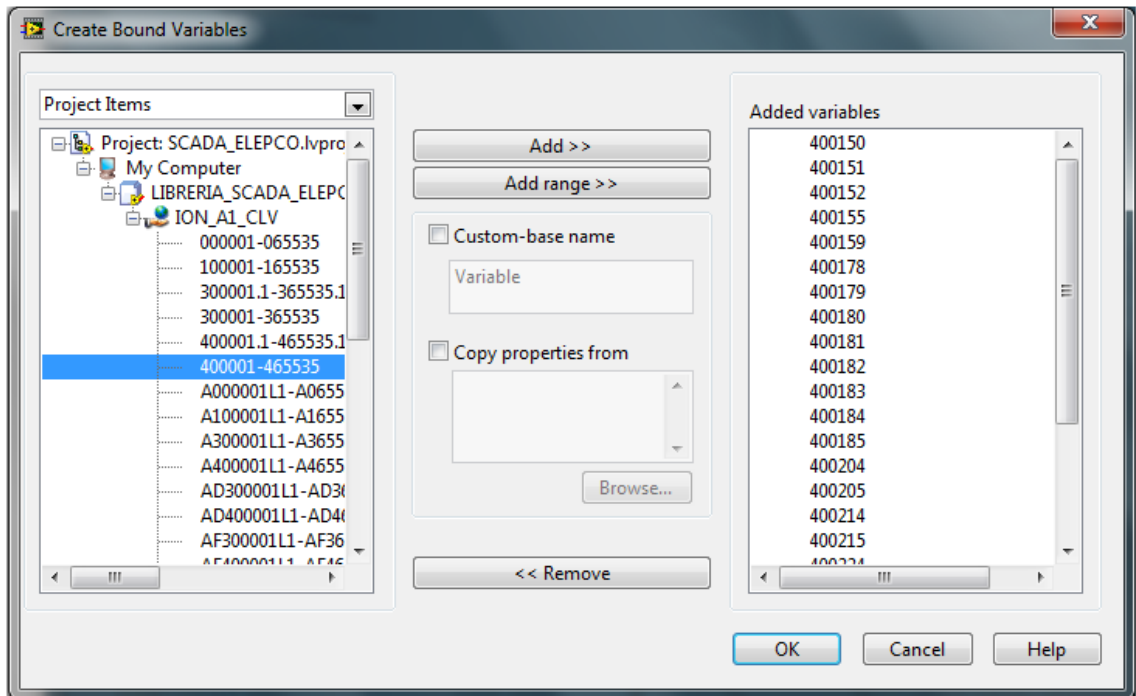


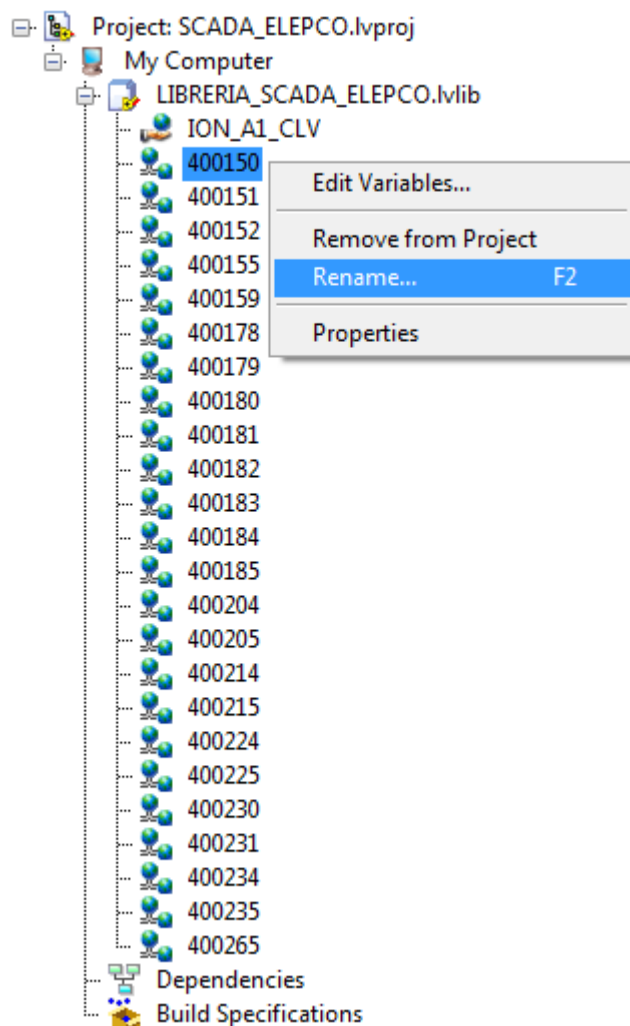
Figura 4-31 Variables compartidas para añadir al proyecto

En la ventana denominada “Multiple Variable Editor” se detalla las características de las variables compartidas agregadas al proyecto, como se puede observar en la Figura 4-32.

	Path	Name	Data Type	Var Type	Network: Buffering	Network: Buffer size	Network: Bind to Source	Network: Access Type	Network: Binding Type	Network: Project Path	Network: Writers	Logging: Enable	Alarming: Enable	Description: Enable	Security: Enable
400150	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400150	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400150	Multiple Writers	off	off	off	off
400151	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400151	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400151	Multiple Writers	off	off	off	off
400152	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400152	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400152	Multiple Writers	off	off	off	off
400155	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400155	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400155	Multiple Writers	off	off	off	off
400159	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400159	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400159	Multiple Writers	off	off	off	off
400178	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400178	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400178	Multiple Writers	off	off	off	off
400179	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400179	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400179	Multiple Writers	off	off	off	off
400180	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400180	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400180	Multiple Writers	off	off	off	off
400181	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400181	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400181	Multiple Writers	off	off	off	off
400182	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400182	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400182	Multiple Writers	off	off	off	off
400183	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400183	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400183	Multiple Writers	off	off	off	off
400184	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400184	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400184	Multiple Writers	off	off	off	off
400185	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400185	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400185	Multiple Writers	off	off	off	off
400204	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400204	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400204	Multiple Writers	off	off	off	off
400205	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400205	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400205	Multiple Writers	off	off	off	off
400214	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400214	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400214	Multiple Writers	off	off	off	off
400215	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400215	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400215	Multiple Writers	off	off	off	off
400224	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400224	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400224	Multiple Writers	off	off	off	off
400225	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400225	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400225	Multiple Writers	off	off	off	off
400230	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400230	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400230	Multiple Writers	off	off	off	off
400231	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400231	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400231	Multiple Writers	off	off	off	off
400234	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400234	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400234	Multiple Writers	off	off	off	off
400235	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400235	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400235	Multiple Writers	off	off	off	off
400265	...uter\LIBRERIA_SCADA_ELEPCO.lvb\	400265	UInt16	Network	on	50	on	read/write	Project	..._A1_CLV\400265	Multiple Writers	off	off	off	off

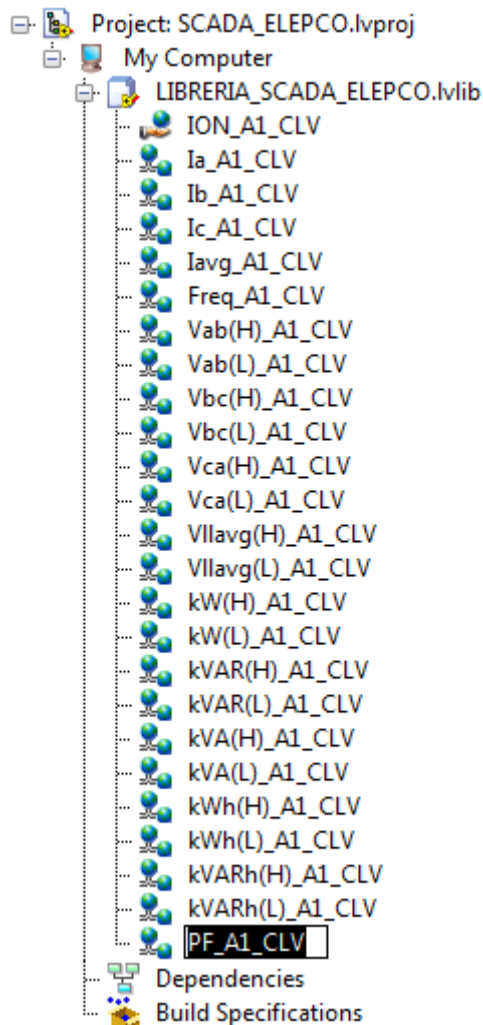
Figura 4-32 Editor de variables compartidas

5. Cambiar el nombre de las variables compartidas, identificando la dirección del registro Modbus con su respectivo tag de identificación, como se observa en la Figura 4-33. Estos tags de identificación se hacen referencia en las tablas Tabla 4-26 y Tabla 4-27.



**Figura 4-33 Forma de cambio de nombre a las variables**

Para aceptar el cambio, presionar la tecla “ENTER”. Realizar este proceso para cambiar el nombre a cada uno de los registros Modbus, como se observa en la Figura 4-34.



**Figura 4-34 Variables compartidas etiquetadas**

Una vez completado el etiquetado de las variables, se ha creado por completo el I/O Server. Este proceso se debe repetir para crear los diez I/O Server, con sus respectivas variables compartidas, que corresponden a los medidores ION instalados en las subestaciones La Cocha y EL Calvario.

#### **4.6 Servidor OPC**

LabVIEW DSC viene con soporte para protocolos industriales de uso común, incluyendo OLE<sup>43</sup> para Control de Procesos (OPC). Esto permite que una

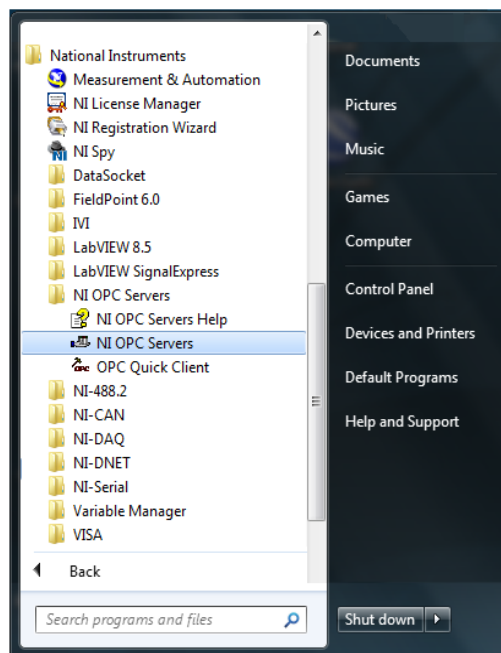
<sup>43</sup> OLE: "Object Linking and Embedding". Es una tecnología desarrollada por Microsoft que permite incrustar y vincular a documentos y a otros objetos.

aplicación pueda comunicarse con prácticamente todos los PLCs y controladores de automatización programables. Esta flexibilidad permite una fácil integración de LabVIEW en los actuales SCADA / HMI.

#### 4.6.1 Creación del Servidor OPC

Para la creación del Servidor OPC del proyecto, se tiene los siguientes pasos a seguir:

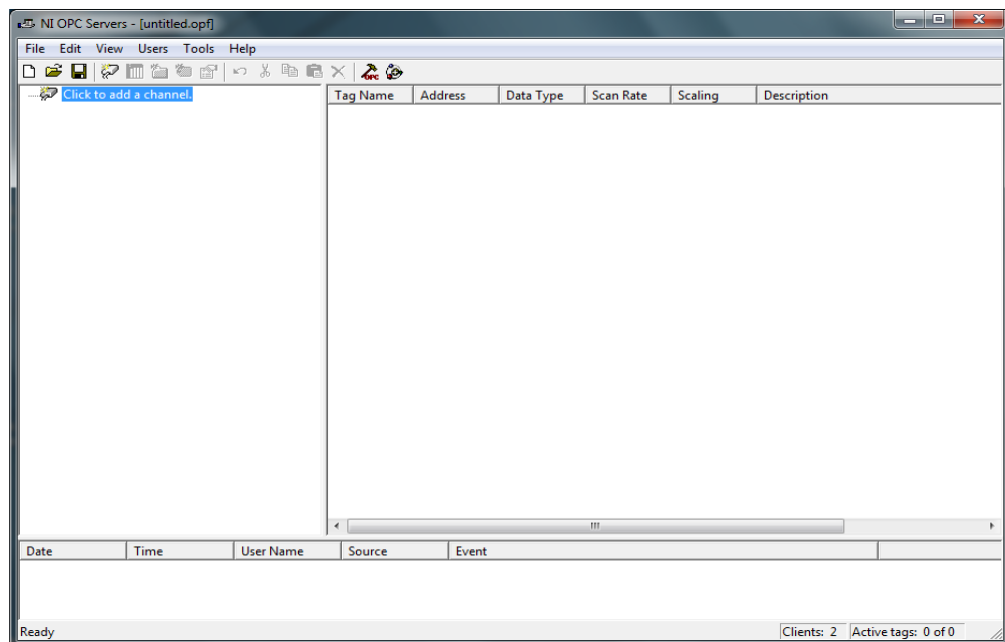
1. Abrir el NI OPC Servers, como se puede observar en la Figura 4-35.



**Figura 4-35 Abrir NI OPC Servers**

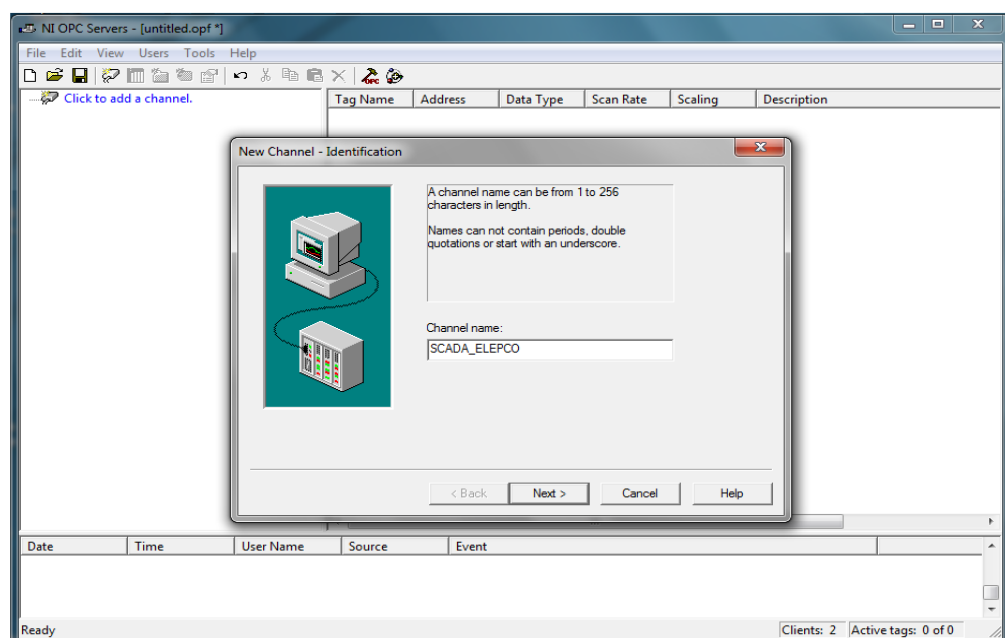
Guardar el Servidor OPC, seleccionando la ubicación donde se almacenarán los cambios. La extensión de archivo del servidor es: \*.opf.

2. Crear un nuevo canal, como se puede observar en la Figura 4-36.



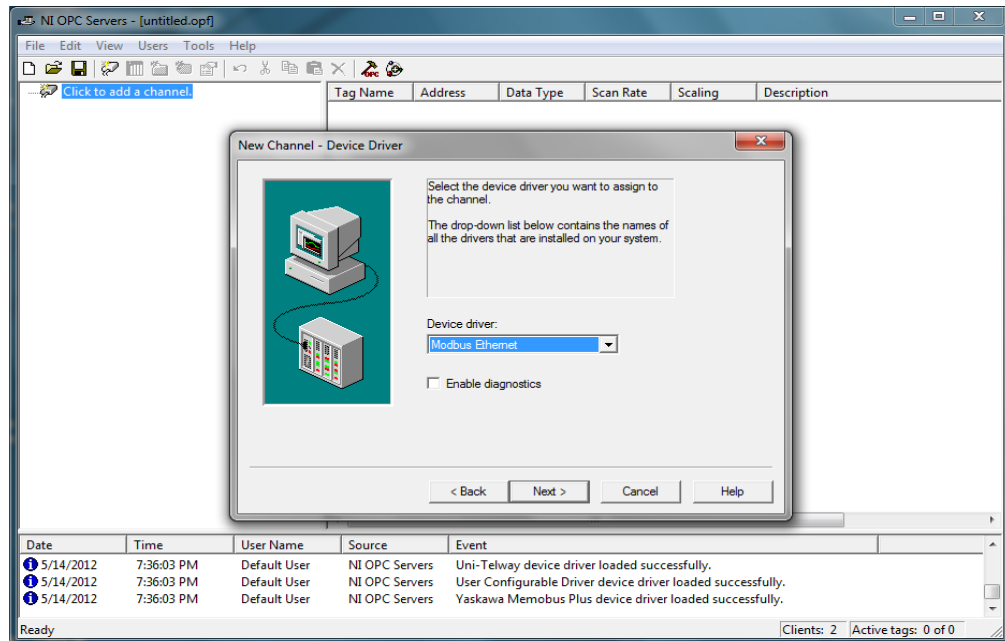
**Figura 4-36 Creación de un nuevo canal**

Dar nombre al servidor OPC, como se observa en la Figura 4-37.



**Figura 4-37 Cambio de nombre del canal**

Elegir el controlador para el servidor OPC como se observa en la Figura4-38.



**Figura 4-38 Controlador para el dispositivo del canal**

Para seleccionar el tipo de adaptador de red, el método de optimización y el ciclo de trabajo sobre el canal, se mantiene la configuración por defecto que presenta el asistente del servidor OPC.

Para permitir la comunicación se debe seleccionar el puerto y el protocolo a usar para permitir al dispositivo que trabaje como elemento esclavo, como se observa en la Figura 4-39.

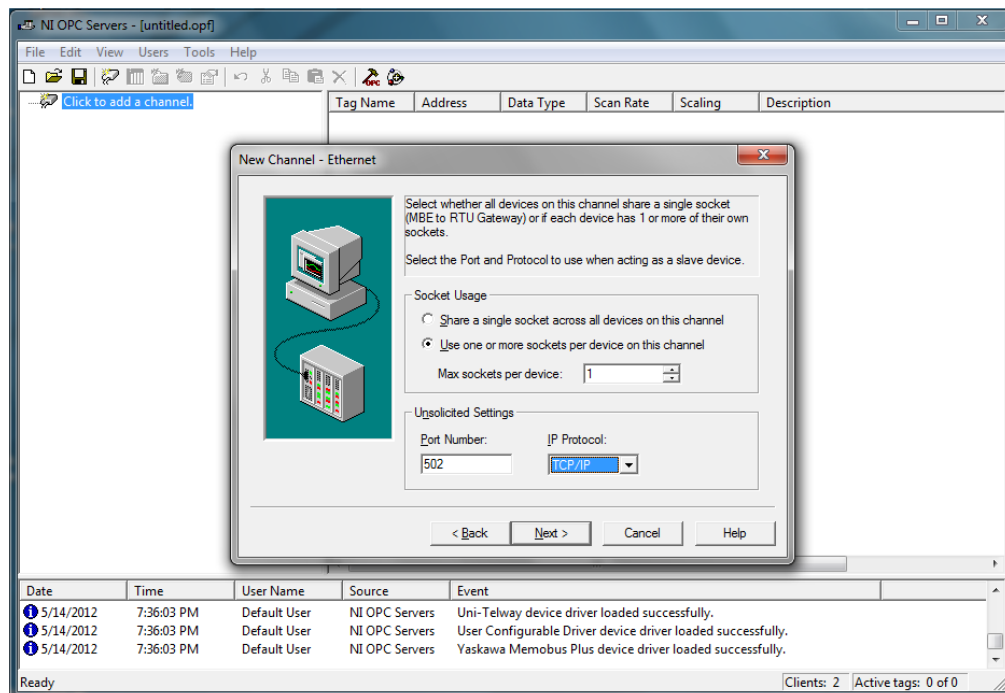


Figura 4-39 Selección del puerto y protocolo para un dispositivo Modbus esclavo

3. Crear un dispositivo para el servidor OPC, como se observa en la Figura 4-40. Ingresar el nombre para el dispositivo de acuerdo a la información que se referencian en las tablas: Tabla 4-7 y Tabla 4-9.

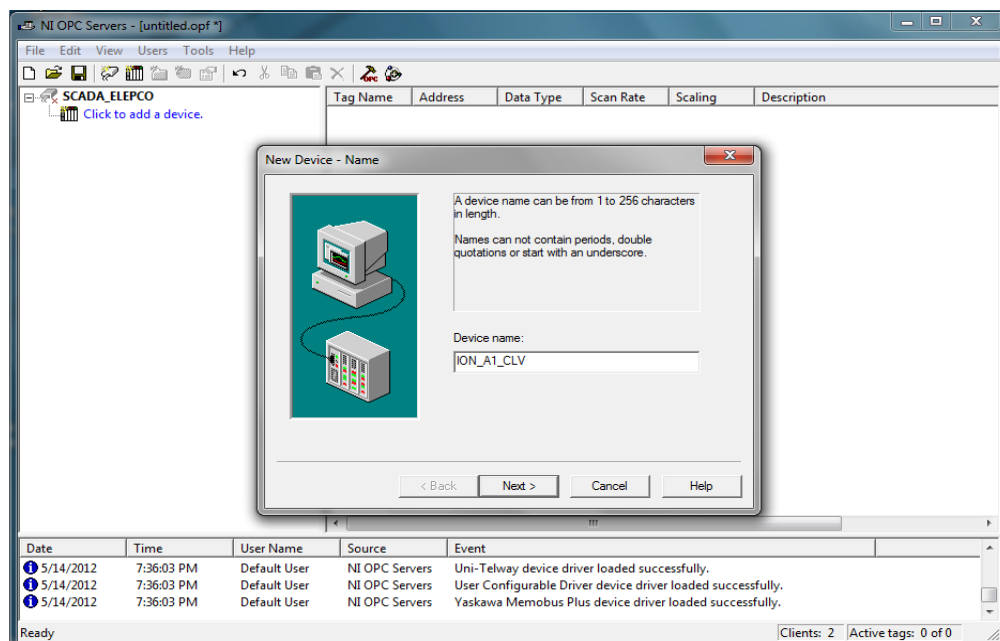
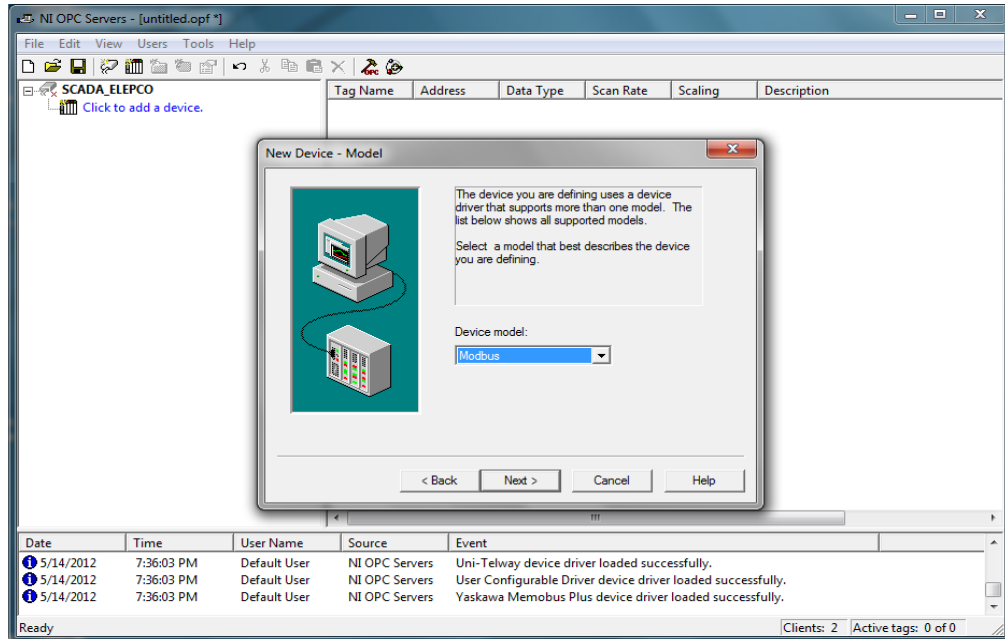


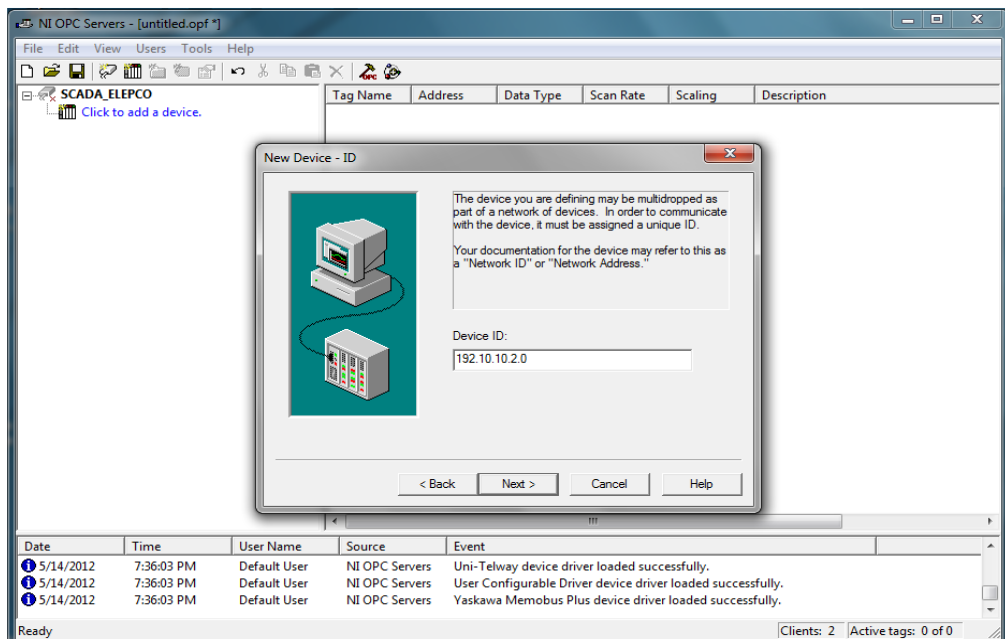
Figura 4-40 Cambio de nombre del dispositivo creado

Elegir el modelo del driver del dispositivo, como se observa en la Figura 4-41.



**Figura 4-41 Selección del modelo del dispositivo**

Configurar la dirección IP del dispositivo, como se observa en la Figura 4-42. Las direcciones IP se hacen referencia en las tablas: Tabla 4-7 y tabla 4-9.

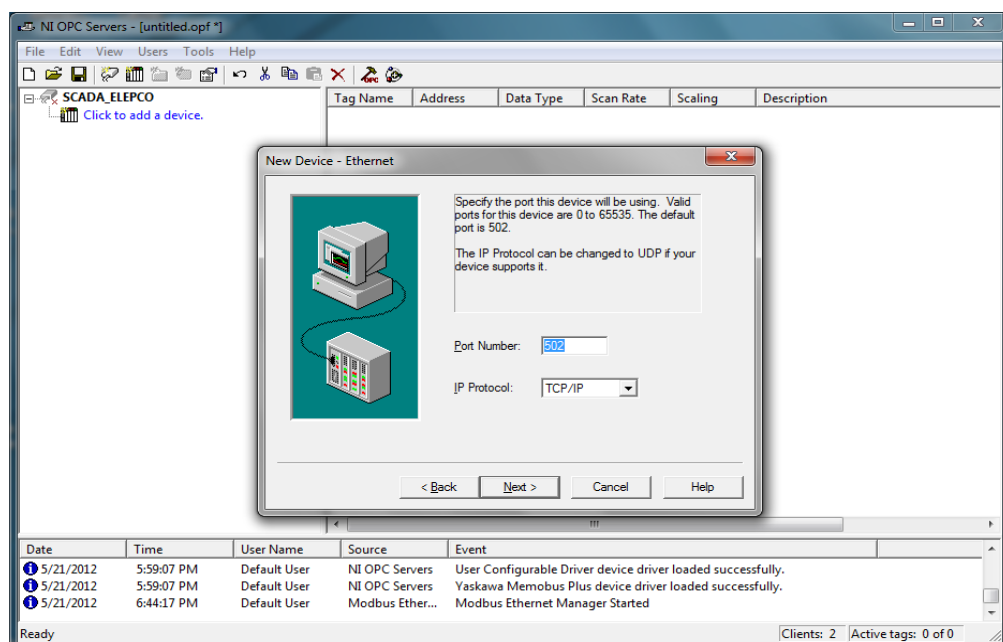


**Figura 4-42 Ingreso la dirección IP (IPv4) del dispositivo**



La configuración de los parámetros de tiempos de comunicación del dispositivo, descenso automático de categoría del dispositivo, y la creación de una base de datos para los tags del dispositivo no se debe modificar. Mantener la configuración que plantea por defecto el asistente del servidor OPC.

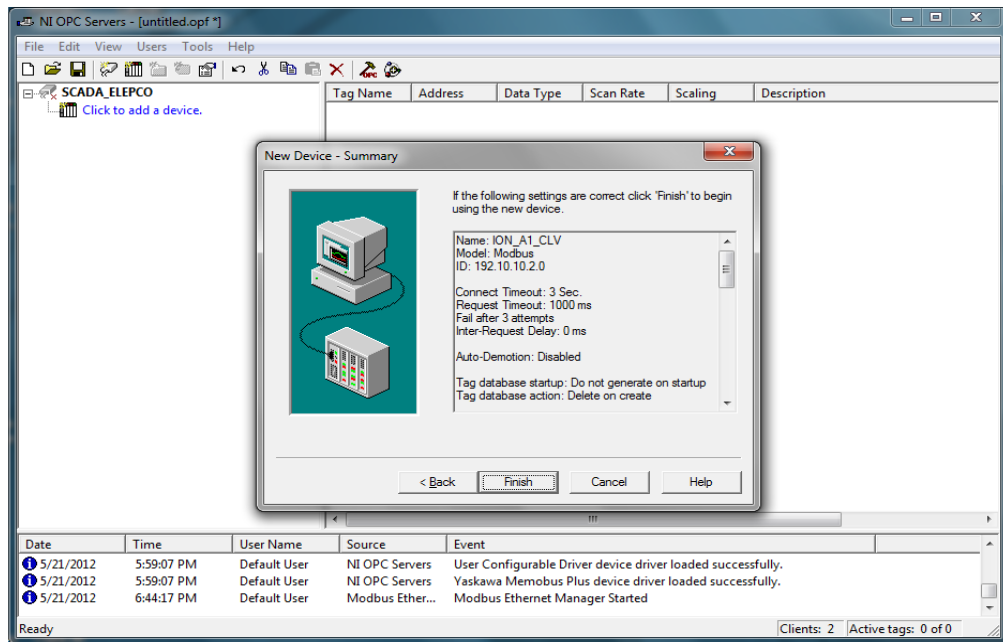
Configurar los parámetros Ethernet, especificando el puerto a usar, para el dispositivo, como se observa en la Figura 4-43.



**Figura 4-43 Configuración Ethernet para el dispositivo**

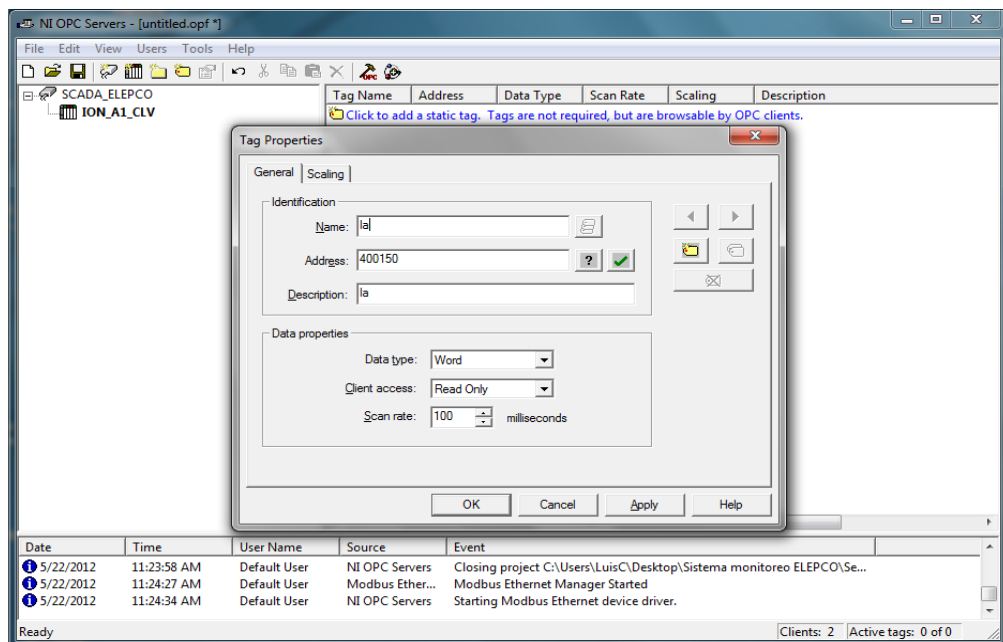
La configuración del acceso a los datos para cada dispositivo, codificación de los datos del dispositivo, tamaño de bloque máximo cuando se toman datos desde el dispositivo, variable de importación usada en la base de datos y la opción de desactivación de los tags cuando se tenga direcciones ilegales en el dispositivo, no se debe modificar. Mantener la configuración que plantea por defecto el asistente del servidor OPC.

Finalmente, se presenta un resumen de la configuración del dispositivo, como se observa en la Figura 4-44.



**Figura 4-44 Resumen de configuración del dispositivo**

4. Crear los tags del dispositivo, como se observa en la Figura 4-45. Los tags de cada dispositivo se hacen referencia en las tablas: Tabla4-25, Tabla 4-26 y Tabla 4-27.



**Figura 4-45 Configuración de los tags del dispositivo**

Una vez creados los tags del dispositivo, se ha completado con el proceso de crear el dispositivo y sus respectivos tags. Repetir este proceso para crear los dispositivos restantes con sus tags, como se observa en la Figura 4-46.

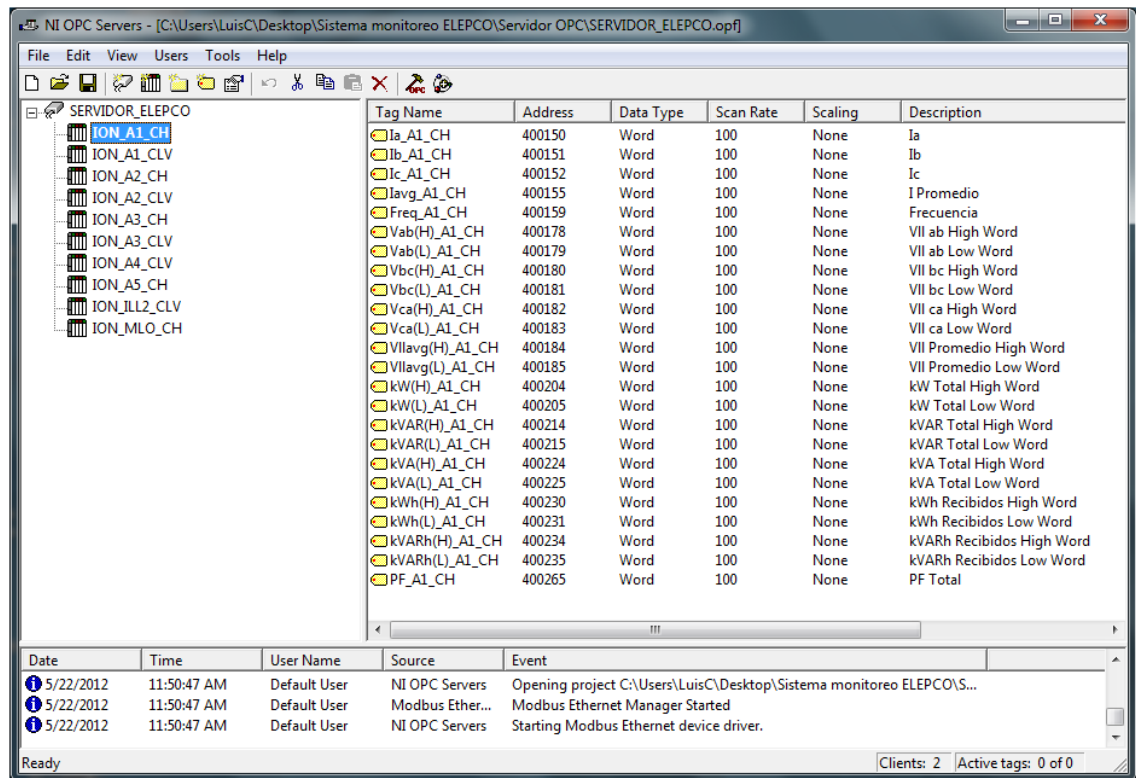


Figura 4-46 Dispositivos y tags configurados

## 4.7 Interface Gráfica HMI

Un sistema SCADA<sup>44</sup> hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor. Se trata de un sistema que permite controlar y/o supervisar una planta o proceso por medio de una estación central (generalmente una PC) que hace de Master (llamada también unidad terminal maestra MTU) y una o varias unidades cercanas o remotas (generalmente unidad terminal remota RTU) por medio de las cuales se hace el control / adquisición de datos hacia / desde el campo. El término supervisión se refiere a que un operador humano

<sup>44</sup> SCADA: "Supervisory Control and Data Acquisition".

es quien al final tiene la decisión sobre las operaciones, generalmente críticas, de una planta industrial.

Para manejar este sistema se requiere de un paquete de software especializado (Labview, InTouch, RS-View, etc), que se ejecuta en la computadora central y que por medio del cual se desarrollan una o múltiples pantallas que actúan como una interface gráfica entre el hombre y la máquina (HMI) o un proceso. De esta manera es posible controlar/monitorear el proceso en forma automática, o supervisarlos por medio de acciones ingresadas por el operador desde la computadora central.

#### 4.7.1 Creación de la pantalla HMI principal

Crear un nuevo VI, pantalla de diseño, dentro del proyecto, como se observa en la Figura 4-118.

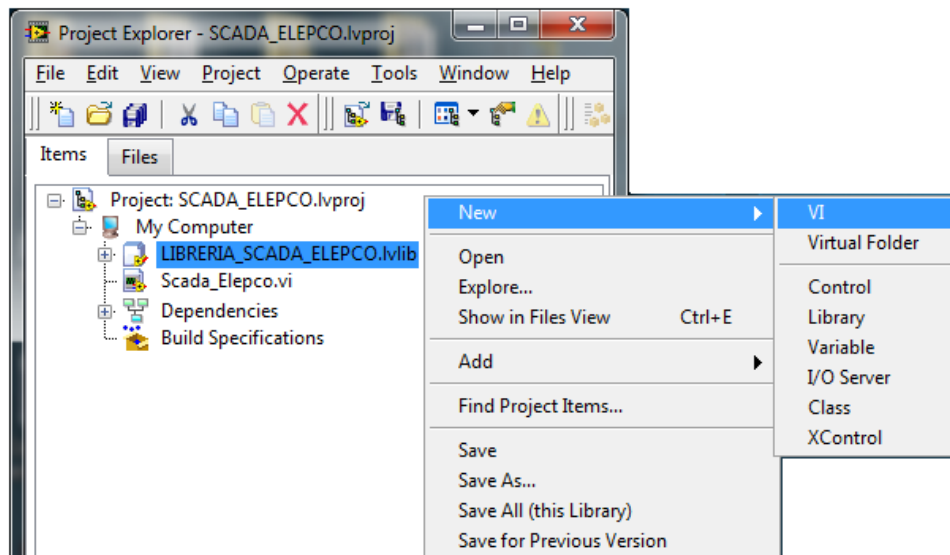


Figura 4-47 Crear un VI en el proyecto

La pantalla principal, diseñada con el software Labview 8.5 y etiquetada como "Scada\_Elepc.vi", está constituida por tres tabs de visualización: diagrama unifilar y componentes de medición de la subestación El Calvario; diagrama

unifilar y componentes de medición de la subestación La Cocha; y la generación de reportes.

### 1. Diagrama unifilar y componentes de medición de la subestación El Calvario

En el Panel Frontal, se tienen los elementos gráficos donde el operador puede obtener la información necesaria: el diagrama unifilar de la subestación con las mediciones de voltaje (kV), corriente (A), potencia (kW) y factor de potencia (FP) en cada alimentador y cámara de transformación, como se observa en la Figura 4-48.

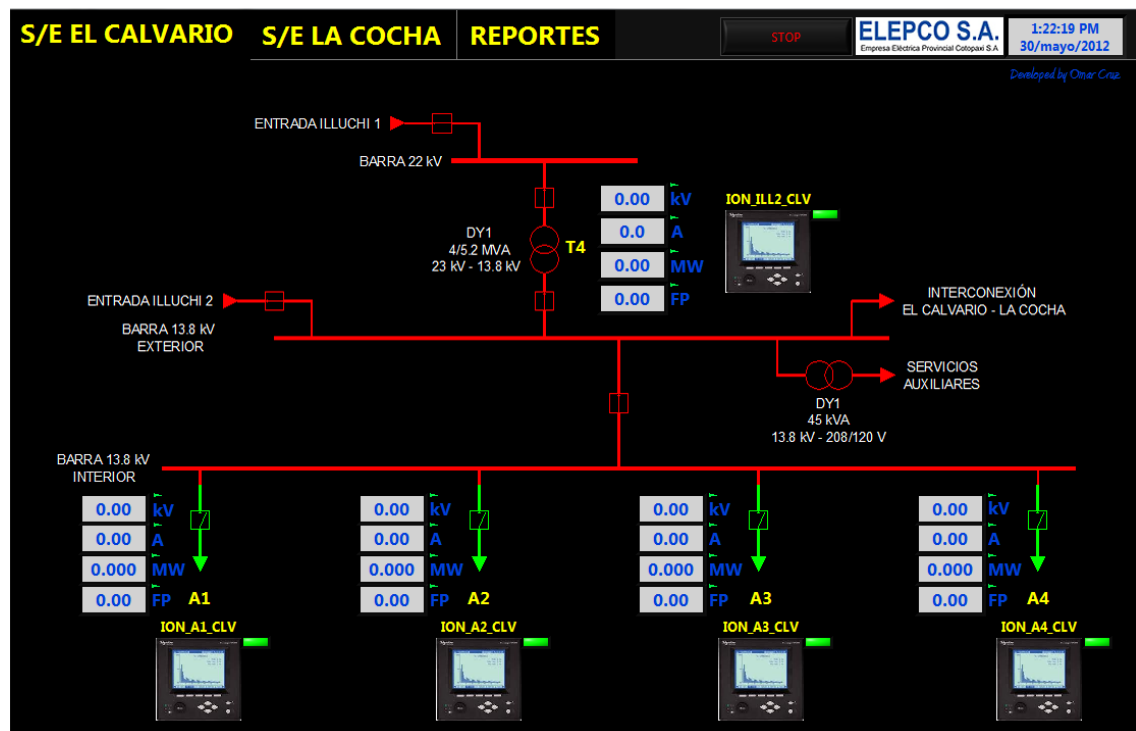
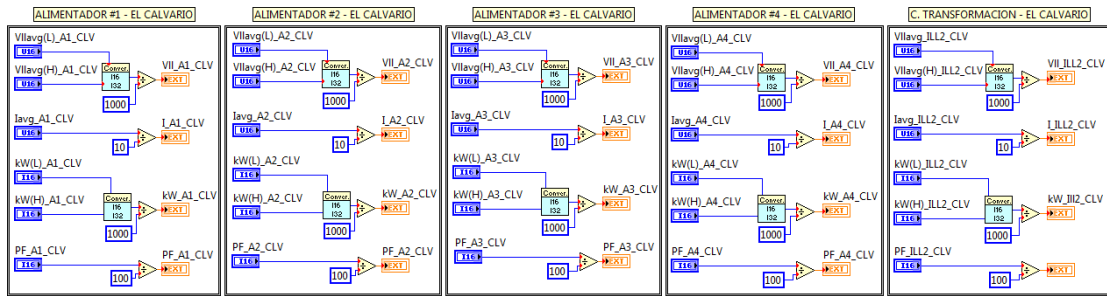


Figura 4-48 Panel frontal de la S/E El Calvario

En el diagrama de bloques, se tiene la programación para visualizar los datos de cada medidor sobre el diagrama unifilar de la S/E en el panel frontal, como se observa en la Figura 4-49.

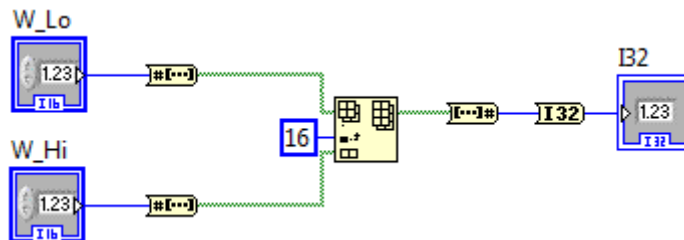


**Figura 4-49 Programación para visualizar los datos de medición de la S/E El Calvario**

Los parámetros eléctricos voltaje y potencia, deben ser de tipo de dato de 32 bits para visualizar el dato real. Los registros Modbus de los medidores son de 16 bits (tipo de dato Word), para lo cual se diseñó un SubVI para formar un dato de 32 bits a partir de dos datos provenientes de registros de 16 bits. El SubVI creado se puede observar en las figuras: Figura 4-50 y Figura 4-51.



**Figura 4-50 Icono del SubVI**



**Figura 4-51 Diagrama de bloques del SubVI**

Cada alimentador de las S/E El Calvario y La Cocha tienen diseñado un visualizador de alimentador abierto (color verde) o alimentador cerrado (color rojo), visualizados en el panel frontal. La acción del visualizador del estado del alimentador se observa en las figuras: Figura 4-52 y Figura 4-53.

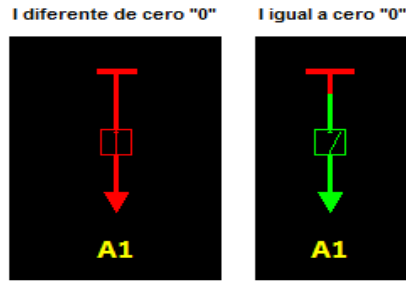


Figura 4-52 Visualizador del estado del alimentador en el panel frontal

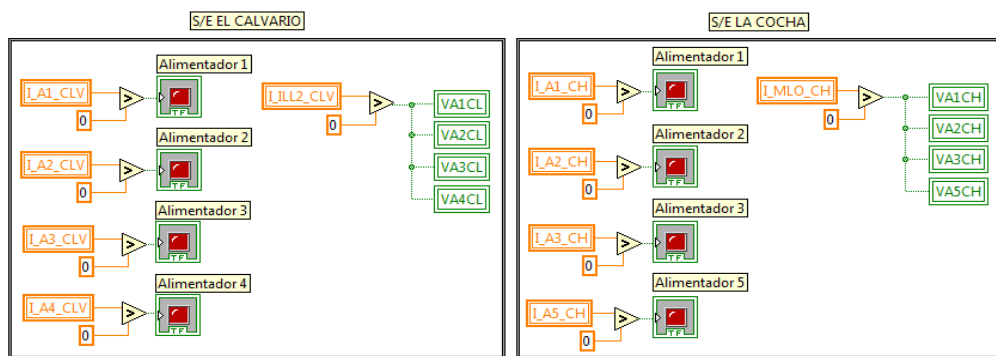


Figura 4-53 Programación para la acción del estado del alimentador

Cada medidor ION instalado en la S/E El Calvario tiene diseñado un botón. Al presionar este botón, se despliega la información detallada de los parámetros eléctricos que corresponden al medidor, como se observa en la Figura 4-54.

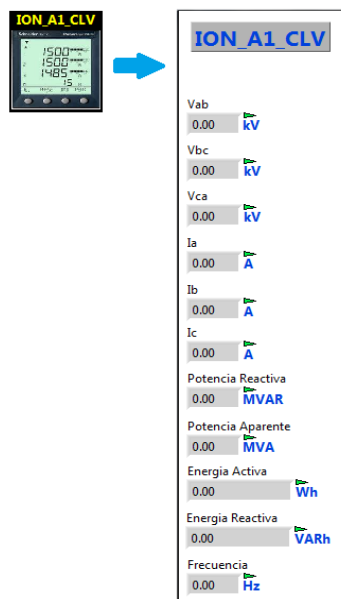


Figura 4-54 Acción del botón ION\_A1\_CLV en el panel frontal

La programación que permite hacer la acción del botón del medidor ION\_A1\_CLV, se observa en la Figura 4-55.

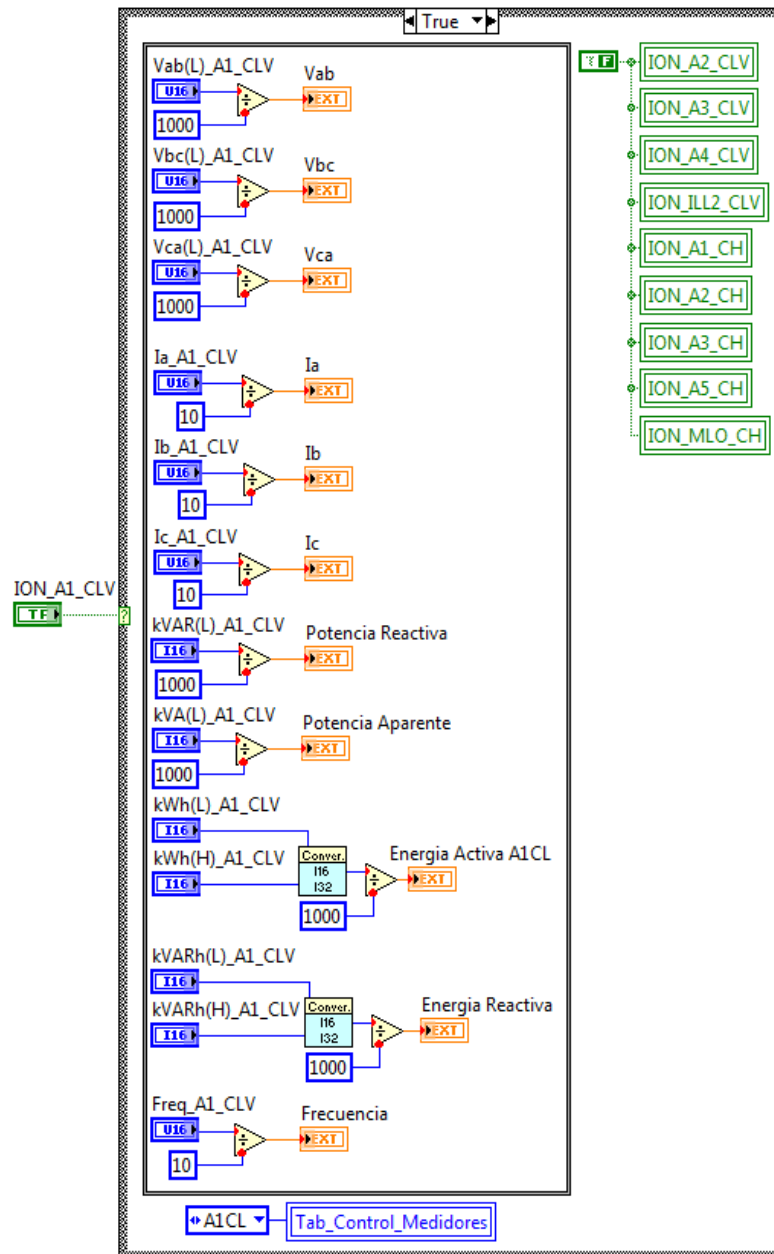
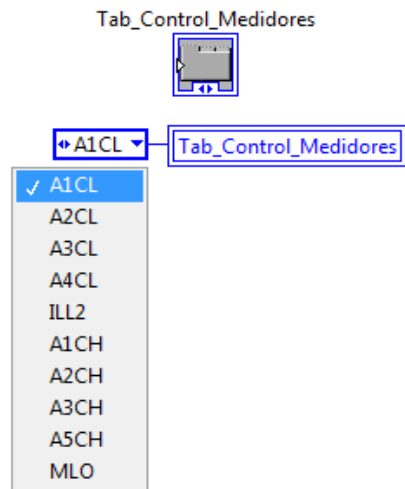


Figura 4-55 Programación de la acción del botón ION\_A1\_CLV

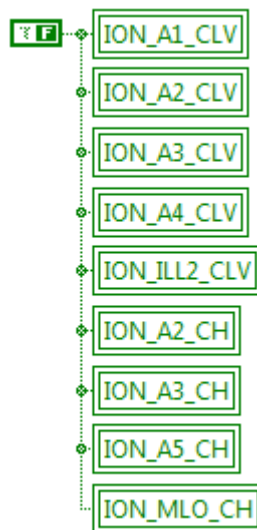
El objeto que controla las páginas de visualización de los botones es un Tab\_Control etiquetado el nombre de "Tab\_Control\_Medidores". Este control se observa en la Figura 4-56.





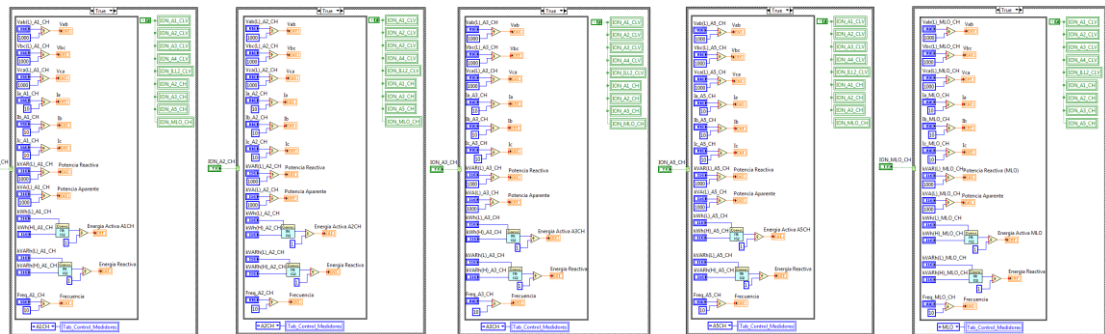
**Figura 4-56 Control del Tab\_Control\_Medidores**

Cuando un botón se ejecuta, p.ej. ION\_A1\_CLV, se despliega la información del medidor seleccionado (ION\_A1\_CLV), pero no deben existir dos o más botones presionados al mismo tiempo, solo uno a la vez. Para ello, cuando se desactivan los botones restantes; y cuando vuelve el botón a la posición inicial se vuelven a activar todos los botones para poder ser accionados en cualquier instante. La programación de esta función se observa en la Figura 4-57. Este control se hace en todos los botones, identificando los botones que deben quedar habilitados y cuáles deben ser inhabilitados.



**Figura 4-57 Habilitación de botones cuando se ejecuta el botón ION\_A1\_CLV**

La programación de los botones de los medidores de la S/E El Calvario se observa en la Figura 4-58.



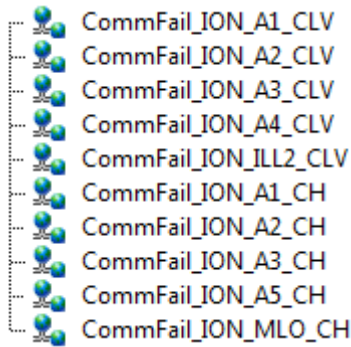
**Figura 4-58 Programación de la acción de los botones S/E El Calvario**

Junto a cada botón de los medidores ION que se encuentran en el panel frontal, se tienen indicadores tipo luz led como se puede observar en la Figura 4-59, los cuales permiten identificar si el cable que conecta el medidor (físicamente) con el switch se encuentra correctamente ubicado (color rojo), caso contrario no existe comunicación con dicho medidor (color verde).



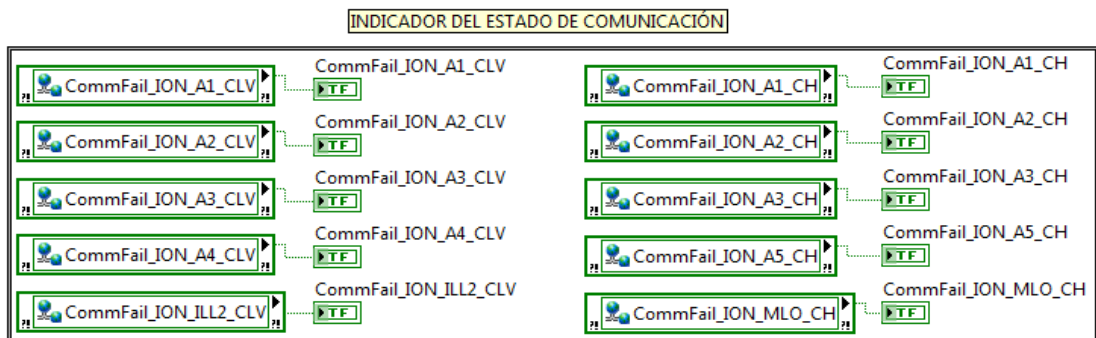
**Figura 4-59 Led indicador de comunicación con el medidor**

Al proyecto SCADA\_ELEPCO, se debe añadir los registros “CommFail” de cada medidor. Este es un registro discreto (binario “0” o “1”) propio de Modbus TCP en LabView que permite identificar el estado de comunicación del dispositivo configurado. En la Figura 4-60 se observan los registros de comunicación de cada medidor agregado al proyecto.



**Figura 4-60 Registros de estado de comunicación agregados al proyecto**

La programación que corresponde a la visualización del estado de la comunicación de los medidores se observa en la Figura 4-61.



**Figura 4-61 Programación de los indicadores de estado de comunicación**

## 2. Diagrama unifilar y componentes de medición de la subestación La Cocha

En el Panel Frontal, se tienen los elementos gráficos donde el operador puede obtener la información necesaria: el diagrama unifilar de la subestación con las mediciones de voltaje (kV), corriente (A), potencia (kW) y factor de potencia (FP) en cada alimentador y cámara de transformación, como se observa en la Figura 4-62.

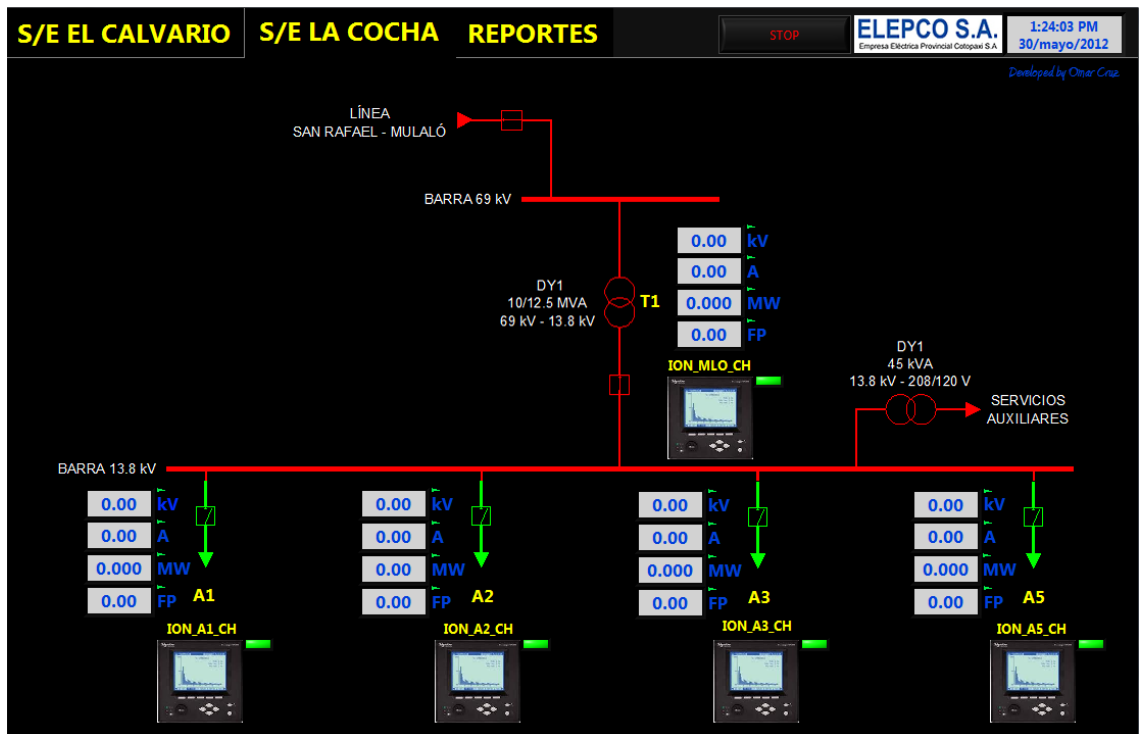


Figura 4-62 Panel Frontal de la S/E La Cocha

La programación que permite para visualizar los datos de cada medidor sobre el diagrama unifilar de la S/E en el panel frontal, se observa en la Figura 4-63.

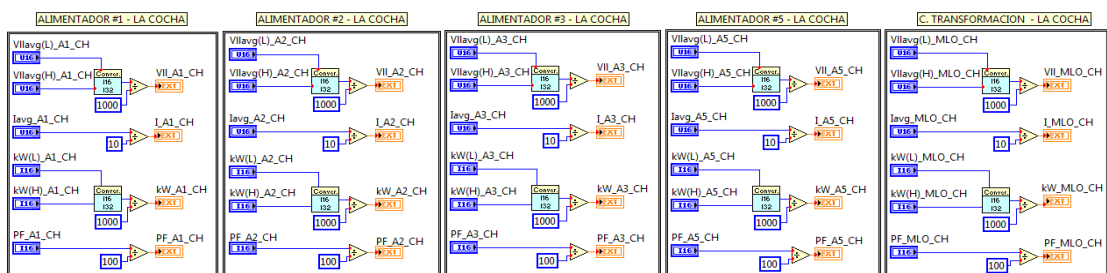


Figura 4-63 Programación para visualizar los datos de medición de la S/E El Calvario

De igual forma, cada medidor ION instalado en la S/E La Cocha tiene diseñado un botón. Al presionar este botón, se despliega la información más detallada de los parámetros eléctricos que corresponden al medidor, como se observa en la Figura 4-65.



Figura 4-64 Acción del botón ION\_A1\_CH en el panel frontal

La programación de los botones de los medidores de la S/E La Cocha se observa en la Figura 4-65.

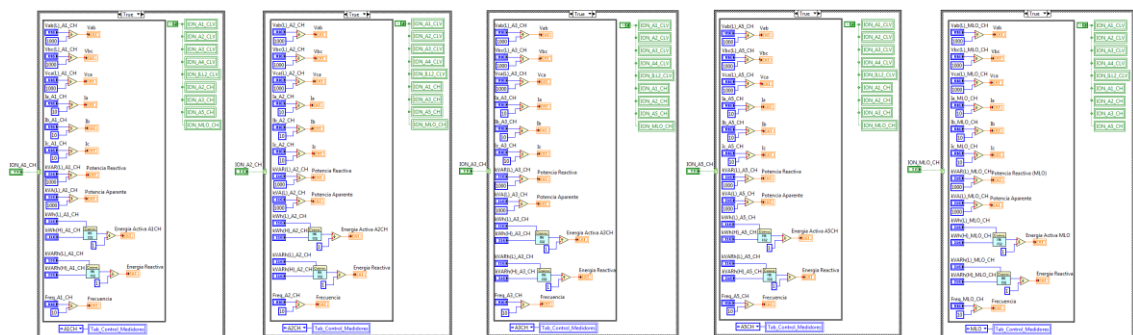
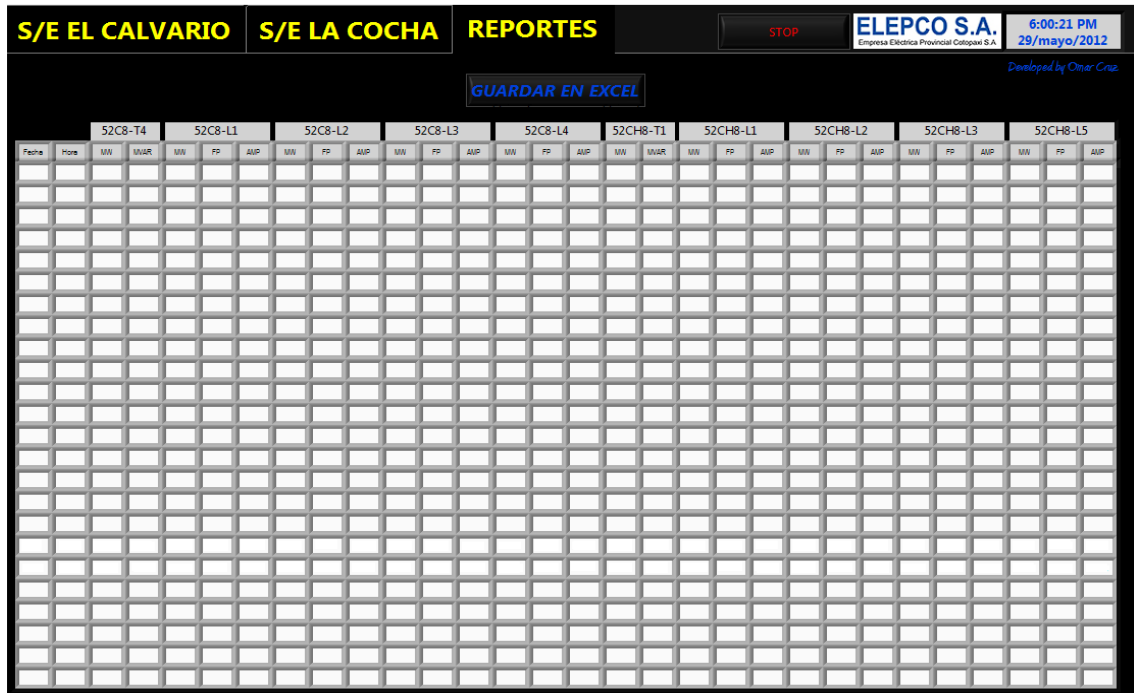


Figura 4-65 Diagrama de bloques de la acción de los botones S/E La Cocha

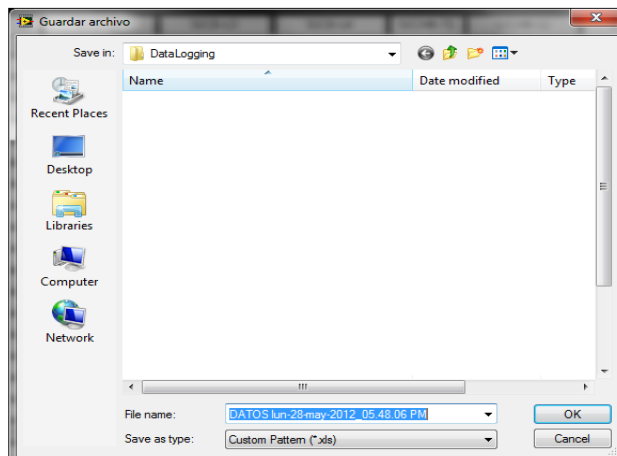
### 3. Generation de reportes

En el panel frontal, se tiene una tabla en la cual se almacenan los datos de los parámetros kV, A, MW y FP, de cada uno de los medidores. Los datos se registran a cada hora del día, es decir, desde las 00h00 hasta las 23h00 y con la fecha correspondiente, como se puede observar en la Figura 4-66.



**Figura 4-66 Panel frontal de los reportes**

Se tiene un botón etiquetado con el nombre “GUARDAR EN EXCEL”, el cual permite guardar los datos en una hoja de Excel 2003 (\*.xls) en el instante que se requiera hacerlo. Cuando se presiona este botón, se abre una ventana de diálogo, como se observa en la Figura 4-67, que permite explorar la ruta de almacenamiento para el archivo Excel. Tener muy en cuenta que el archivo a guardar no puede reemplazar a uno ya existente, esta acción produciría un error que obliga al programa a detenerse.



**Figura 4-67 Guardar el reporte en Excel (\*.xls)**

La programación se presenta en dos partes: visualización de los parámetros kV, A, MW y FP de los medidores (Figura 4-68) y guardar del reporte a Excel (Figura 4-69).

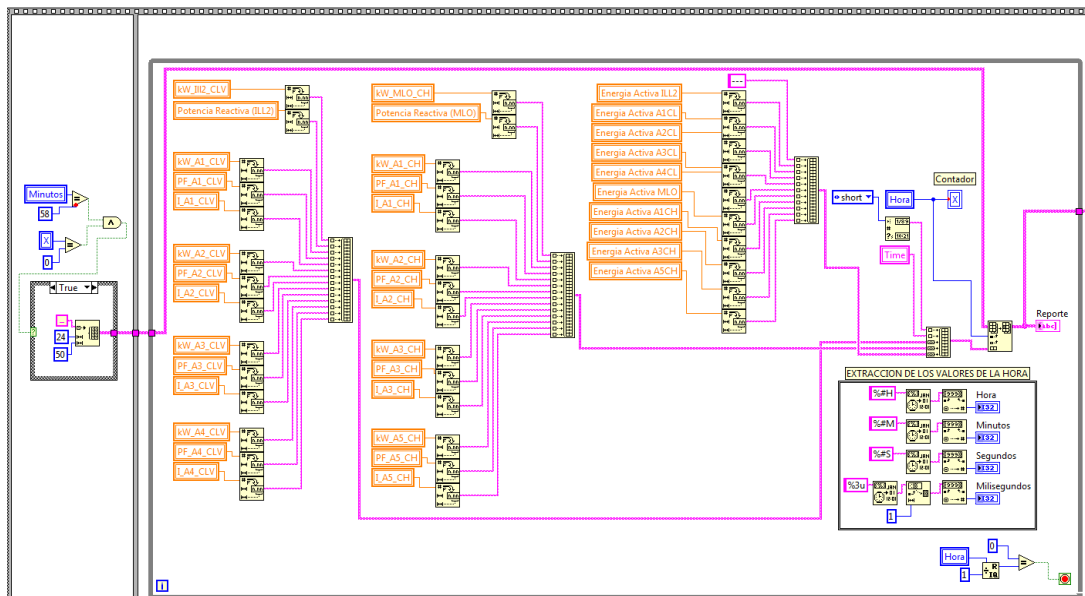


Figura 4-68 Programación - Visualización de los parámetros de los medidores

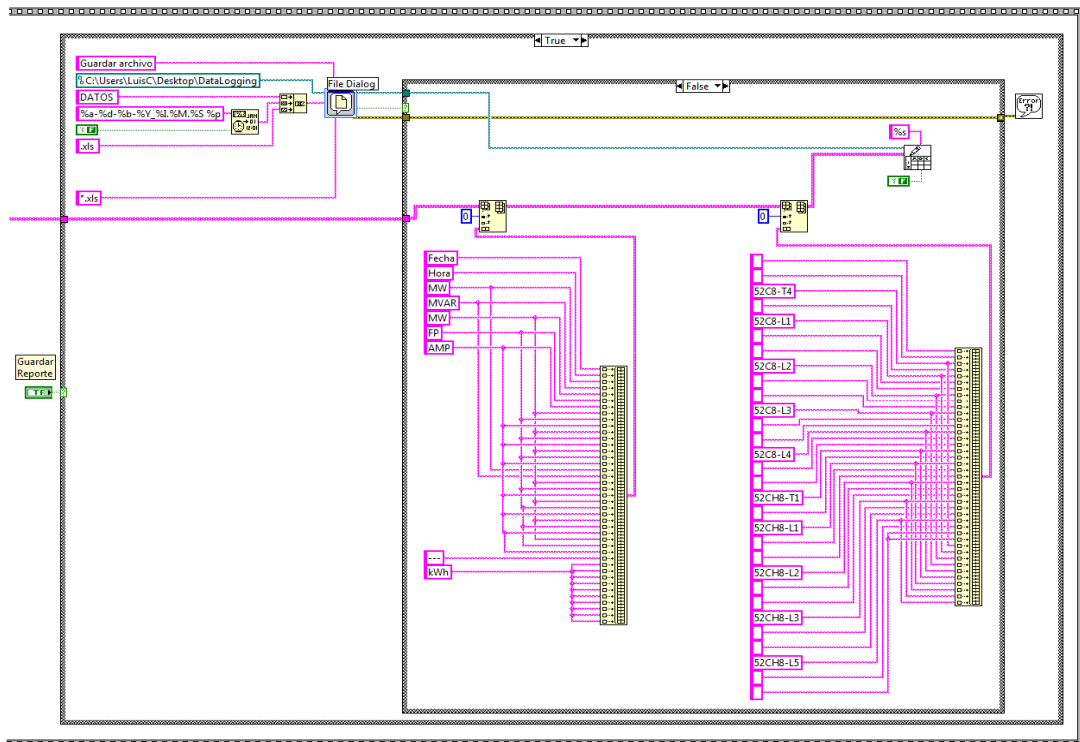


Figura 4-69 Programación - Guardar el reporte a Excel

Muchas de las variables que se utilizan en la interface HMI necesitan ser inicializadas en el momento que se ejecuta el programa (RUN). En la Figura 4-70, se observa las variables que necesitan ser inicializadas.

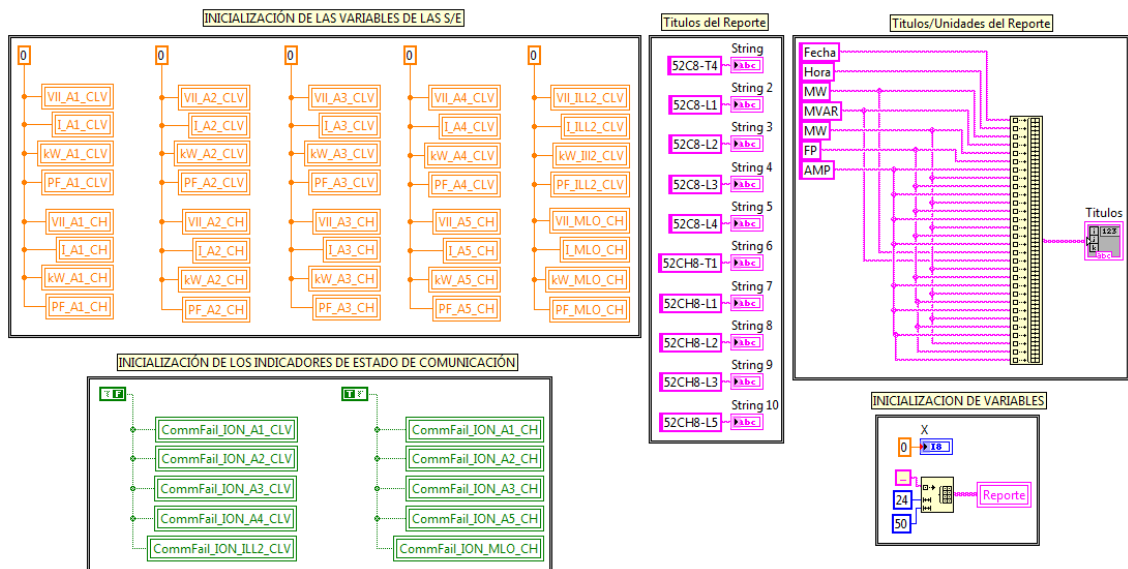


Figura 4-70 Inicialización de las variables

## 4.8 Preparación del cable y conexión física

### 4.8.1 Cable UTP Cat. 5e

El cable UTP Cat. 5e es uno de los grados de cableado UTP descritos en el estándar EIA/TIA 568A/B para ejecutar CDDI<sup>45</sup> y puede transmitir datos a velocidades de hasta 10000 Mbit/s a frecuencias de hasta 100 MHz. La categoría 5e (enhanced o mejorada) sustituye a la categoría 5, y está diseñada para señales de alta integridad.

Características:

- 4 pares trenzados sección AWG<sup>46</sup>24

<sup>45</sup> CDDI: Copper Distributed Data Interface, es decir, Interfaz de Distribución de Datos por Cobre.

<sup>46</sup> AWG: American Wire Gauge, es decir, Calibre de Alambre Americano.



- Cada par de cable esta distinguido por colores, siendo estos: naranja verde, azul, marrón.
- Aislamiento del conductor de polietileno de alta densidad de 1,5 mm de diámetro.

En la Figura 4-71, se observa la disposición de los pares trenzados del cable UTP Cat. 5e que se utiliza para conectar los equipos (medidores y switch) para establecer la comunicación.



**Figura 4-71 Cable UTP Cat. 5e**

#### **4.9 Conector RJ45**
















El conector RJ45 (RJ siglas en ingles de Registered Jack) es uno de los conectores principales utilizados en tarjetas de red Ethernet, que transmite información a través de cables de par trenzado. En la Figura 4-72, se observa al tipo de conector RJ45 que se utiliza para ponchar el cable UTP, de acuerdo al estándar EIA/TIA.



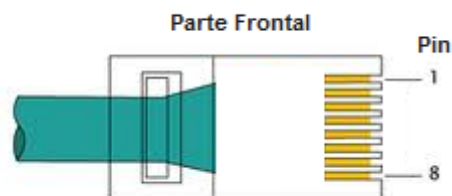
**Figura 4-72 Conector RJ45**

Para el cableado estructurado de la red, se utiliza el estándar EIA/TIA 568A, que establece la configuración de colores de los cables, como se observa en la Tabla 4-28:

**Tabla 4-28 Código de colores para ponchar los cables**

NORMATIVA EIA/TIA 568A		
PIN	CONECTOR 1	CONECTOR 2
1	 blanco verde	 blanco verde
2	 verde	 verde
3	 blanco naranja	 blanco naranja
4	 azul	 azul
5	 blanco azul	 blanco azul
6	 naranja	 naranja
7	 blanco marrón	 blanco marrón
8	 marrón	 marrón

Una vez que se tiene la posición de los cables, determinar la posición del conector RJ45 para el correcto proceso de ponchado, como se observa en la Figura 4-73.



**Figura 4-73 Posición del conector RJ45**

Para el proceso de ponchado, colocar los cables de acuerdo al código EIA/TIA 568A, insertarlos en el conector RJ45 en correcta posición, y con la ayuda de la ponchadora ajustar los pines del conector hasta que haga contacto con los cables insertados, como se observa en la Figura 4-74.

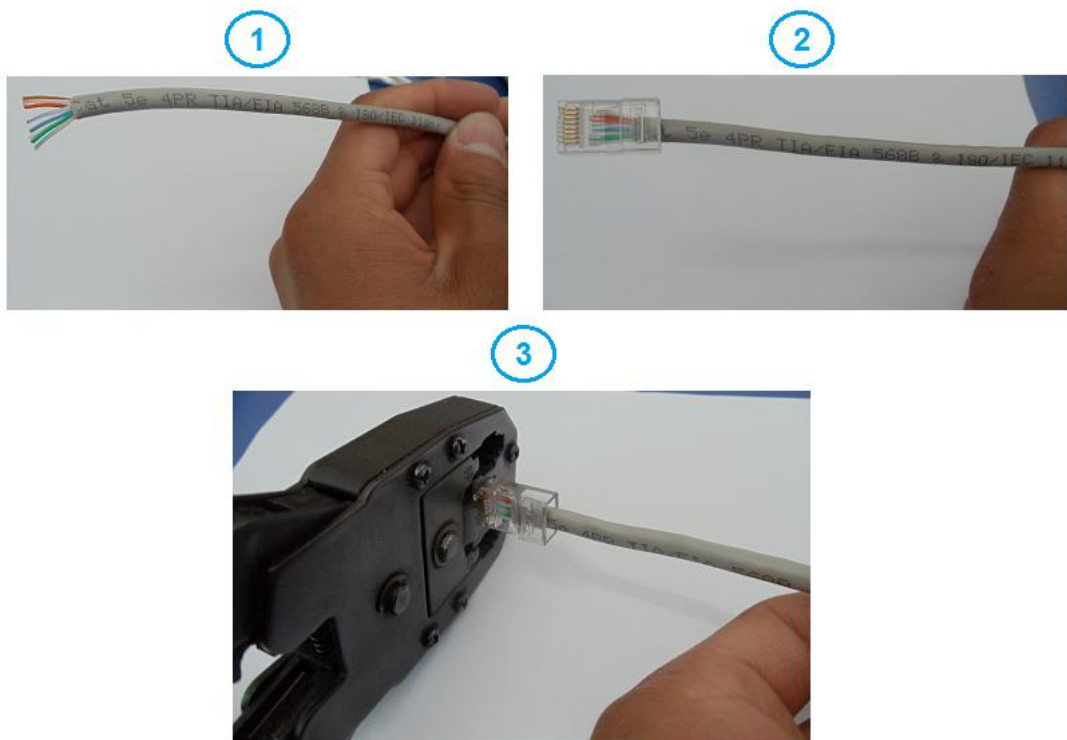


Figura 4-74 Proceso de ponchado del cable

#### 4.9.1 Conexión a medidor

Para la conexión del cable en el medidor, se requiere que el extremo tenga un conector RJ45 para insertarlo en el puerto Ethernet de la tarjeta de comunicaciones del medidor, como se observa en la Figura 4-75.

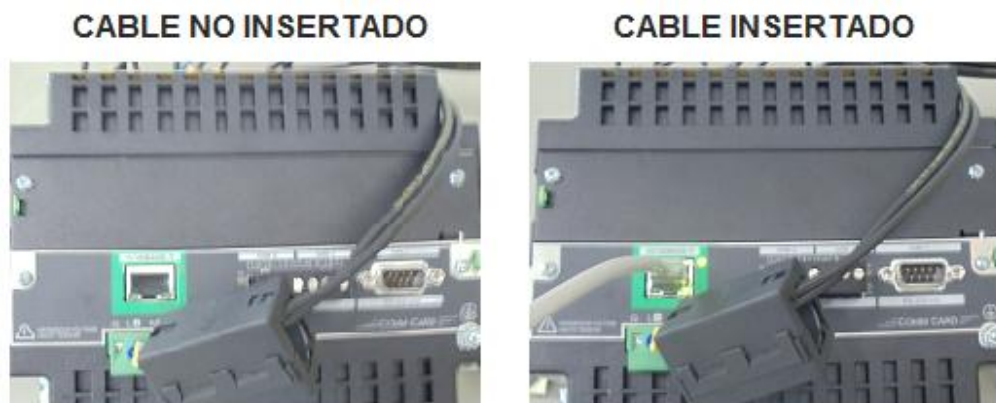


Figura 4-75 Conexión del cable en el medidor

## 4.9.2 Conexión al switch

Para la conexión del cable en el switch, se disponen dos opciones:

- Para la S/E El Calvario se dispone de un patch panel de conexión. El patch panel es un elemento encargado de recibir todos los cables del cableado estructurado. Sirve como un organizador de las conexiones de la red, para que los elementos de la red y los equipos de la conectividad puedan ser fácilmente incorporados al sistema. En la Figura 4-76, se observa la conexión de los cables al patch panel y al switch.



Figura 4-76 Conexión patch panel - switch

- Para la S/E La Cocha se dispone de un switch. Para este caso, se requiere que ese extremo del cable tenga un conector RJ45 para insertarlo en el puerto del switch. En la Figura 4-77, se observa la conexión de los cables en el switch de la S/E La Cocha.



Figura 4-77 Conexión al switch

- Para la conexión a la PC de monitoreo, con cable directo norma EIA/TIA 568A, un extremo del cable con conector RJ45 debe insertarse en un puerto del switch y el otro extremo del cable con conector RJ45 debe insertarse en el puerto Ethernet de la PC.

#### 4.10 Comunicación inalámbrica S/E El Calvario – S/E La Cocha

Para la transmisión de los datos desde la S/E La Cocha hacia la S/E EL Calvario, se diseñó, utilizando como medios de comunicación puentes inalámbricos Ethernet de largo alcance de la marca FreeWave, el cual se observa en la Figura 4-78.



**Figura 4-78 Vista frontal y posterior de la radio FreeWave**

Estos radios de comunicación ofrecen una única solución inalámbrica que combina las características de conectividad de Ethernet con las comunicaciones de larga distancia de las capacidades de los radios de espectro disperso FreeWave SCADA. A diferencia de otras soluciones Ethernet inalámbricas 802.11, las radios FreeWave operan a 900 MHz, alcanzando obstáculos mucho más penetrantes, con un amplio rango de operación de temperatura, alta inmunidad al ruido, ideal para ambientes hostiles.<sup>47</sup>

Características:

- Funciones de repetidor incorporadas
- Hasta 170 Kbit/s “over the air”

<sup>47</sup> Freewave\_Ethernet\_B\_LoRes.pdf

- Corrección de error automático
- Baja energía de operación
- Interface estándar 10BaseT

En el Anexo 3 se detallan con más profundidad características técnicas y especificaciones del radio FreeWave.

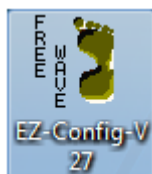
#### 4.11 Configuración de los radios

La radio FreeWave tiene como característica la conectividad Ethernet, por lo que necesita de una dirección IP como parámetro principal para establecer la comunicación que se requiere. Para ello, por medio de direccionamiento IPv4, se asignan las direcciones IP para los radios FreeWave a instalarse en las S/E El Calvario y La Cocha, como se observa en la Tabla 4-29.

**Tabla 4-29 Direccionamiento IPv4 para los radios FreeWave**

PARÁMETRO	S/E EL CALVARIO	S/E LA COCHA
DIRECCIÓN IP	<i>192.10.10.7</i>	<i>192.10.10.16</i>
PUERTO	<i>502</i>	<i>502</i>

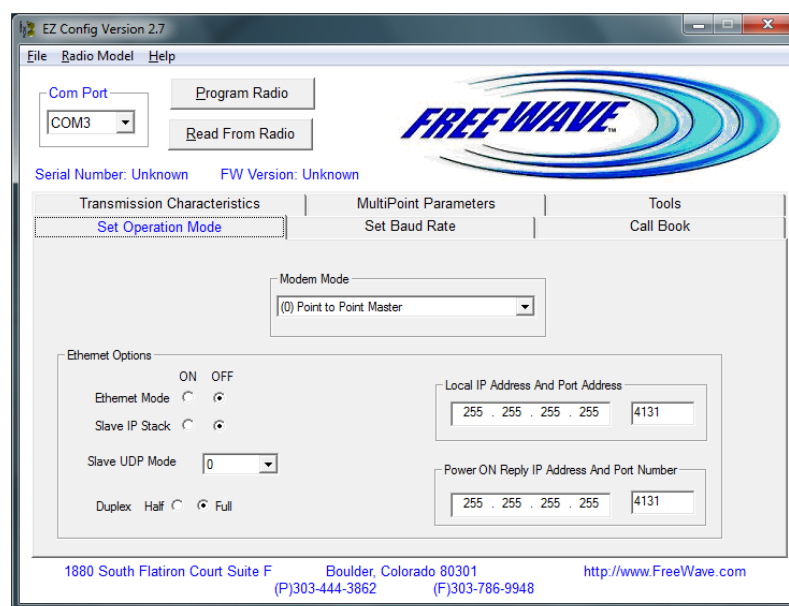
Se debe configurar los radios con los parámetros necesarios para establecer la comunicación. Para ello necesitamos la ayuda del software EZ Config V2.7, cuyo icono se observa en la Figura 4-79, el cual se puede descargar, gratuitamente, del internet.



**Figura 4-79 Icono de escritorio PC de EZ Config V2.7**

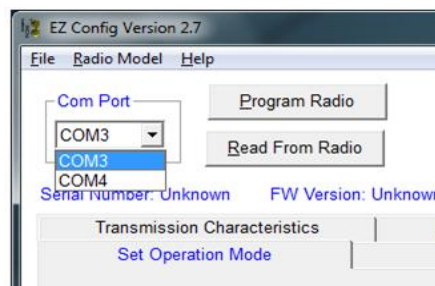
FreeWave EZ Config es un software de configuración basado en GUI<sup>48</sup> el cual está diseñado para ofrecer una programación segura, fácil de usar y repetible para transceptores inalámbricos de datos marca FreeWave. Se debe seguir el proceso de configuración siguiente:

Al iniciar el programa, una pantalla similar a la que se observa en la Figura 4-80 aparece.



**Figura 4-80 Ventana de inicio de configuración de la radio FreeWave**

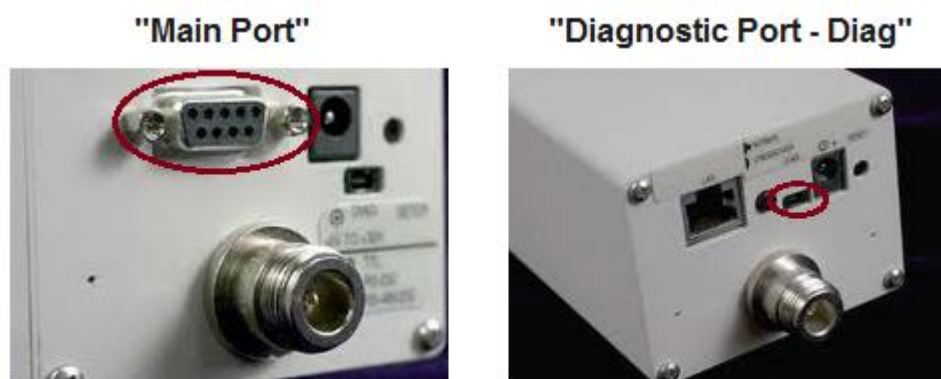
Seleccione el puerto de comunicaciones serial apropiado para ser utilizado como acceso a la radio, como se observa en la Figura 4-81.



**Figura 4-81 Puertos serie disponibles en la PC**

<sup>48</sup> GUI: Graphical User Interface, es decir, Interface Gráfica de Usuario

EZ Config detecta automáticamente cual puerto en la radio esta unido a, “Main Port” o “Diagnostics Port”. El “Main Port” es usualmente un puerto estándar DB9 en radios cerradas. En transceptores “board-level” este puerto es el encabezado blanco de 10 pines. El “Diagnostics Port” en la mayoría de radios cerrados y “Mini” radios es un pequeño conector de 3 pines que tiene la etiqueta de “Diag”. En la Figura 4-82 se observa los tipos de puertos de las radios FreeWave.



**Figura 4-82 Puertos disponibles en la radio freeWave**

En las radios de nuestro proyecto, el puerto de configuración es tipo “Diagnostics Port”, junto con el cable de comunicación. Conectar la radio a la PC para realizar la respectiva configuración.

- Configuración de radio para S/E El Calvario

En las figuras, de la Figura 4-83 a las Figura 4-86, se observa la configuración de la radio. Los tabs que se configuran son: “Set Operation Mode”, “Transmission Characteristics”, “Set Baud Rate” y “MultiPoint Parameters”.



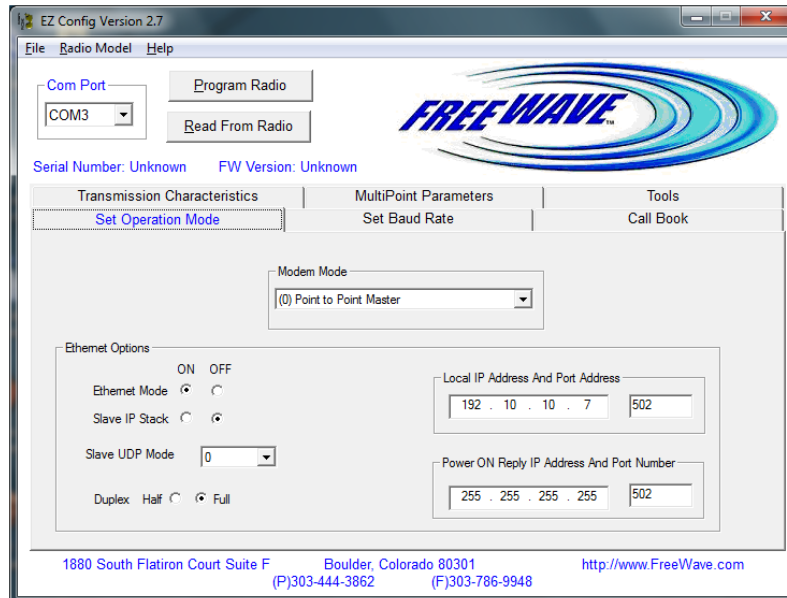


Figura 4-83 Configuración “Set Operation Mode” Radio S/E El Calvario

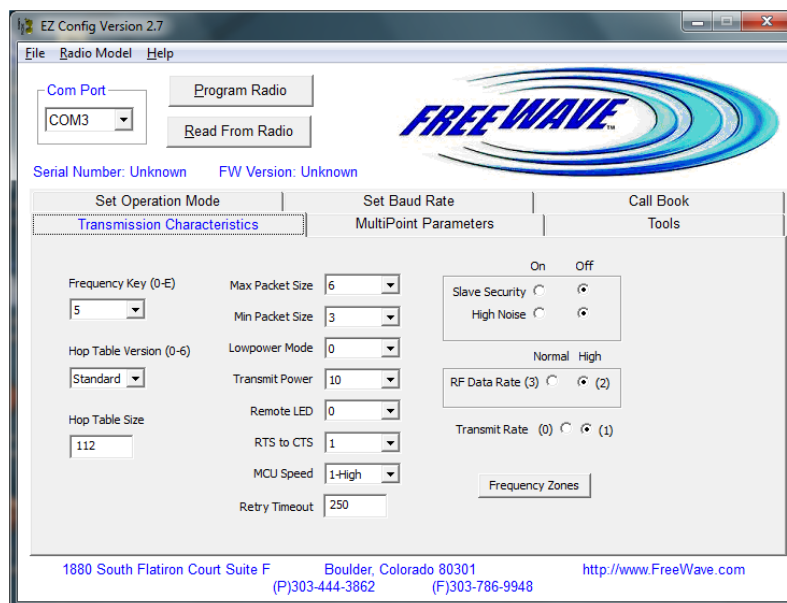


Figura 4-84 Configuración “Transmission Characteristics” Radio S/E El Calvario

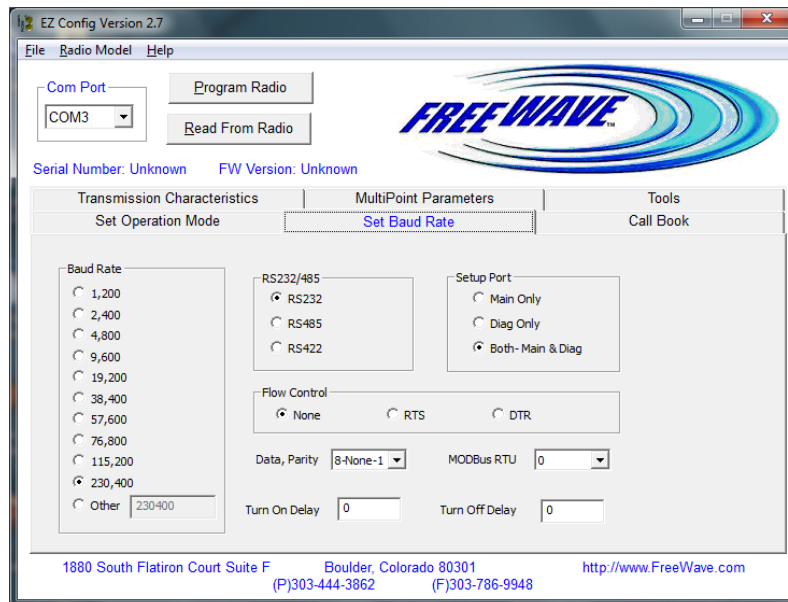


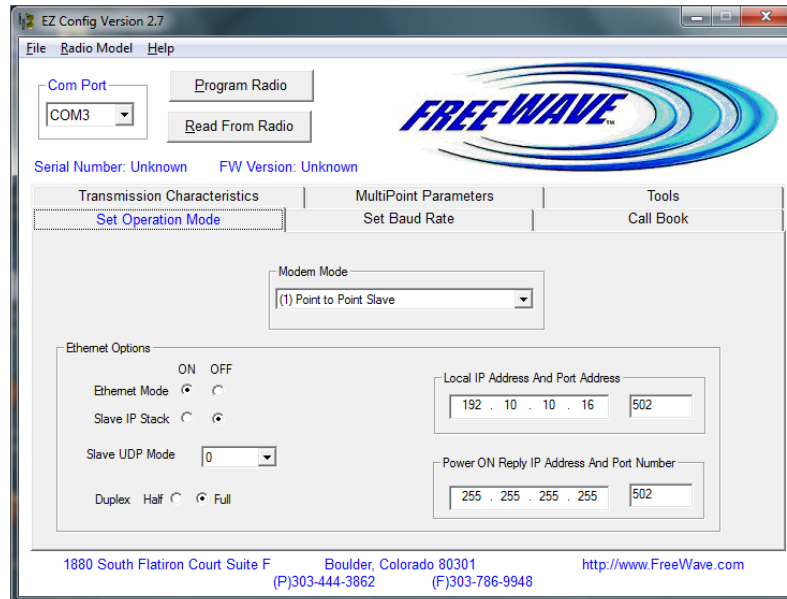
Figura 4-85 Configuración “Set Baud Rate” Radio S/E El Calvario



Figura 4-86 Configuración “MultiPoint Parameters” Radio S/E El Calvario

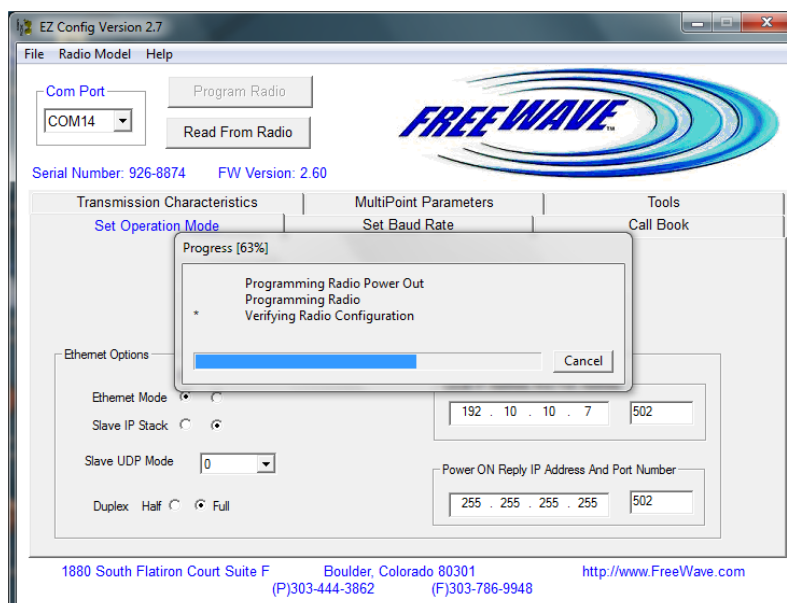
- Configuración de radio para S/E La Cocha

La configuración de la radio para la S/E La Cocha varía tan solo en el tab “Set Operation Mode”, como se observa en la Figura 4-87. Por lo demás, se mantiene la configuración que se realiza para la radio de la S/E El Calvario..



**Figura 4-87 Configuración "Set Operation Mode" Radio S/E La Cocha**

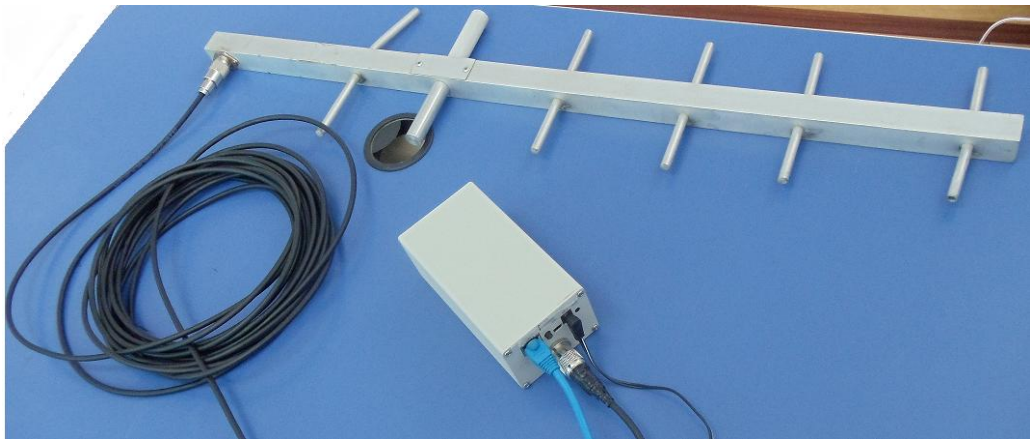
Una vez que todos los ajustes se verifican como correctos, presionar clic en sobre el botón "Program Radio". Durante la programación, un cuadro de diálogo, que muestra el estado actual y el progreso, se mostrará al usuario, como se observa en la Figura 4-88. Este diálogo se terminará al finalizar la programación del transceptor.



**Figura 4-88 Progreso de verificación de la configuración de la radio**

Finalmente, colocar el conector de la antena (diseñada a 900 MHz) en el conector de la radio, enroscándola; energizar la radio con una fuente de voltaje (6VDC a 30VDC, 200mA) e insertar el cable de red Ethernet correspondiente, como se observan en las figuras: Figura 4-89, Figura 4-90.

Ubicar la antena en un sitio específico, teniendo muy en cuenta que entre las antenas de la S/E El Calvario y de la S/E La Cocha debe existir línea de vista para una óptima transmisión.



**Figura 4-89 Conexión de la radio – Vista Posterior**



**Figura 4-90 Conexión de la radio - Vista Frontal**

## **CAPÍTULO V**

### **5 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se presentan las figuras que corresponden a las pantallas de la interfaz HMI del sistema de monitoreo de las subestaciones El Calvario y La Cocha, en funcionamiento.

Una vez que se ha implementado el hardware (cableado estructurado, switch's) y software (configuración del medidor ION 7650; I/O Server, Servidor OPC, Interfaz HMI desarrollado en LabView 8.5) necesarios en las subestaciones El Calvario y La Cocha, se puso a prueba el sistema de monitoreo con el fin de verificar el funcionamiento y corregir los errores, si es el caso, tanto en hardware como en software.

#### **5.2 S/E EL CALVARIO**

En la interfaz HMI, la pantalla de monitoreo de la S/E El Calvario permite visualizar el diagrama unifilar y sus respectivos parámetros eléctricos de medida y, junto a ellos, el botón que corresponde al medidor ION 7650 instalado, respectivamente.

En la Figura 5-1, se observa la pantalla de la S/E El Calvario sin conexión, es decir, no se han conectado los cables de comunicación al switch, por consecuencia los focos indicadores de comunicación, ubicados al lado superior derecho junto al botón del medidor ION 7650, se encuentran de color verde.

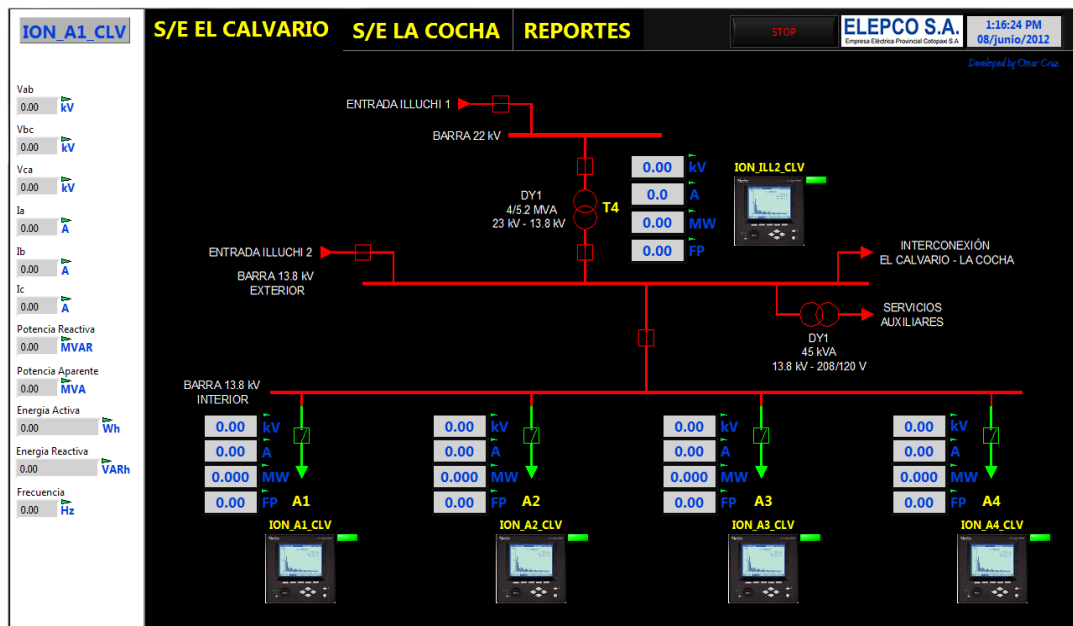


Figura 5-1 Pantalla S/E El Calvario sin conexión

En la Figura 5-2, se observa la pantalla de la S/E El Calvario con conexión, estableciendo comunicación con los medidores, como consecuencia se tienen los focos indicadores de comunicación en color rojo, permitiendo de esta manera observar los parámetros eléctricos, voltaje (kV), corriente (A), potencia activa (MW) y factor de potencia (FP), de los medidores en tiempo real.

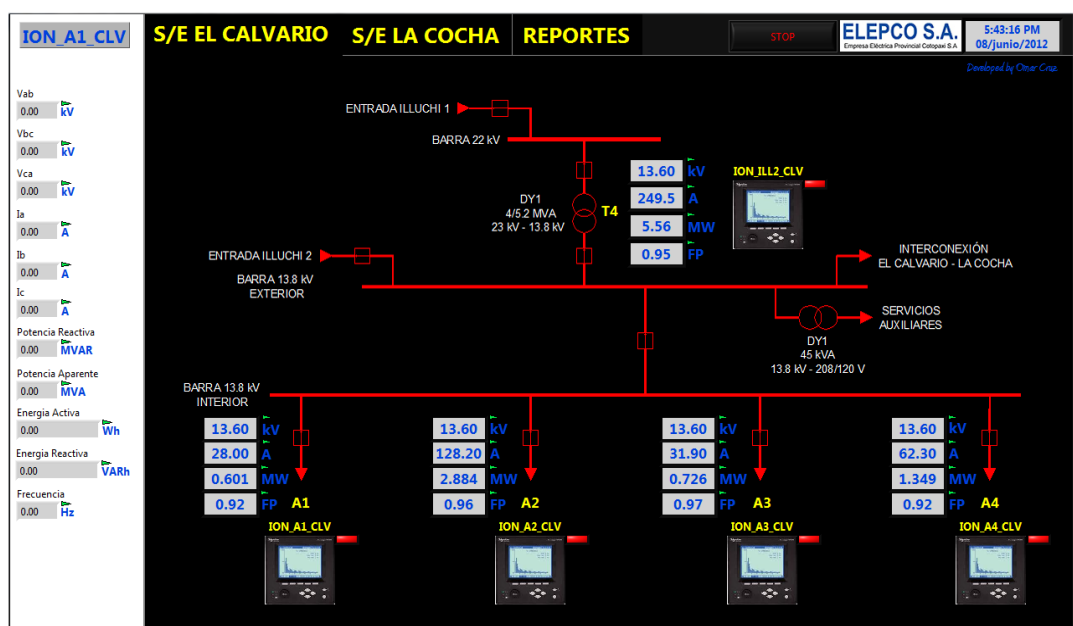


Figura 5-2 Pantalla S/E El Calvario con conexión

Con respecto a los botones, cada uno de ellos permite observar con mayor detalle los parámetros eléctricos que corresponden al alimentador o transformador en el cual se encuentra instalado un medidor ION 7650. En Figura 5-3 se pueden observar la pantalla que corresponde a la acción del botón del medidor ION\_A1\_CLV, de la interfaz HMI de la S/E El Calvario.

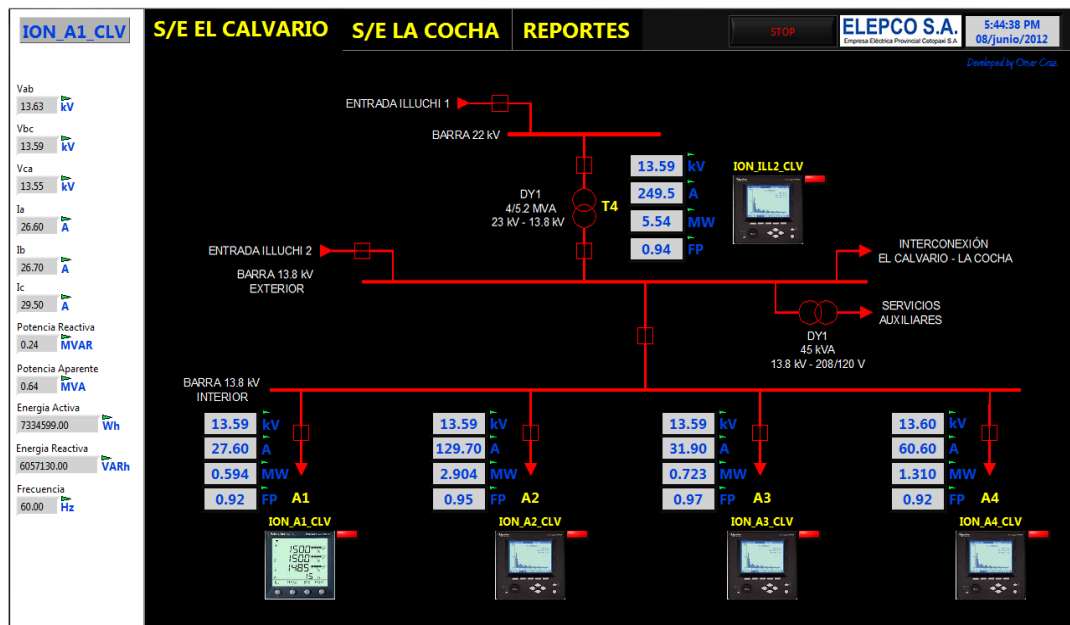


Figura 5-3 Parámetros eléctricos del medidor ION\_A1\_CLV

### 5.3 S/E LA COCHA

En la interfaz HMI, la pantalla de monitoreo de la S/E La Cocha permite visualizar el diagrama unifilar y sus respectivos parámetros eléctricos de medida y, junto a ellos, el botón que corresponde al medidor ION 7650 instalado, respectivamente.

En la Figura 5-4, se observa la pantalla de la S/E La Cocha sin conexión.

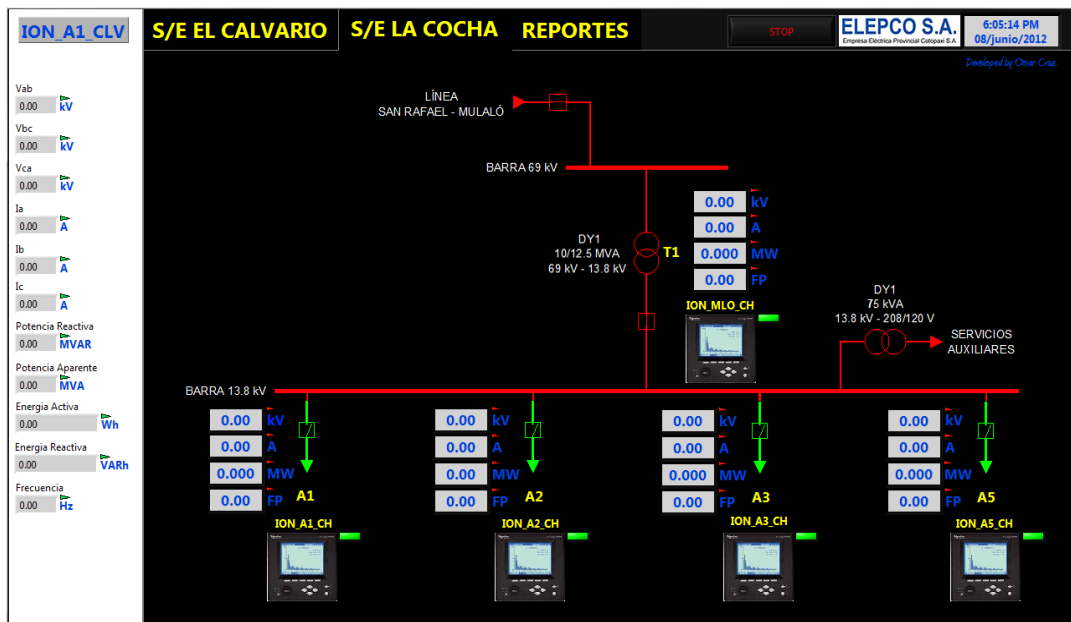


Figura 5-4 Pantalla S/E La Cocha sin conexión

En la Figura 5-5, se observa la pantalla de la S/E La Cocha con conexión.

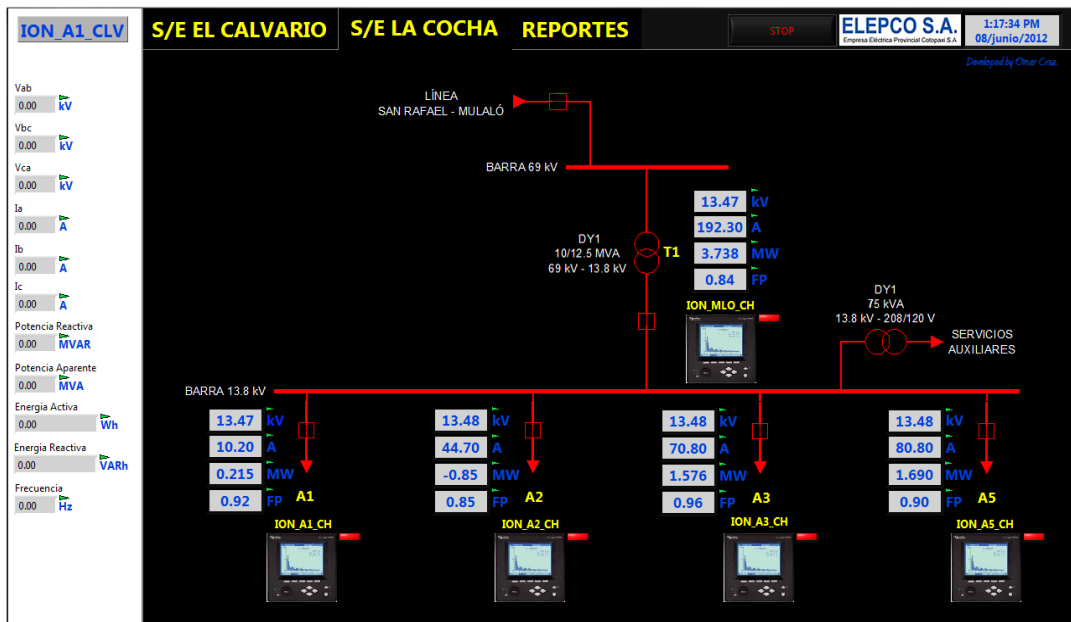


Figura 5-5 Pantalla S/E La Cocha con conexión

De igual forma, los botones permiten observar con mayor detalle los parámetros eléctricos que corresponden al alimentador o transformador en el cual se encuentra instalado un medidor ION 7650. En las Figura 5-6 se puede



observar la pantalla de acción del botón ION\_A1\_CH, de la interfaz HMI de la S/E La Cocha. Nótese que el alimentador A4 no se encuentra diseñado en la interfaz HMI de la S/E La Cocha, debido a que se encuentra instalado un medidor analógico al cual no se pudo poner en la red del sistema para monitorear sus parámetros eléctricos.

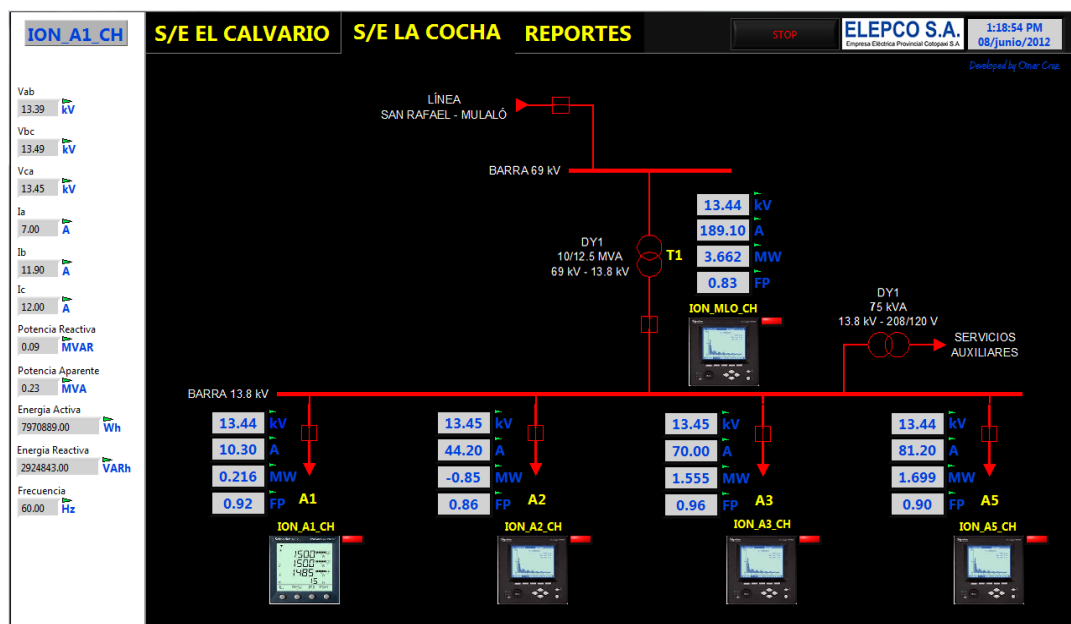


Figura 5-6 Parámetros eléctricos del medidor ION\_A1\_CH

## 5.4 REPORTE

Los reportes se tomaron por separado, es decir, en un instante se tomó los reportes de la S/E El Calvario y en otro se tomó los reportes de la S/E La Cocha. Esta manera de registrar los reportes surgió debido a que la comunicación inalámbrica, que transmite los datos desde la S/E La Cocha hacia la S/E El Calvario, no se encuentra establecida. El motivo de no tener comunicación establecida se debe a que la ELEPCO S.A. auspicia el proyecto, y además es quien provee del equipo necesario para implementar el sistema de monitoreo por completo.

En la Figura 5-7 se observa la pantalla que corresponde a los reportes que se generan en la interfaz HMI para la S/E El Calvario, durante un día completo, iniciado a las 00h00 y terminado a las 23h46 aproximadamente.

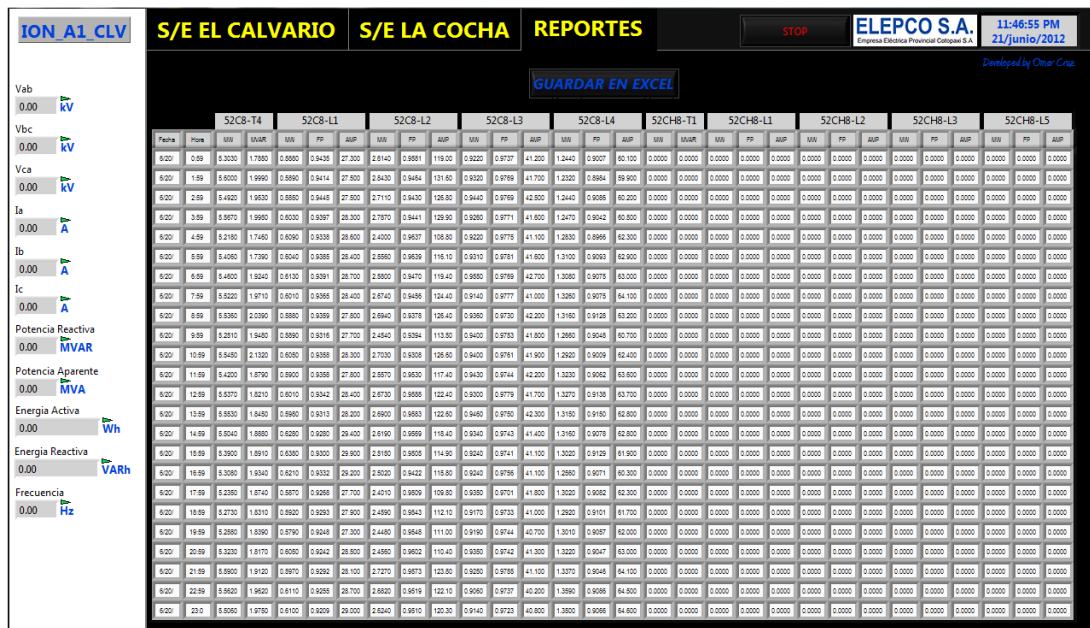


Figura 5-7 Reporte generado en la interfaz HMI de la S/E El Calvario

Para almacenar el reporte generado en la interfaz HMI, se debe presionar clic sobre el botón “GUARDAR EN EXCEL”. Una vez que se ha realizado este proceso, los datos se guardarán en un archivo Excel con la extensión “.xls”, en la carpeta de destino previamente seleccionada. Los datos guardados en Excel, que corresponden al reporte que se observa en la pantalla de la Figura 5-7, se observan en la pantalla de la Figura 5-8.

Sin embargo, los operadores de las subestaciones también registran como dato del día, es decir a las veinticuatro horas del día, la energía (Wh) de cada alimentador. En el reporte que se genera en la interfaz HMI no se visualiza el dato de la energía, pero al guardar el reporte completo en Excel, se guarda también el dato de la energía cada hora. En la pantalla de la Figura 5-9 se observa los datos de energía guardados en Excel de la S/E El Calvario.

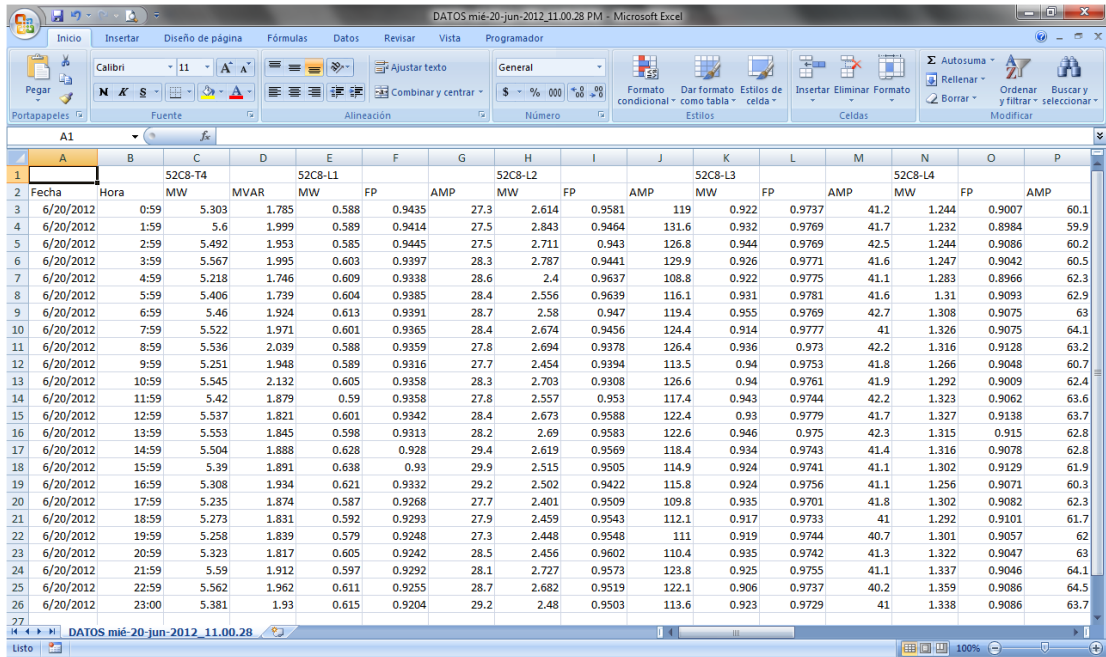


Figura 5-8 Reporte de parámetros eléctricos guardado en Excel de la S/E El Calvario

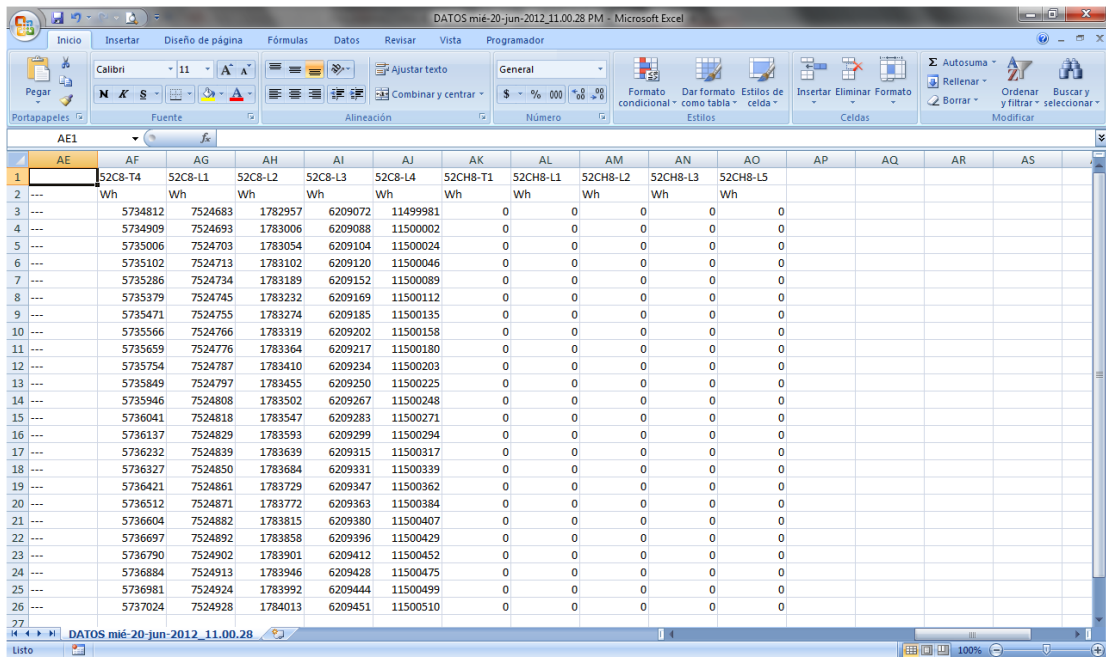


Figura 5-9 Reporte de energía guardado en Excel de la S/E El Calvario

En la Figura 5-10 se observa la pantalla que corresponde a los reportes que se generan en la interfaz HMI para la S/E La Cocha, durante un día completo.

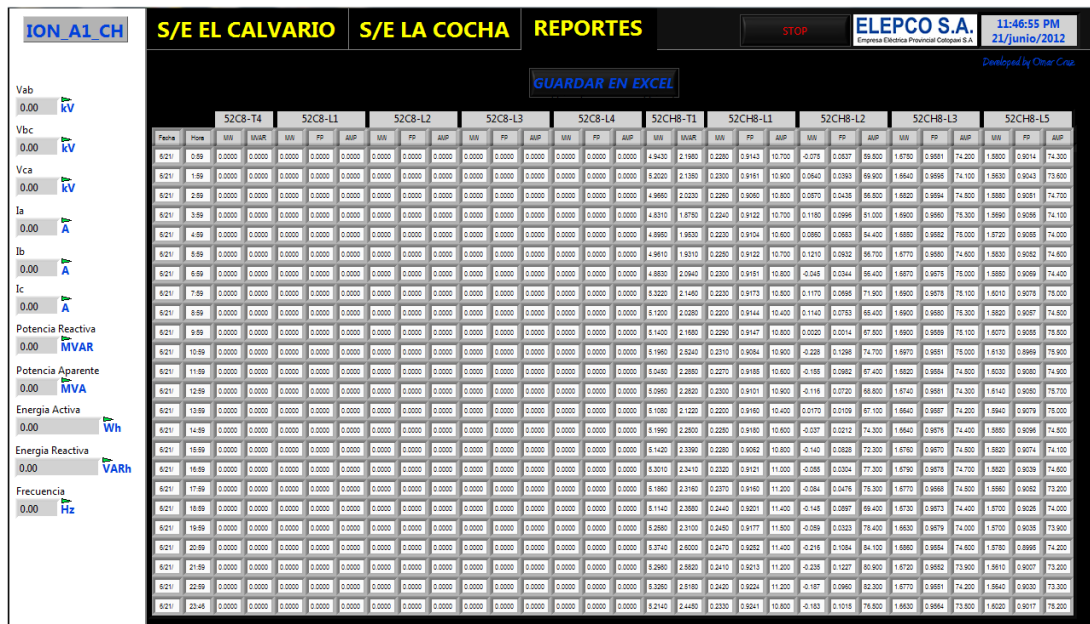


Figura 5-10 Reporte generado en la interfaz HMI de la S/E La Cocha

Los datos guardados en Excel, que corresponden al reporte que se observa en la pantalla de la Figura 5-10, se observan en la pantalla de la Figura 5-11. En la pantalla de la Figura 5-12 se observa los datos de energía guardados en Excel de la S/E La Cocha.

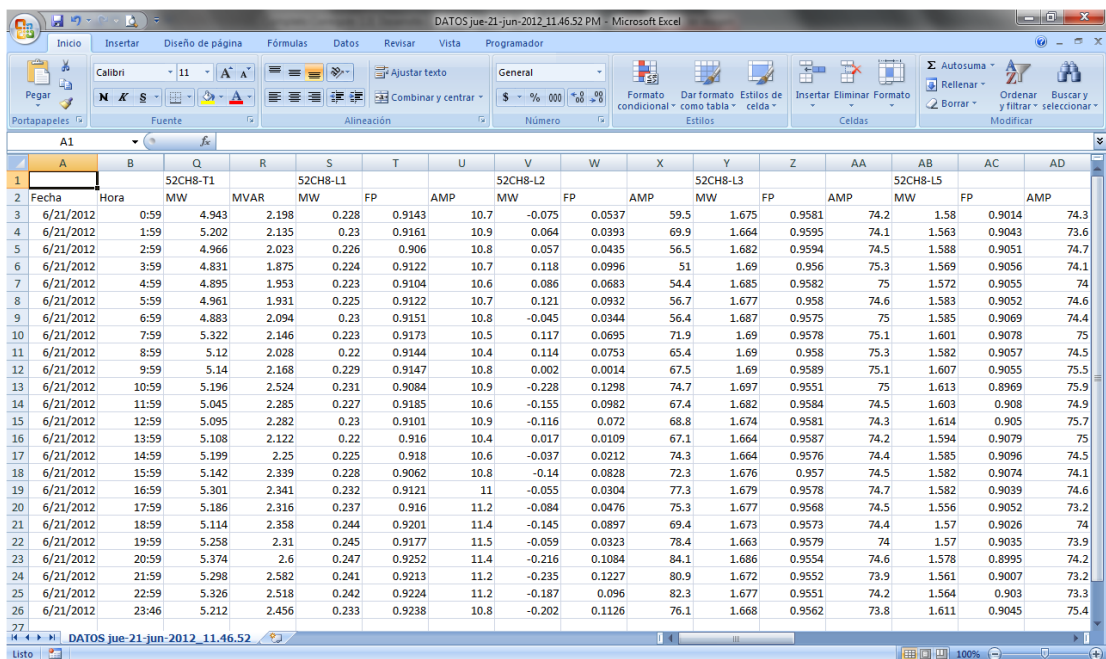


Figura 5-11 Reporte de parámetros eléctricos guardado en Excel de la S/E La Cocha

	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS
1	52C8-T4	52C8-L1	52C8-L2	52C8-L3	52C8-L4	52C8-T1	52C8-L1	52C8-L2	52C8-L3	52C8-L5					
2	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh					
3		0	0	0	0	0	4985392	8057883	5034584	8285551	606584				
4		0	0	0	0	0	4985455	8057886	5034586	8285571	606603				
5		0	0	0	0	0	4985493	8057887	5034586	8285584	606615				
6		0	0	0	0	0	4985508	8057888	5034587	8285589	606620				
7		0	0	0	0	0	4985562	8057890	5034587	8285608	606637				
8		0	0	0	0	0	4985609	8057893	5034588	8285624	606652				
9		0	0	0	0	0	4985654	8057895	5034588	8285639	606667				
10		0	0	0	0	0	4985697	8057897	5034589	8285654	606681				
11		0	0	0	0	0	4985721	8057898	5034589	8285662	606688				
12		0	0	0	0	0	4985790	8057900	5034590	8285678	606704				
13		0	0	0	0	0	4985791	8057901	5034590	8285685	606710				
14		0	0	0	0	0	4985841	8057903	5034590	8285702	606726				
15		0	0	0	0	0	4985867	8057904	5034590	8285710	606734				
16		0	0	0	0	0	4985892	8057905	5034590	8285718	606742				
17		0	0	0	0	0	4985925	8057907	5034590	8285729	606752				
18		0	0	0	0	0	4985947	8057908	5034590	8285736	606759				
19		0	0	0	0	0	4985996	8057910	5034590	8285752	606774				
20		0	0	0	0	0	4986022	8057911	5034590	8285760	606781				
21		0	0	0	0	0	4986058	8057913	5034590	8285771	606792				
22		0	0	0	0	0	4986109	8057915	5034590	8285788	606808				
23		0	0	0	0	0	4986131	8057916	5034590	8285795	606814				
24		0	0	0	0	0	4986172	8057918	5034590	8285807	606826				
25		0	0	0	0	0	4986201	8057919	5034590	8285817	606835				
26		0	0	0	0	0	4986281	8057923	5034590	8285842	606859				
27															

**Figura 5-12 Reporte de energía guardado en Excel de la S/E La Cocha**

Al presente documento se adjunta un manual de usuario, Anexo 4. Este manual facilitará al operador de la subestación familiarizarse con las etiquetas, variables, procedimientos que se manejan en el proyecto del sistema de monitoreo, tanto en hardware como en software, para el correcto funcionamiento del mismo.

## CAPÍTULO VI

### 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de monitoreo de los medidores ION 7650 instalados en las subestaciones La Cocha y El Calvario permite disponer la información necesaria que los operadores registran, a diario, en una interfaz HMI gráfica, amigable y de fácil manejo.
- La implementación de una red Ethernet Industrial es una de las mejores opciones para la automatización de empresas de desarrollo industrial y energético debido a que es un estándar para la comunicación, de tecnología abierta, de bajo costo de inversión (que varía de acuerdo al grado de protección que se utilice) y de altas prestaciones de disponibilidad, fiabilidad y determinismo.
- La utilización de tecnología de comunicación moderna (Ethernet Industrial) en combinación con equipos electrónicos inteligentes denominados IEDs (Medidor PowerLogic ION7650) destinados para la medición de parámetros eléctricos son herramientas que proporcionan confiabilidad a los sistemas eléctricos de potencia modernos, lo que exige la norma IEC61850.
- El sistema de monitoreo permite incrementar la calidad del servicio que presta ELEPCO S.A. y sobre todo de incrementar la protección hacia los operadores, evitando que se acerquen a los equipos de alto voltaje para registrar los datos que necesitan a diario.
- Para la implementación del cableado del sistema, existió inconvenientes al momento de pasar el cable desde cada medidor ION 7650 hacia el switch para concentrar la información, para lo cual se mantiene una estética,

ubicando los cables por espacios en los que no se interrumpa la visibilidad y el normal desempeño de los operadores.

- En la S/E El Calvario se dispone de un patch panel, donde se concentra todo el cableado estructurado de los medidores ION 7650, y de este dispositivo se conecta al switch por medio de cable directo con la norma EIA/TIA 568A. En la S/E La Cocha se dispone de un switch al cual se concentra el cableado estructurado desde los medidores ION 7650 por medio de cable directo con la norma EIA/TIA 568A.
- El medidor PowerLogic ION 7650 es un IED que permite una configuración básica (configuración modo Volts) y se lo hace cuando se pone en funcionamiento, por primera vez, bajo ciertas condiciones y conexiones de acuerdo al uso que se le va a dar.
- El medidor PowerLogic ION 7650 está configurado para una comunicación utilizando el protocolo Modbus TCP. Esta configuración se lo realiza usando el panel frontal o por medio del programa ION Setup, en la opción Configuración de Red o “Network Setup”.
- El software del sistema de monitoreo está desarrollado en Labview 8.5, junto con su respectivo toolkit DSC, en el cual se diseñaron los I/O Servers para comunicación utilizando protocolo Modbus TCP, el servidor OPC y la interfaz gráfica HMI.
- Cada I/O Server está configurado con una dirección IP, correspondiente a cada medidor, en el cual se seleccionan las direcciones de los registros Modbus que se necesitan para el monitoreo y que además se encuentran etiquetadas. Estas mismas direcciones están configuradas en el Servidor OPC, caso contrario existirá un conflicto en la comunicación y la red no funcionará correctamente.

- La interfaz gráfica HMI se desarrolló utilizando los recursos básicos que posee LabView 8.5, es decir, no se utilizó ningún toolkit adicional y que se diseñó, amigablemente, de forma que sea de fácil interpretación para el operador.
- Todos los datos que se observan en la interfaz gráfica HMI del sistema de monitoreo, además de los reportes, están en tiempo real sin ningún tipo de retardo de tiempo tanto en adquirir el dato como en presentar el dato.
- Los reportes, que se guardan en Excel versión 2002 (\*.xls), se almacenan con fecha y hora por lo que no puede sobre escribirse el archivo al momento de guardar otro reporte.
- La automatización realizada puede implementarse en el resto de subestaciones pertenecientes a ELEPCO S.A, debido a que todas las subestaciones poseen instaladas los medidores PowerLogic ION, mismos que se utilizan para el desarrollo del presente proyecto.
- La comunicación inalámbrica está diseñada, utilizando equipos de radio FreeWave a frecuencia de 900 MHz con puerto de comunicación Ethernet. Para implementar esta comunicación se requiere del equipo, y su respectiva configuración y conexión física (fuente de alimentación, cable de red y antena).

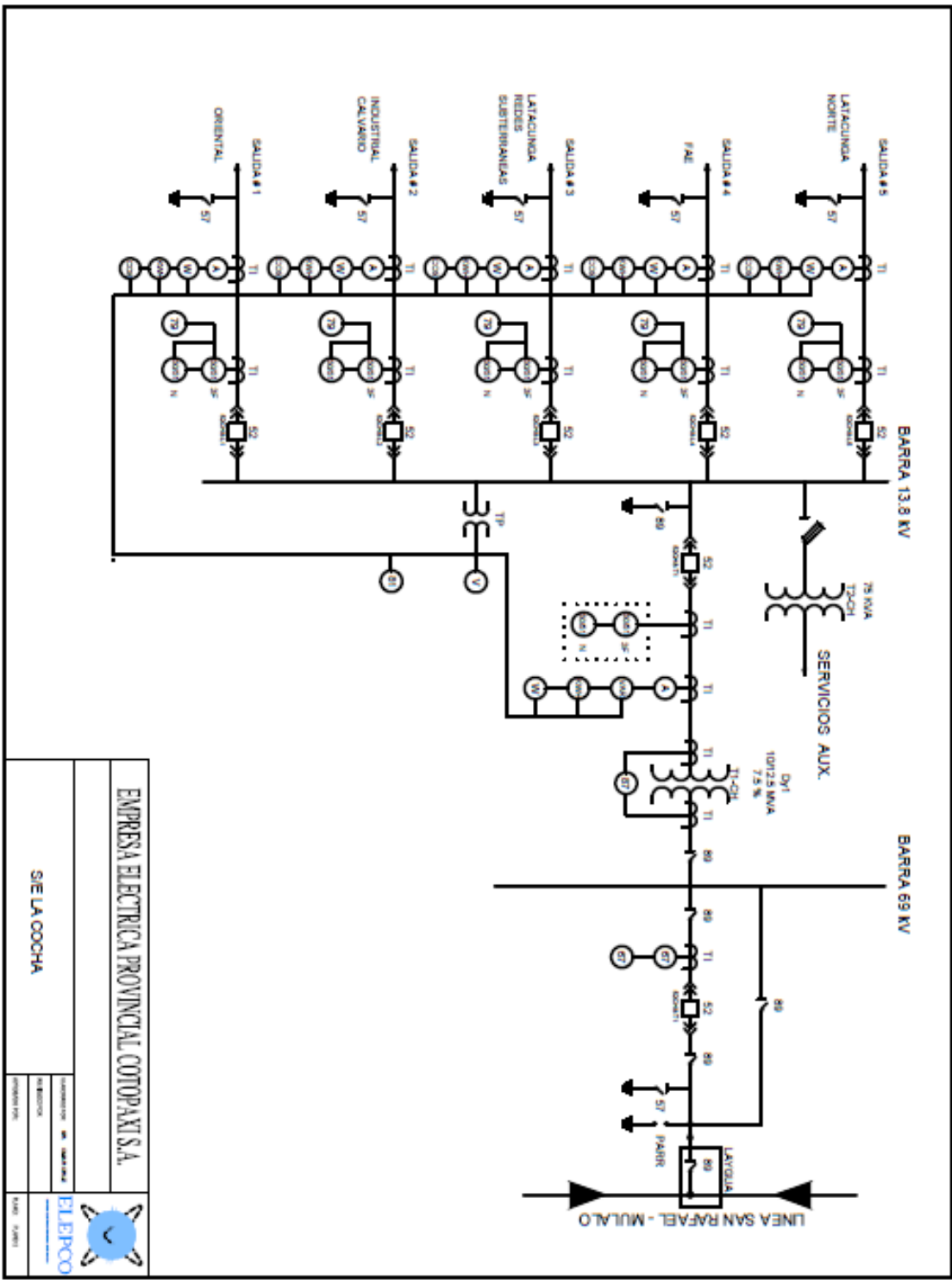


## 6.2 RECOMENDACIONES

- Para realizar trabajos en ambientes de alto voltaje se debe utilizar el equipo y vestuario adecuado siendo estos el casco de protección, botas, guantes.
- Para realizar cualquier trabajo o conexión dentro de los equipos de alto voltaje, por ejemplo disyuntores de los alimentadores de distribución, tener el mayor de los cuidados debido a que se deben realizar estos trabajos en vivo, es decir, con la red eléctrica y equipos conectados.
- Revisar el funcionamiento del medidor ION 7650 una vez que se ha modificado la configuración de red, ya que puede haberse modificado por error otros parámetros que varíe su correcto funcionamiento.
- Tener los equipos y herramientas necesarias para el trabajo, para evitar improvisaciones o, peor aún, utilizar elementos no adecuados para el ambiente eléctrico.

# ANEXO 1

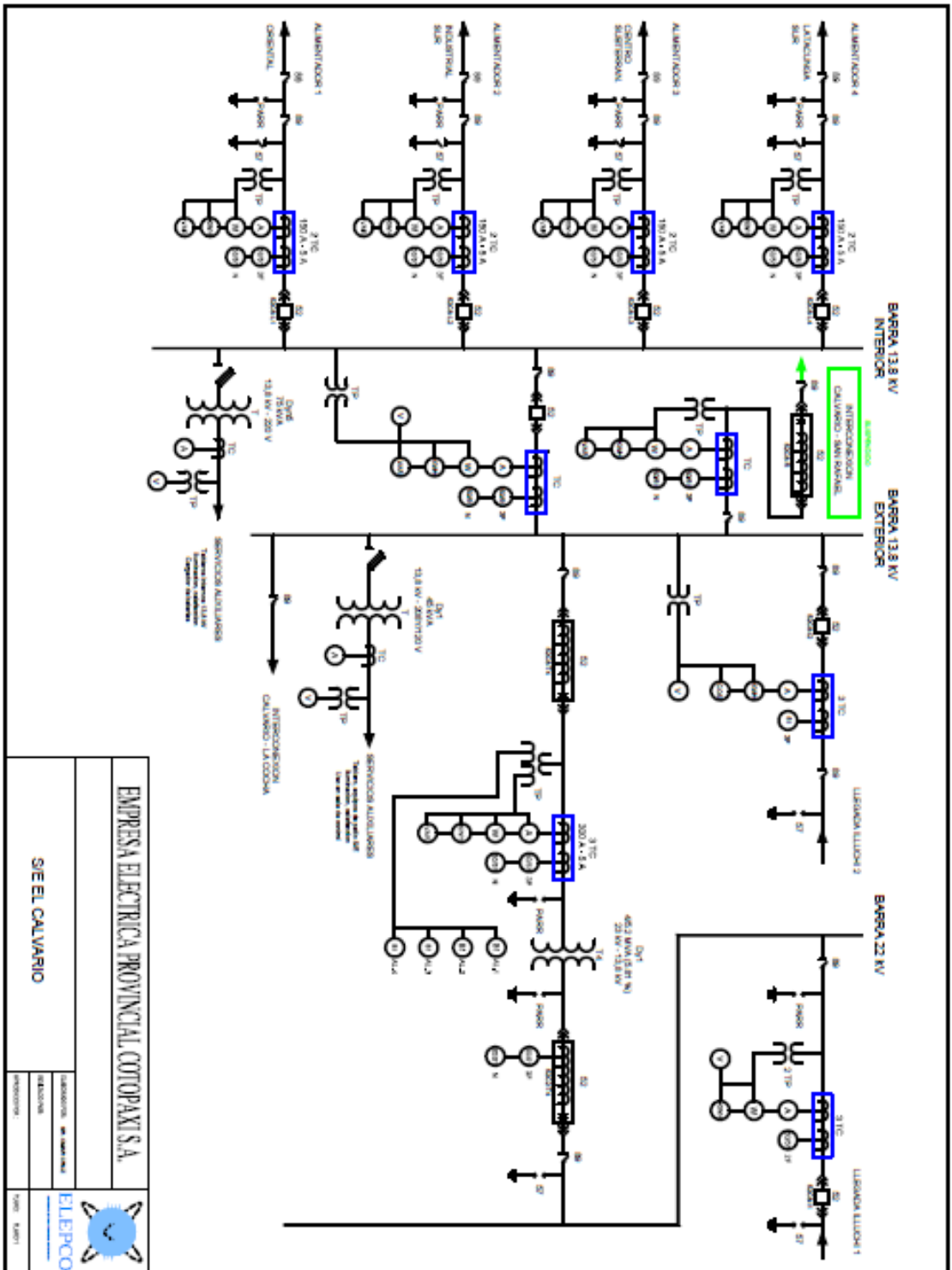
## DIAGRAMAS UNIFILARES DE LAS S/E LA COCHA Y EL CALVARIO



**EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.**

**SIE LA OCHOA**

ADMINISTRACION DE OPERACIONES DE SERVICIOS	
PROYECTOS	MAIO 2008



<b>EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A.</b>		
<b>S/E EL CALVARIO</b>		
LABORATORIO DE CONTROL	REVISION	ELEPCO
AUTORIZADO	REVISADO	FECHA: 14/01/2011

# ANEXO 2

DATOS TÉCNICOS

MEDIDOR

POWERLOGIC

ION 7550 / ION 7650

70004-0247-14  
06/2010

## PowerLogic™ ION7550 / ION7650

Medidor de energía y de calidad de energía



**Schneider**  
Electric

## Modelos ION7550 / ION7650 de PowerLogic

### Modelo de pantalla integrada

Tiene un puerto óptico delantero.

### Modelo TRAN (transductor)

El modelo TRAN no tiene pantalla.

## Opciones disponibles

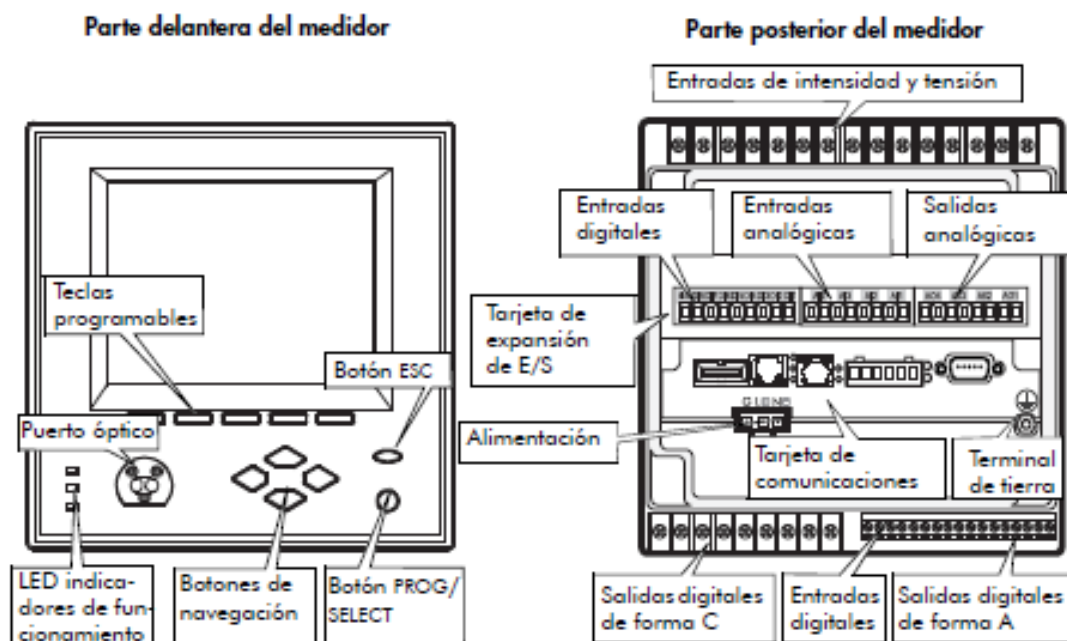
		Opción				
		Factor de forma	Entradas de intensidad	COM	Entradas/salidas	Seguridad
Modelo	ION7550	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Pantalla integrada</li> <li>◆ TRAN</li> <li>◆ 5 MB de memoria</li> <li>◆ 10 MB de memoria</li> <li>◆ Velocidad de muestreo de hasta 256</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Estándar (5 A)</li> <li>◆ 1 A</li> </ul> <b>Alimentación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Estándar</li> <li>◆ CC de baja tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Estándar (RS-232, RS-485, óptico)</li> <li>◆ Ethernet RJ45</li> <li>◆ Ethernet de fibra</li> <li>◆ Modem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Estándar (8 entradas digitales, 3 relés de forma C, 4 salidas de forma A)</li> <li>◆ 8 entradas digitales extra</li> <li>◆ Cuatro entradas digitales de 0-1 mA</li> <li>◆ Cuatro entradas analógicas de 0-20 mA</li> <li>◆ Cuatro salidas analógicas de -1-1 mA</li> <li>◆ Cuatro salidas analógicas de 0-20 mA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Estándar<sup>1</sup></li> <li>◆ RMANSI<sup>2</sup></li> </ul>
	ION7650	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Pantalla integrada</li> <li>◆ TRAN</li> <li>◆ 5 MB de memoria</li> <li>◆ 10 MB de memoria</li> <li>◆ Velocidad de muestreo de hasta 512 (estándar)</li> <li>◆ Velocidad de muestreo de 1024 (opcional)</li> <li>◆ Cumplimiento de EN50160</li> <li>◆ Cumplimiento de IEC61000-4-30 Clase A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Igual que ION7550</li> </ul> <b>Alimentación</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Igual que ION7550</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Igual que ION7550</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Igual que ION7550</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Igual que ION7550</li> </ul>

### Notas

<sup>1</sup> Estándar = protegido por contraseña, sin bloqueo ni precintado.

<sup>2</sup> RMANSI = medidor de consumo eléctrico aprobado según ANSI C12.16; cumple las normas de precisión ANSI C12.20 clase 0.2.

## Descripción general del medidor



### Funciones de los botones del panel frontal



**PROG/SELECT:** pulse el botón PROG/SELECT (programar o seleccionar) para entrar en el modo de configuración. En el modo de configuración, pulse el botón PROG/SELECT para aceptar cambios.

**ESC:** pulse el botón ESC (Escape) para volver a un menú anterior o abandonar un cambio de configuración.

**NAVEGACIÓN:** pulse los botones de flechas ARRIBA / ABAJO para resaltar elementos de menús o incrementar / disminuir números.


Pulse los botones de flecha IZQUIERDA o DERECHA para pasar a un número adyacente.

**TECLA PROGRAMABLE:** pulse un botón de TECLA PROGRAMABLE para seleccionar el parámetro que desea configurar desde los submenús.



## Conecte el terminal a tierra

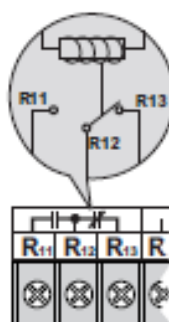


Conecte el terminal  a tierra correctamente con un cable de 2,1 mm<sup>2</sup> (14 AWG). Asegúrese de apretar perfectamente la tuerca del terminal al cable de tierra. No utilice bisagras metálicas como punto de puesta a tierra.

## Conecte las E/S digitales y las E/S analógicas

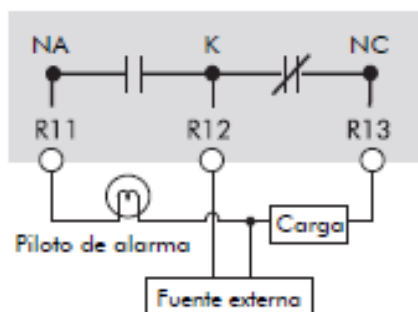
### Salidas digitales de forma C: relés mecánicos R1 - R3

Relé mecánico de forma C interno



Tipo	Forma C (R1, R2, R3)
Contactos	K (común), Y (NA), Z (NC)
Cable	Utilice cableado apropiado para la aplicación
Conector	Conector de anillo o de anillo deslizante
Valor nominal de tensión	250 VCA / 30 VCC
Carga nominal a tensión nominal	Resistiva: 10 A (CA/CC) Inductiva (FP=0,4): 7,5 A (CA) / 5 A (CC)
Tensión máxima	380 VCA / 125 VCC entre K y NA/NC
Protección MOV	300 V máx. entre NA y NC
Carga máx. a tensión máxima	3 A (CA) / 0,2 A (CC)
Tiempo de activación	15 ms máx.
Aislamiento	5.000 VCA durante 60 s
Tiempo de desactivación	5 ms máx.
Duración	Sin carga = 10.000.000 operaciones Tensión y carga nominales = 100.000 operaciones
Tiempo de actualización	½ ciclo o 1 s

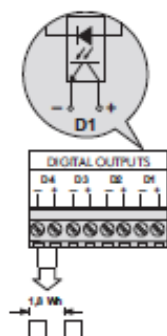
Mecedor



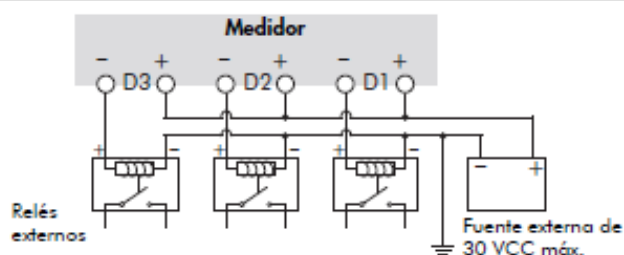
Los relés mecánicos deben protegerse siempre con fusibles externos

## Salidas digitales de forma A: salidas de relés de estado sólido D1 - D4

Relé de estado sólido de forma A interno

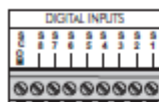


Tipo	Forma A (D1, D2, D3, D4)
Cable	1,3 a 0,1 mm <sup>2</sup> (16 a 28 AWG)
Tipo de señal	Continua o impulsos
Tensión de carga máx.	30 VCC
Intensidad de carga máx.	80 mA por canal
Aislamiento	Aislado ópticamente; aislamiento máx. 5.000 V RMS (UL-E91231)
Tiempo de exploración	½ ciclo o 1 s



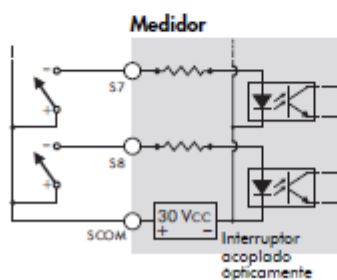
La salida D4 está configurada de fábrica para emitir un impulso cada 1,8 Wh para medidores de clase 20 o una vez cada 0,18 Wh para medidores de clase 2 (para pruebas de calibración).

## Entradas digitales: S1 - S8

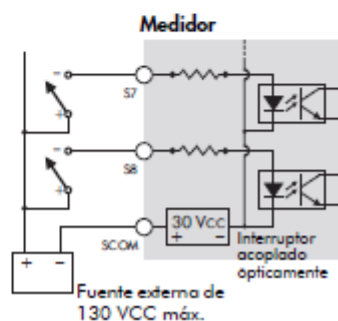


Tipo	Autoexcitado (fuente interna de 30 VCC)
Aplicación	Detección de contacto seco o con excitación externa
Cable	1,3 a 0,1 mm <sup>2</sup> (16 a 28 AWG)
Amplitud de impulso mín.	1 ms
Frecuencia máx. de repetición de los impulsos	20 impulsos por segundo
Resolución de la temporización	1 ms
Actualizada	½ ciclo (después de la resolución de la temporización)
Aislamiento a tierra	Máx. 200 VCC durante 10 s
Tensión externa máx.	130 VCC continua

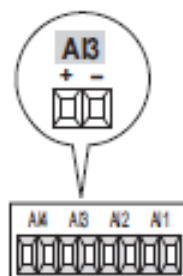
Excitación interna



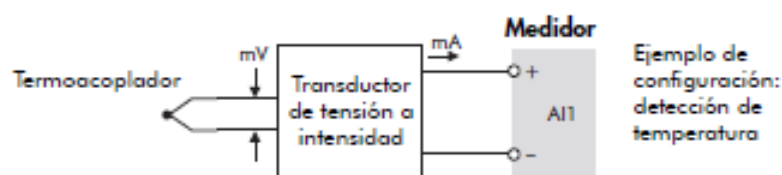
Excitación externa



## Entradas analógicas (opción pedida con el medidor): AI1 a AI4



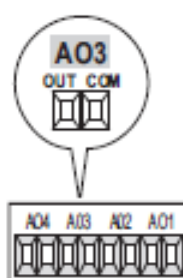
Tipo	Conector de conexión por resorte
Cable	1,3 a 0,1 mm <sup>2</sup> (16 a 28 AWG)
Tipo de señal	Intensidad CC
Opciones disponibles	0 a 20 mA (escalable a 4-20 mA) o de 0 a 1 mA
Impedancia de entrada	24 Ω (opción de 0-20 mA) o 475 Ω (opción de 0-1 mA)
Precisión	+/- 0,3% de escala completa
Velocidad de actualización	1 s
Aislamiento a tierra	750 V
Impedancia del aislamiento	Máx. 400 kΩ (canal/canal)



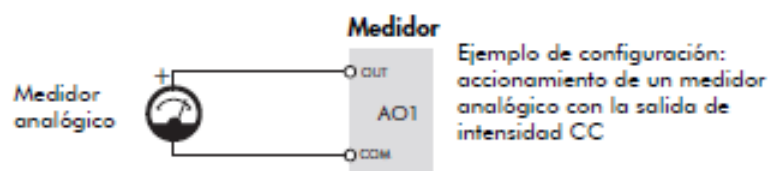
### NOTA

No conecte las entradas analógicas de la tarjeta de E/S a las salidas analógicas de la misma tarjeta.

## Salidas analógicas (opción pedida con el medidor): AO1 a AO4



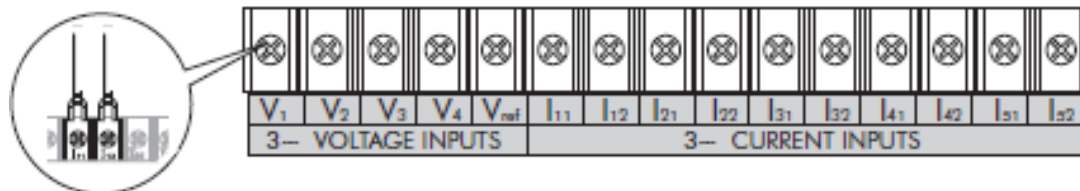
Tipo	Conector de conexión por resorte
Cable	1,3 a 0,1 mm <sup>2</sup> (16 a 28 AWG)
Tipo de señal	Intensidad CC
Opciones disponibles	0 a 20 mA (escalable a 4-20 mA) o de -1 a 1 mA (escalable a 0-1 mA)
Capacidad de accionamiento	500 Ω (opción de 0-20 mA) o 10 kΩ (opción de -1 a 1 mA)
Precisión	+/- 0,30% de escala completa
Velocidad de actualización	½ ciclo o 1 s
Latencia	Mín. 1 ciclo por medición + ½ ciclo por ION + 1 s de retardo por hardware
Aislamiento a tierra	750 V



### NOTA

No conecte las salidas analógicas de la tarjeta de E/S a las entradas analógicas de la misma tarjeta.

## Conecte las entradas de tensión e intensidad



### Entradas de tensión

Tipo de conector	Conector de anillo o de anillo deslizante
Sección de cable	3,3 a 2,1 mm <sup>2</sup> (12 a 14 AWG)
Valores nominales de las entradas	347 V L-N RMS /600 V L-L RMS
Captura de fallos	1.200 V de punta (L-N)
Sobrecarga	1.500 VCA RMS continua
Rigidez dieléctrica	2.500 VCA RMS a 60 Hz durante 60 s
Impedancia de entrada	5 MΩ/fase (fase - Vref)
Categoría de instalación	III

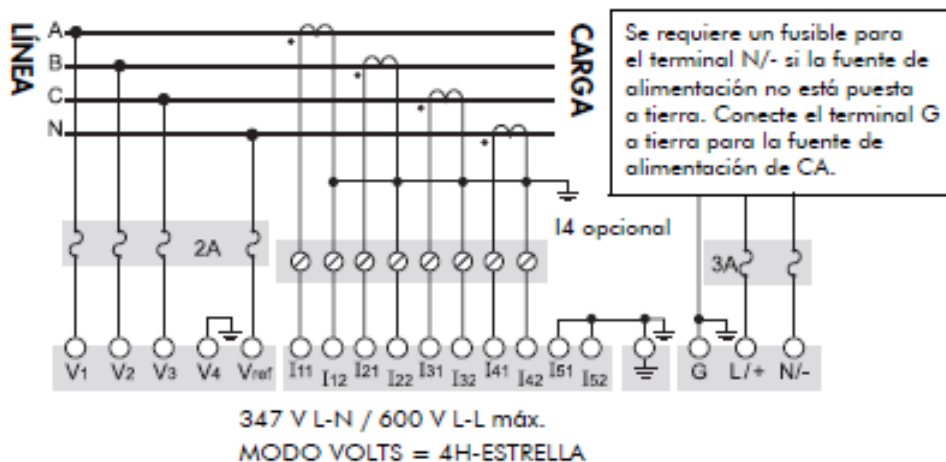
### Entradas de intensidad: entradas de intensidad de clase 20 (opción de 5 A)

Tipo de conector	Conector de anillo o de anillo deslizante
Sección de cable	5,3 a 3,3 mm <sup>2</sup> (10 a 12 AWG): utilice 8,4 mm <sup>2</sup> (8 AWG) para aplicaciones de 10-20 A
Valores nominales de las entradas	5 A, 10 A y/o 20 A RMS
Intensidad de arranque	0,005 A RMS
Captura de fallos	70 A de punta
Tensión máxima	600 V RMS (IEC61010-1 CAT III)
Sobrecarga	500 A RMS durante 1 s, no recurrente
Rigidez dieléctrica	2.500 VCA RMS a 60 Hz durante 60 s
Carga	0,05 VA por fase (a 5 A)
Impedancia	0,002 Ω por fase

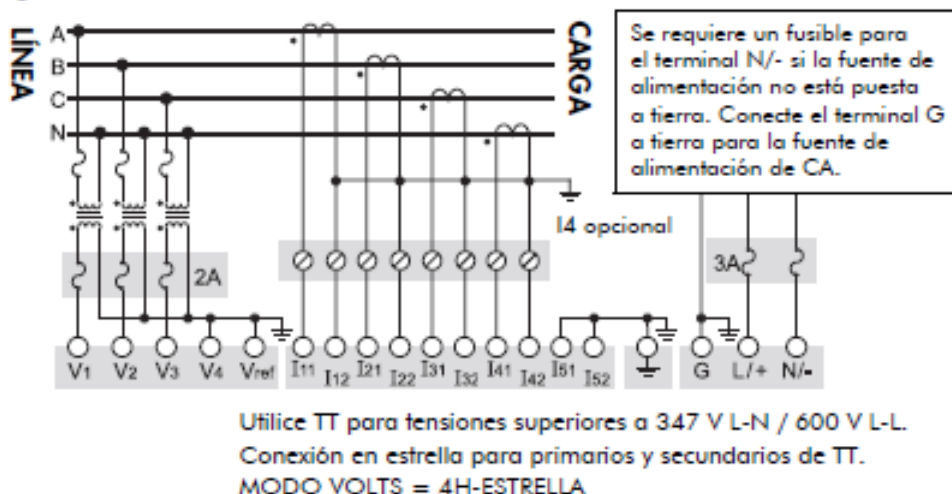
### Entradas de intensidad: entradas de intensidad de clase 2 (opción de 1 A)

Tipo de conector	Conector de anillo o de anillo deslizante
Sección de cable	5,3 a 3,3 mm <sup>2</sup> (10 a 12 AWG)
Valores nominales de las entradas	1 A, 2 A, 5 A y/o 10 A RMS
Intensidad de arranque	0,001 A RMS
Captura de fallos	17,5 A de punta
Tensión máxima	600 V RMS (IEC61010-1 CAT III)
Sobrecarga	50 A RMS durante 1 s, no recurrente
Rigidez dieléctrica	2.500 VCA RMS a 60 Hz durante 60 s
Carga	0,015 VA por fase (a 1 A)
Impedancia	0,015 Ω por fase

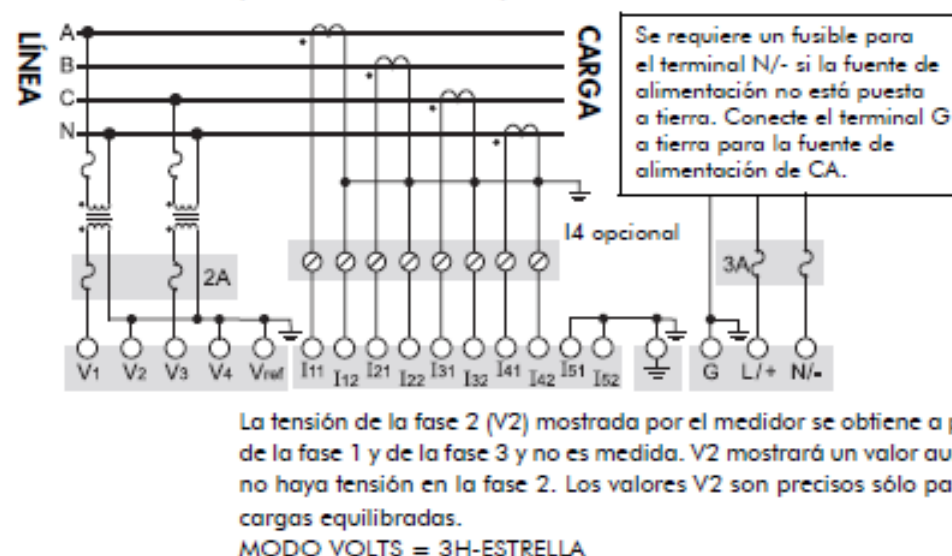
### Diagrama de conexión directa, 3 elementos, estrella de 4 hilos



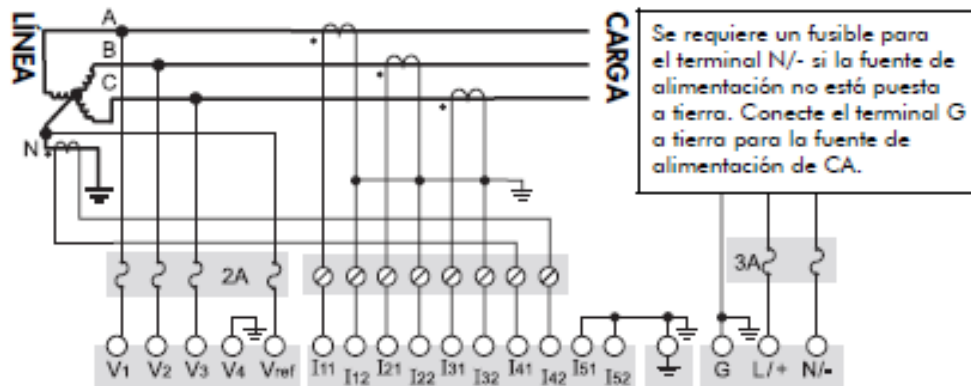
### Diagrama de conexión de 3 TT, 3 elementos, estrella de 4 hilos



### Conexión de 2 TT, 2 1/2 elementos, estrella de 4 hilos

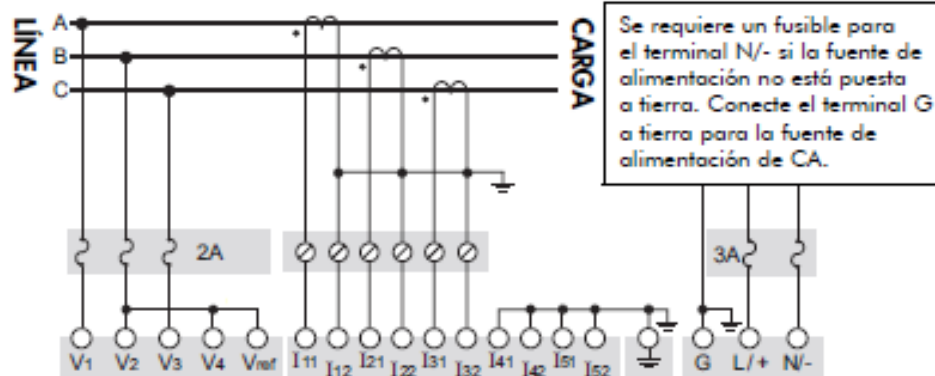


### Estrella con conexión directa a tierra de 3 hilos, 3 elementos



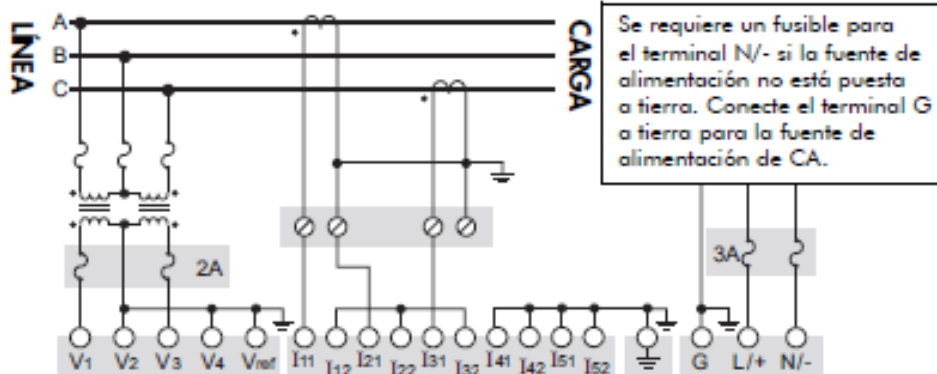
Cuando el punto común o de la estrella de un sistema en estrella de 3 hilos está conectado a tierra, el medidor se puede conectar directamente sin utilizar TT, siempre que las tensiones de fase estén dentro de la escala del medidor.  
 MODO VOLTS = 4H-ESTRELLA

### Conexión directa, 2 ½ elementos, triángulo de 3 hilos



600 V L-L máx.  
 MODO VOLTS = TRIÁNGULO

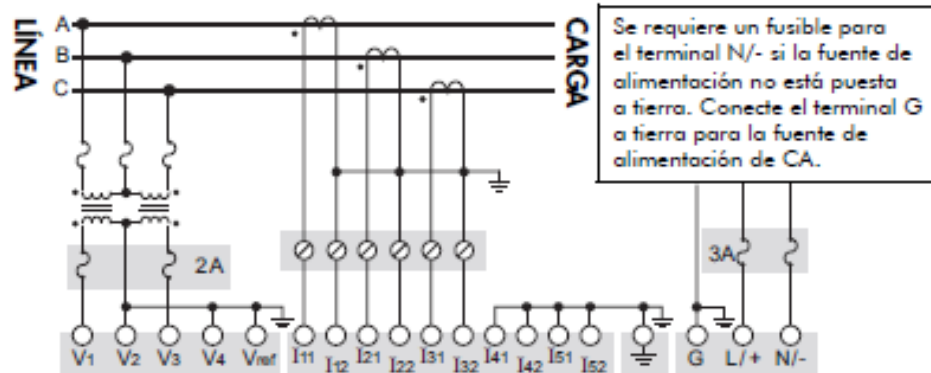
### Triángulo de 3 hilos, 2 elementos, 2 TT y 2 TI



Utilice TT para tensiones superiores a 600 V L-L.  
 MODO VOLTS = TRIÁNGULO

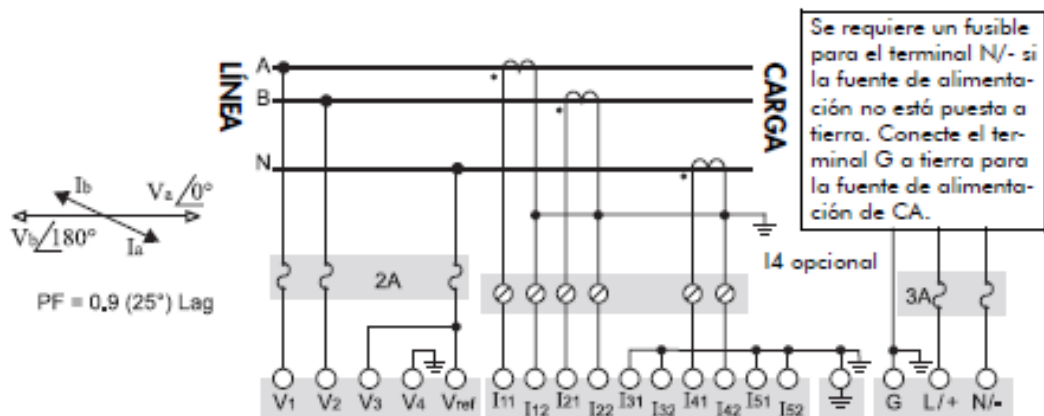


### Triángulo de 3 hilos, 2 1/2 elementos, 2 TT y 3 TI



Utilice TT para tensiones superiores a 600 V L-L.  
MODO VOLTS = TRIÁNGULO

### Esquema de conexión de una sola fase



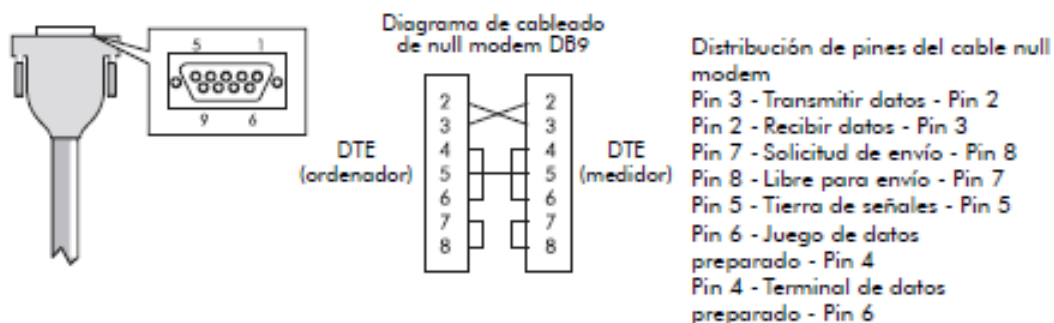
277 V L-N / 554 V L-L máx. Utilice TT para tensiones superiores.  
MODO VOLTS = MONOFÁSICO

### Uso de transformadores de tensión

Modo del sistema	Rango de tensiones	Requiere TT
Estrella	120 V L-N o 208 V L-L	No
	277 V L-N o 480 V L-L	No
	347 V L-N o 600 V L-L	No
	Por encima de 347 V L-N o 600 V L-L	Sí
Monofásico	120 V L-N o 240 V L-L	No
	277 V L-N o 554 V L-L	No
	Por encima de 277 V L-N o 554 V L-L	Sí
Triángulo	Hasta 600 V L-L	No
	Por encima de 600 V L-L	Sí

## Conecte las comunicaciones

### Conexiones RS-232 (COM1)

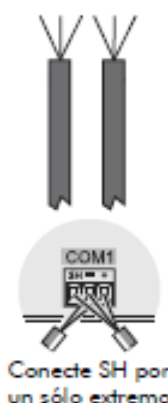


Especificación	Medidor conectado a ordenador	Medidor conectado a módem externo
Tipo de conector	Extremo hembra DB9 para acoplar con conector macho en el medidor	
Cable	Cable null modem RS-232	Cable recto pasante RS-232
Longitud máxima del cable	15,2 m	
Velocidad de datos	300 – 115.200 bps	
Aislamiento	Óptico	
Bidireccional	Simultánea	
Cumplimiento	ANSI/IEEE C37.90-1-2002 pruebas de resistencia a sobretensiones transitorias y de transitorios rápidos	

### Conexiones RS-485 (COM1 y COM2)



SH	Blindaje de RS-485 (conectado eléctricamente a la tierra del chasis)
-	Datos negativos de RS-485
+	Datos positivos de RS-485



Tipo de conector	Conexión por resorte
Cable	Cable RS-485 de par trenzado blindado, 0,33 mm <sup>2</sup> (22 AWG) o mayor
Longitud máxima del cable	1.219 m total para todo el bus
Velocidad de datos	300 – 115.200 bps
Nº máximo de dispositivos (por bus)	32
Aislamiento	Óptico
Bidireccional	No simultánea
Cumplimiento	ANSI/IEEE C37.90-1-2002 pruebas de resistencia a sobretensiones transitorias y de transitorios rápidos



## Conexiones infrarrojas (COM4)

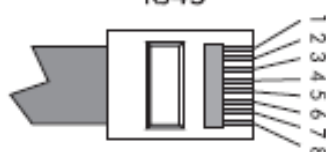


Interfaz	Puerto óptico ANSI C12.18 tipo II
Ubicación	Parte delantera del medidor
Velocidad de datos	1.200 – 19.200 bps
Bidireccional	No simultánea

## Conexiones Ethernet (si dispone de ellas)

### 10BASE-T/100BASE-TX

RJ45



Pin 1: Transmitir datos +  
 Pin 2: Transmitir datos -  
 Pin 3: Recibir datos +  
 Pin 6: Recibir datos -

Tipo de cable	Cable de par trenzado sin blindaje de alta calidad y de categoría 5 o 6
Tipo de conector	RJ45 modular
Longitud máxima	100 m
Tipo	10/100BASE-T según IEEE 802.3 para LAN CSMA/CD de banda base de 10/100 Mbps
Velocidad de datos	10/100 Mbps
Aislamiento	Transformador aislado hasta 1.500 V RMS
Número máximo permitido de conexiones	4 simultáneas (32 a través de Modbus TCP/IP)

### 100BASE-FX (fibra)



Cable de fibra de tipo SC

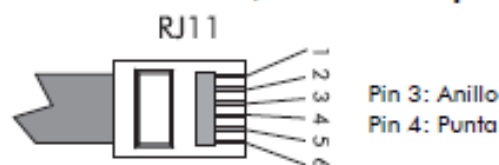
Tipo de cable	Cable de fibra óptica multimodo de 62,5/125 o 50/125 micrómetros
Tipo de conector	SC
Longitud máxima	2.000 m bidireccional simultánea 400 m bidireccional no simultánea
Velocidad de datos	100 Mbps
Aislamiento	Óptico

### Puertos de servicio Ethernet TCP/IP

Sólo se permite cada vez una conexión EtherGate por puerto

Protocolo	Puerto
ION	7700
Modbus RTU	7701
Modbus TCP	502
EtherGate (COM1)	7801
EtherGate (COM2)	7802
DNP TCP	20.000
SMTP	25 (configurable)

## Conexión de módem interno (COM3 si dispone de ella)



Tipo de conector	RJ11
Tipo de cable	Cable para teléfono que cumpla la sección 6B de la normativa FCC (dos extremos RJ11 machos)
Velocidad de datos	300 bps – 56 kbps
Corrección de errores	V.42 LAPM, MNP 2-4, V.44
Compresión de datos	V.42 bis/MNP 5

## Conecte la alimentación eléctrica



Especificación	Fuente de alimentación estándar	CC de baja tensión
Tipo	Conector de conexión por resorte	
Cable	3,3-2,1 mm <sup>2</sup> (12-14 AWG)	2,1-0,8 mm <sup>2</sup> (14-18 AWG)
Valores nominales de las entradas	85-240 VCA ±10% (47-63 Hz) o 110-300 VCC ±10%	20-60 VCC ±10%
Categoría de instalación	II	II
Rigidez dieléctrica	2.500 VCA RMS a 60 Hz durante 60 s	
Carga	35 VA máx. (15 VA normal) 15 W máx.	18 W máx. (12 W normal)
Trabajo	100 ms (6 ciclos a 60 Hz) mín.	Ninguna

## Aplique tensión al medidor

1. Verifique que el cable de tierra está perfectamente conectado en ambos extremos.
2. Verifique que la tensión de alimentación está dentro del intervalo admisible.
3. Encienda el medidor.

# ANEXO 3

DATOS TÉCNICOS  
RADIO FREEWAVE



PROCESS CONTROL  
REMOTE MONITORING  
HVAC CONTROL  
WATER & WASTEWATER  
OIL & GAS

*A long-range 900MHz spread spectrum Ethernet Radio designed for reliable high-speed operation in harsh environments and extremely wide temperature ranges.*



## **FREEWAVE** LONG RANGE WIRELESS ETHERNET BRIDGE

- License Free
- >60+ mile range in one hop
- Very High Noise Immunity
- Enhanced Security Features
- Built-in repeater functions
- Up to 170kbps "over-the-air"
- 32-bit CRC error checking
- Automatic Error Correction
- On-line radio net diagnostics
- Very Low Power Operation
- Wide Power Voltage Range
- Wide Temperature Operation
- Standard 10Base-T interface
- 3 Year Factory Warranty

Freewave long-range Wireless Ethernet Bridges offer a unique wireless solution that combines the connectivity features of Ethernet with the long distance communications capabilities of the Freewave spread spectrum SCADA radios. Unlike competing 802.11 wireless Ethernet solutions, the Freewave radios operate at 900MHz, reaching much further and penetrating obstacles better. The Wireless Ethernet Bridges use the same SCADA radio technology as their field-proven, time-tested serial data counterparts, with the same extremely wide operating temperature range and high noise immunity, ideal for harsh environments.

### Open Architecture

Freewave long-range Wireless Ethernet Bridges provide a transparent wireless link between two or more points regardless of the message protocol; "like a wire through the sky".

### Performance Plus

Freewave long-range Wireless Ethernet Bridges operate up to the maximum legal output power, combined with a superior front-end design that "digs-out" weak received signals. Built-in 32-bit error detection AND correction ensures high throughput even in noisy environments. A built-in repeater capability transparently extends the effective reach of a system well beyond the 60+ mile range of a single radio "hop".

### Support Tools

Using a laptop or desktop PC, Freewave's support software provides real-time access to operating status information ANYWHERE IN THE RADIO NETWORK. Look at signal quality, error rates; even voltages and temperatures at any site in the network. Long-term trending tools and powerful spectrum analyzer software simplify troubleshooting if required. Even configuration and firmware updates can be done remotely "over the air", protecting your investment over time.



**Industrial Control Links**  
(800) 888-1893 [www.iclinks.com](http://www.iclinks.com)

## FREEWAVE LONG RANGE WIRELESS ETHERNET BRIDGE

### TRANSMITTER

<b>Frequency Range</b>	902 to 928 MHz
<b>RF Output Power</b>	User programmable 0.1 watt to 1.0 watt / +30dBm
<b>Range, Line of Sight</b>	60+ miles
<b>Modulation</b>	Spread Spectrum GFSK 120 Kbps to 170 Kbps
<b>Occupied Bandwidth</b>	230KHz
<b>Spreading Method</b>	Frequency Hopping
<b>Hopping Patterns</b>	15 (user selectable)
<b>Hopping Channels</b>	50 to 112 (user selectable)
<b>Hopping Bands</b>	7 (user selectable)

### RECEIVER

<b>Sensitivity</b>	-108dBm for 10 <sup>-4</sup> BER
<b>Selectivity</b>	20dB at fc ± 230KHz 60dB at fc ± 290KHz

### DATA TRANSMISSION

<b>Error Detection</b>	32-bit CRC
<b>Error Recovery</b>	Retransmit on Error (automatic, transparent to user)
<b>Data Encryption</b>	Substitution, Dynamic Key
<b>Maximum Throughput</b>	100Kbps
<b>Data Interface</b>	10Base-T UTP (Unshielded Twisted Pair) Crossover Switch built-in

### GENERAL SPECIFICATIONS

<b>Dimensions</b>	3.0" W x 6.5" L x 2.3" D (75mm x 165mm x 59mm)
<b>Power</b>	6 to 30Vdc
<b>Operating Current</b>	
<b>Transmit</b>	550mA at 12Vdc, 225mA at 24Vdc
<b>Receive</b>	125mA at 12Vdc, 63mA at 24Vdc
<b>Idle Current</b>	70mA at 12Vdc, 35mA at 24Vdc
<b>Sleep</b>	55mA at 12Vdc, 28mA at 24Vdc

### Wiring Terminations

<b>Ethernet</b>	RJ-45 (10Base-T)
<b>Serial Diagnostic Port</b>	9-pin "D" Female w/supplied cable
<b>Power</b>	2.1mm "Barrel" Connector center pin positive
<b>Antenna</b>	Type N Female

### Status LEDs

#### Ethernet Modem Section

<b>LINK</b>	Modem connected to LAN
<b>TX</b>	Radio Link Transmit Data
<b>RX</b>	Radio Link Receive Data
<b>LTX</b>	LAN Transmit Data
<b>LRX</b>	LAN Receive Data
<b>COL</b>	LAN Data Collision
<b>ERR</b>	LAN Data Error

#### Radio Section

<b>CD *</b>	Radio Carrier Detect
<b>TX *</b>	Radio Transmit Data
<b>CTS*</b>	Radio Clear to Send

\* These LEDs have multiple functions in combination with each other to provide detailed status information. See manual for details.

<b>Operating Temperature</b>	-40°C to 75°C (-40°F to 167°F)
------------------------------	--------------------------------

<b>Weight</b>	441 grams
---------------	-----------

### SOFTWARE TOOLS

#### Wireless Ethernet Starter Kit

<b>consisting of:</b>	Network Diagnostic Software Ethernet Patch Cable Documentation on CD
-----------------------	--

### ORDER PART NUMBERS:

#### HARDWARE

**98-1101** Freewave 500MHz Long-range Wireless Ethernet Bridge

#### SOFTWARE

**98-5002** Wireless Ethernet Starter Kit Radio network diagnostic, installation and test tools, Ethernet cable, and documentation on CD.

# ANEXO 4

## MANUAL DE USUARIO

# **MANUAL DE USUARIO**

## **7 INTRODUCCIÓN**

La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (ELEPCO S.A.) requiere de la utilización de un sistema computacional dedicado al monitoreo de los parámetros eléctricos que se manejan en ella.

Por tal motivo, se ha diseñado e implementado una red Industrial Ethernet destinada para el monitoreo de los parámetros eléctricos de las subestaciones El Calvario y La Cocha de propiedad de la ELEPCO S.A.

En el presente manual de usuario, se mencionarán y detallarán las conexiones, configuraciones y acciones que se deben realizar para el correcto funcionamiento de la red, para que se establezca comunicación entre los equipos; y la familiarización con etiquetas, variables y, sobre todo, con la interfaz gráfica HMI desarrollada en el software de instrumentación LabView 8.5. La interfaz HMI será la ventana, en ejecución, que el operador observará en el computador para monitorear los parámetros eléctricos de la subestación.

## **8 DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO**

### **8.1 CONFIGURACIÓN BÁSICA DEL MEDIDOR POWERLOGIC ION 7650**

La configuración básica del medidor es proporcionado por el módulo del medidor de energía, el cual es la principal conexión entre las mediciones de potencia del sistema y todos los otros módulos ION del dispositivo. Este módulo presenta los valores de voltaje, corriente y potencia medidos.

Muchos de los registros de configuración del módulo del medidor de energía se configuran cuando el medidor es inicialmente puesto en servicio. Sin embargo, el dispositivo no puede funcionar correctamente hasta que el Modo VOLTS y las relaciones PT (TT) y CT (TI) sean establecidas.

### 8.1.1 Configuración del medidor usando el Panel Frontal

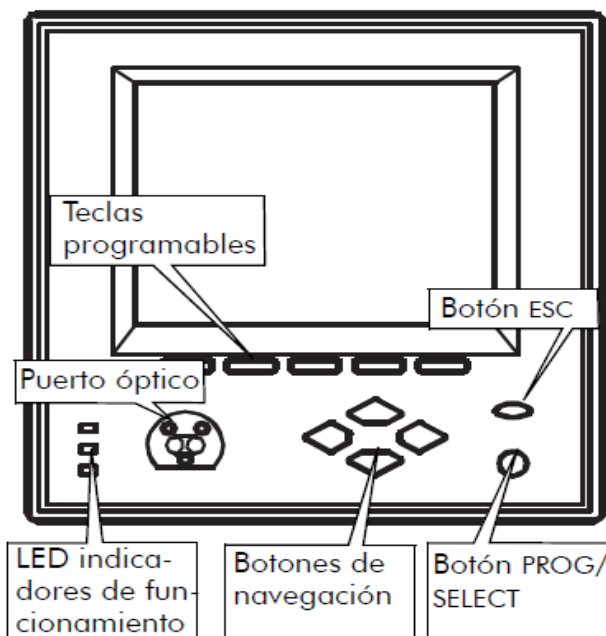


Figura 8-1 Panel frontal del medidor

En las Figura 2-2, Figura 2-3, Figura 2-4 y Figura 2-5 podemos identificar las funciones de los botones del panel frontal del medidor, que se observa en la Figura 2-1:

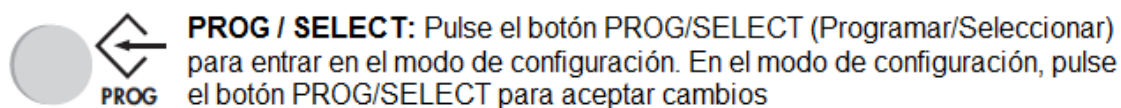


Figura 8-2 Botón PROG/SELECT

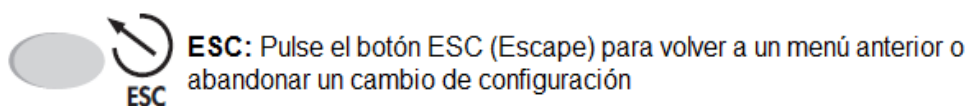


Figura 8-3 Botón ESC





**NAVEGACIÓN:** Pulse los botones de flechas ARRIBA / ABAJO para resaltar elementos de menús o incrementar / disminuir números

**Figura 8-4 Botón NAVEGACIÓN**



**TECLA PROGRAMABLE:** Pulse el botón TECLA PROGRAMABLE para seleccionar el parámetro que desea configurar desde los submenús

**Figura 8-5 Botón TECLA PROGRAMABLE**

### 8.1.2 Configuración de los medidores ION 7650 de las subestaciones

Los medidores instalados en ésta subestación llevan asignados, para el proyecto, tags de identificación los cuales se describen en la Tabla 2-1 y Tabla 2-2.

**Tabla 8-1 Tags de identificación – Medidores El Calvario**

Entrada / Alimentador: Nombre	Tag de Identificación
Alimentador 1: <i>Oriental (52C8-L1)</i>	ION_A1_CLV
Alimentador 2: <i>Industrial Sur (52C8-L2)</i>	ION_A2_CLV
Alimentador 3: <i>Centro Subt. (52C8-L3)</i>	ION_A3_CLV
Alimentador 4: <i>Latacunga Sur (52C8-L4)</i>	ION_A4_CLV
Entrada: <i>Illuchi 2 (52C8-T4)</i>	ION_ILL2_CLV

**Tabla 8-2 Tags de identificación – Medidores La Cocha**

Entrada / Alimentador: Nombre	Tag de Identificación
Alimentador 1: <i>Yugsiloma – San Buenaventura (52CH8-L1)</i>	ION_A1_CH
Alimentador 2: <i>Interconexión S/E Cocha S/E Calvario (52CH8-L2)</i>	ION_A2_CH
Alimentador 3: <i>Redes subt. Norte Latacunga (52CH8-L3)</i>	ION_A3_CH
Alimentador 4: <i>“Se encuentra instalado un medidor análogo” (52CH8-L4)</i>	

Alimentador 5: <i>Latacunga Norte Aláquez (52CH8-L5)</i>	ION_A5_CH
Entrada: <i>Mulaló (52CH8-T1)</i>	ION_MLO_CH

Para poder comunicarse en una red Ethernet, cada equipo debe tener una dirección IP exclusiva. Una dirección IP está formada por dos partes: ID de red que identifica el segmento de red en el que está ubicado el equipo; y el ID de host que identifica al equipo o dispositivo dentro de un segmento de red, como se observa en la Tabla 2-3.

**Tabla 8-3 Identificación de la clase de dirección IP**

Clase Dirección IP	Dirección IP	ID de Red	Valor de W
A	W,X,Y,Z	W,0,0,0	1 – 126
B	W,X,Y,Z	W,X,0,0	128 – 191
C	W,X,Y,Z	W,X,Y,0	192 – 223
D	Utilizada para multidifusión		224 – 239
E	Uso futuro		240 – 254

Para el diseño de la nuestra red, tenemos 5 medidores inteligentes ION 7650 y una PC (host de monitoreo) instalados en la subestación El Calvario; 5 medidores inteligentes ION 7650 instalados en la subestación La Cocha para los cuales se realizará el direccionamiento IP. El ID de red, clase C, para nuestra red es: 192.10.10.0.

A partir del ID de red especificado, en la Tabla 2-4 tenemos la configuración IP de los host instalados en la subestación El Calvario:

**Tabla 8-4 Configuración IP – Medidores S/E El Calvario**

PARÁMETRO	MEDIDOR ION 7650 S/E EL CALVARIO				
	ION_A1_CLV	ION_A2_CLV	ION_ILL2_CLV	ION_A3_CLV	ION_A4_CLV
DIRECCIÓN IP	192.10.10.2	192.10.10.3	192.10.10.4	192.10.10.5	192.10.10.6
MÁSCARA DE SUBRED	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
ID DE RED	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0
GATEWAY	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1

Manteniendo el ID de red especificado, en la Tabla 2-5 tenemos la configuración de los host de la red, instalados en la subestación La Cocha:

**Tabla 8-5 Configuración IP – Medidores S/E La Cocha**

	MEDIDOR ION 7650 S/E LA COCHA				
PARÁMETRO	ION_A1_CH	ION_A2_CH	ION_A3_CH	ION_MLO_CH	ION_A5_CH
DIRECCIÓN IP	192.10.10.11	192.10.10.12	192.10.10.13	192.10.10.14	192.10.10.15
MÁSCARA DE SUBRED	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
ID DE RED	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0	192.10.10.0
GATEWAY	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1

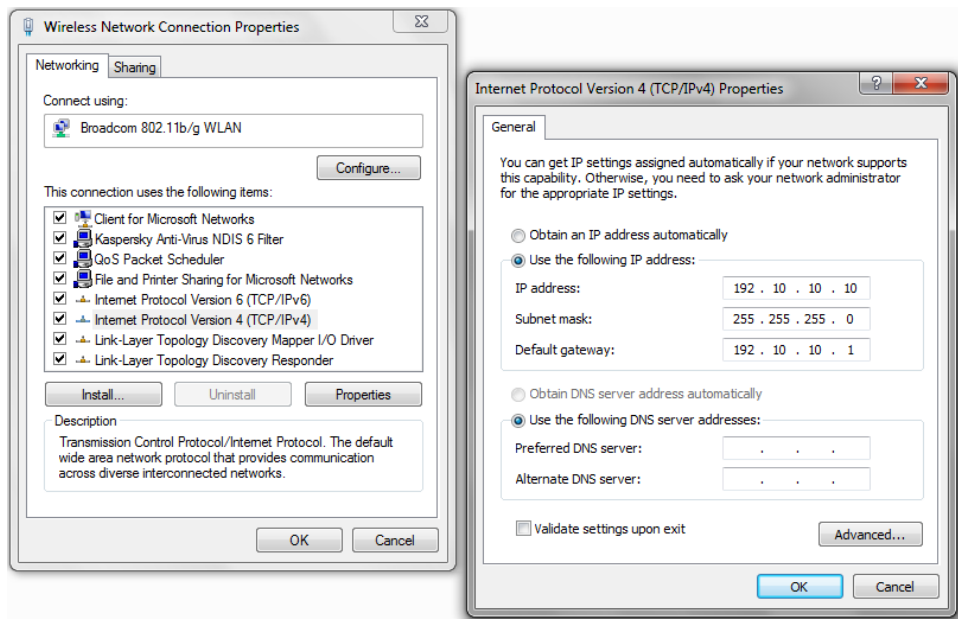
### 8.1.3 Configuración de las comunicaciones Ethernet de los medidores

La configuración de Ethernet se encuentra en “*Network Setup*” (Configuración de red). Se debe utilizar los botones de navegación del panel frontal para modificar los valores de los parámetros de red de acuerdo a las direcciones del sistema. La configuración que se hace en los medidores de la S/E El Calvario se tiene en la Tabla 2-6.

**Tabla 8-6 Configuración de red – Medidores S/E EL CALVARIO**

	MEDIDOR ION 7650 S/E EL CALVARIO				
PARÁMETRO	ION_A1_CLV	ION_A2_CLV	ION_ILL2_CLV	ION_A3_CLV	ION_A4_CLV
IP Address	192.10.10.2	192.10.10.3	192.10.10.4	192.10.10.5	192.10.10.6
SubnetMask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
Gateway	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1
Rx Timeout	3	3	3	3	3
Enable SNMP	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
Modbus TCP Idle Timeout	0	0	0	0	0
10/100BaseT Port Config	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto
Modbus Gateway	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled

En la Figura 2-6, se tiene la configuración de red para la PC de monitoreo.



**Figura 8-6 Configuración de red – PC de monitoreo**

La configuración de red de los medidores de la subestación La Cocha, se pueden observar en la Tabla 2-7.

**Tabla 8-7 Configuración de red – Medidores S/E La Cocha**

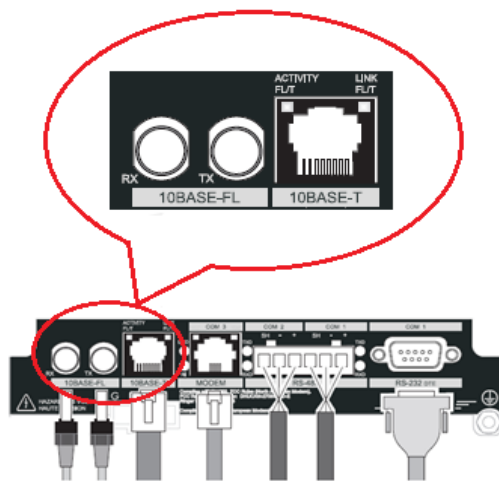
PARÁMETRO	MEDIDOR ION 7650 S/E EL CALVARIO				
	ION_A1_CH	ION_A2_CH	ION_A3_CH	ION_MLO_CH	ION_A5_CH
IP Address	192.10.10.11	192.10.10.12	192.10.10.13	192.10.10.14	192.10.10.15
SubnetMask	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
Gateway	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1	192.10.10.1
Rx Timeout	3	3	3	3	3
Enable SNMP	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
Modbus TCP Idle Timeout	0	0	0	0	0
10/100BaseT Port Config	Auto	Auto	Auto	Auto	Auto
Modbus Gateway	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled

#### 8.1.4 Conexión Ethernet del medidor ION 7650

El medidor dispone de dos opciones de puerto Ethernet disponibles: un puerto 10Base-T con un conector modular RJ45 o un puerto 10Base-FL con dos conectores tipo ST. Estos conectores se encuentran instalados en los puertos

de la tarjeta de comunicaciones, en la parte posterior del medidor. En la Figura 2-7 se puede observar los puertos de conexión Ethernet, ubicados en la tarjeta de comunicaciones del medidor.

Nota: Al usar la opción FL, se deshabilita el puerto estándar RJ45.



**Figura 8-7 Conectores modulares Ethernet – Tarjeta de Comunicación**

### **8.1.5 Uso del protocolo Modbus TCP**

Es posible la comunicación con el medidor usando Modbus TCP, conectándolo al puerto Ethernet, socket 502, como se observa en la Figura 2-7.

El medidor ION 7650 está pre configurado con cinco módulos, para trabajar como esclavo Modbus. Estos módulos son: módulo Amp/Freq/Unbal, módulo Volts, módulo kW/kVAr/kVA, módulo kWh/kVArh y módulo PF/THD/k Factor.

De estos módulos, se seleccionan las direcciones de los registros Modbus para cada medidor, siendo estas direcciones las que se pueden observar en la Tabla 2-8.

**Tabla 8-8 Registros Modbus para los medidores ION 7650**

<b>PARA TODOS LOS MEDIDORES</b>	
<b>Registro Modbus</b>	<b>Parámetro</b>
<i>Corriente</i>	
400150	Ia
400151	Ib
400152	Ic
400155	Iavg
<i>Frecuencia</i>	
400159	Frecuencia
<i>Voltaje</i>	
400178	VII ab
400179	VII ab
400180	VII bc
400181	VII bc
400182	VII ca
400183	VII ca
400184	VII avg
400185	VII avg
<i>Potencia</i>	
400204	kW total
400205	kW total
400214	kVAR total
400215	kVAR total
400224	kVA total
400225	kVA total
<i>Energía</i>	
400230	kWh entregados
400231	kWh entregados
400234	kVARh entregados
400235	kVARh entregados
<i>Factor de Potencia</i>	
400265	PF total

## 8.2 RED INDUSTRIAL ETHERNET

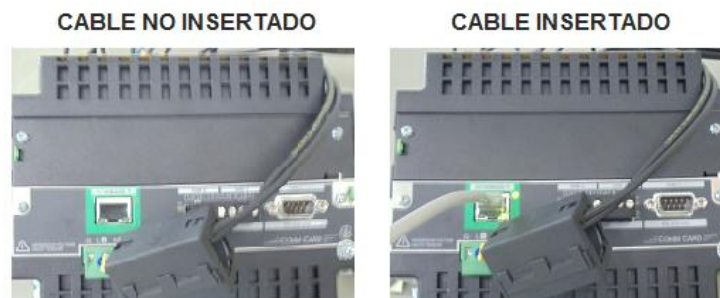
La red Industrial Ethernet se diseñó e implementó, con las siguientes características:

- Estándar 100BaseT, velocidad de transmisión 100 Mbits/s

- Topología de red en Estrella, con switch como concentrador
- Medio de transmisión eléctrico, por medio de cable par trenzado (UTP Cat. 5e), cableado estructurado
- Protocolo de comunicación Modbus TCP de aplicación Maestro/Esclavo

### 8.2.1 Conexión física de la red

Para la conexión del cable en el medidor, se requiere que ese extremo tenga un conector RJ45 para insertarlo en el puerto Ethernet de la tarjeta de comunicaciones del medidor. En la Figura 2-8 se observa la forma de conexión del cable.



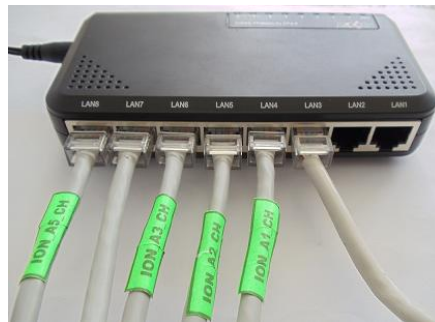
**Figura 8-8 Conexión del cable en el medidor**

En la S/E El Calvario se dispone de un patch panel que concentra el cableado estructurado de los medidores. Por medio de cable directo, norma EIA/TIA 568A, se conectan los puertos del patch panel a los puertos del switch, con conector RJ45, como se observa en la Figura 2-9.



**Figura 8-9 Conexión patch panel - switch**

Para la S/E La Cocha se dispone de un switch. Para este caso, se requiere que ese extremo del cable tenga un conector RJ45 para insertarlo en el puerto del switch, como se observa en la Figura 2-10.



**Figura 8-10 Conexión al switch**

Por último, realizar la conexión a la PC de monitoreo. Con un cable directo, el un extremo del cable debe insertarse en un puerto del switch y el otro extremo debe insertarse en el puerto Ethernet de la PC.

## **9 INTERFAZ GRÁFICA HMI**

### **9.1 MANEJO DE LA PANTALLA PRINCIPAL**

La pantalla principal presenta tres tabs de control, que corresponden a la S/E EL CALVARIO, S/E LA COCHA Y REPORTEES.

En el tab de la S/E EL CALVARIO, se presenta la pantalla de la subestación y sus respectivas medidas de los parámetros eléctricos voltaje (kV), corriente (A), potencia (MW) y factor de potencia (FP) de cada alimentador y transformador en el cual se encuentra instalado un medidor ION 7650, como se observa en la Figura 3-1.



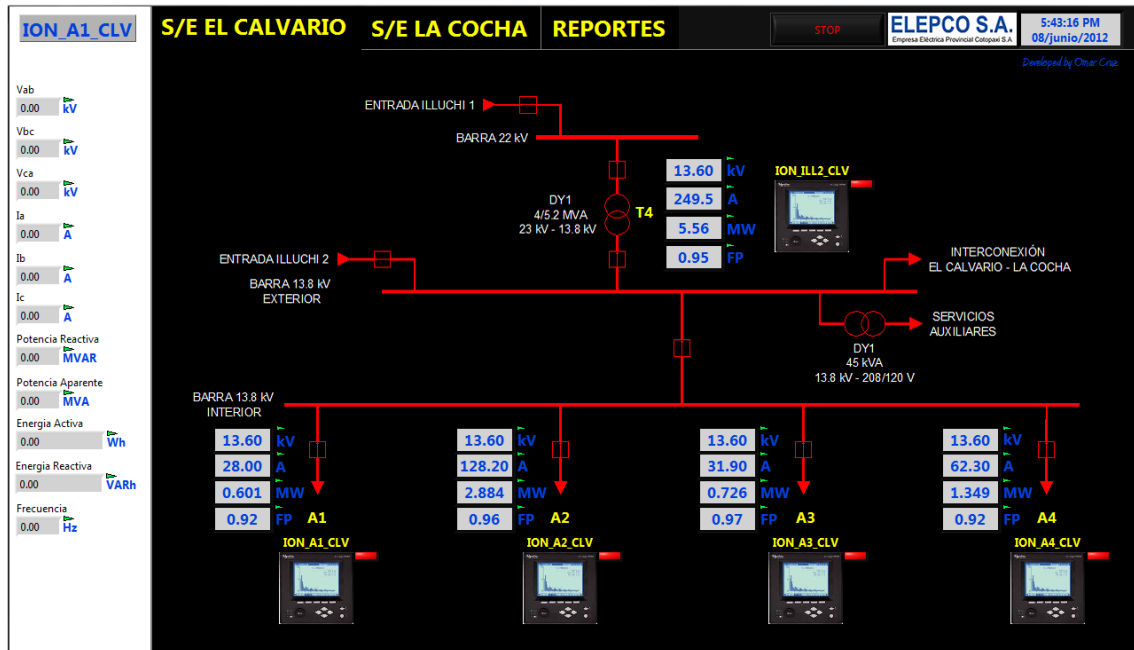


Figura 9-1 Pantalla del S/E El Calvario con conexión

Como se observa en la Figura 3-1, los focos que se encuentran ubicados al lado superior derecho de los botones de los medidores ION indican el estado de la comunicación. En este caso se encuentran de color rojo, lo que significa que existe comunicación, y se permiten observar los parámetros eléctricos en tiempo real.

En la Figura 3-2, se observa la pantalla de la S/E El Calvario la cual se encuentran sin comunicación de los medidores, es decir, no se encuentran conectados los cables de comunicación. Por esta razón, los focos indicadores de comunicación se encuentran en color verde.

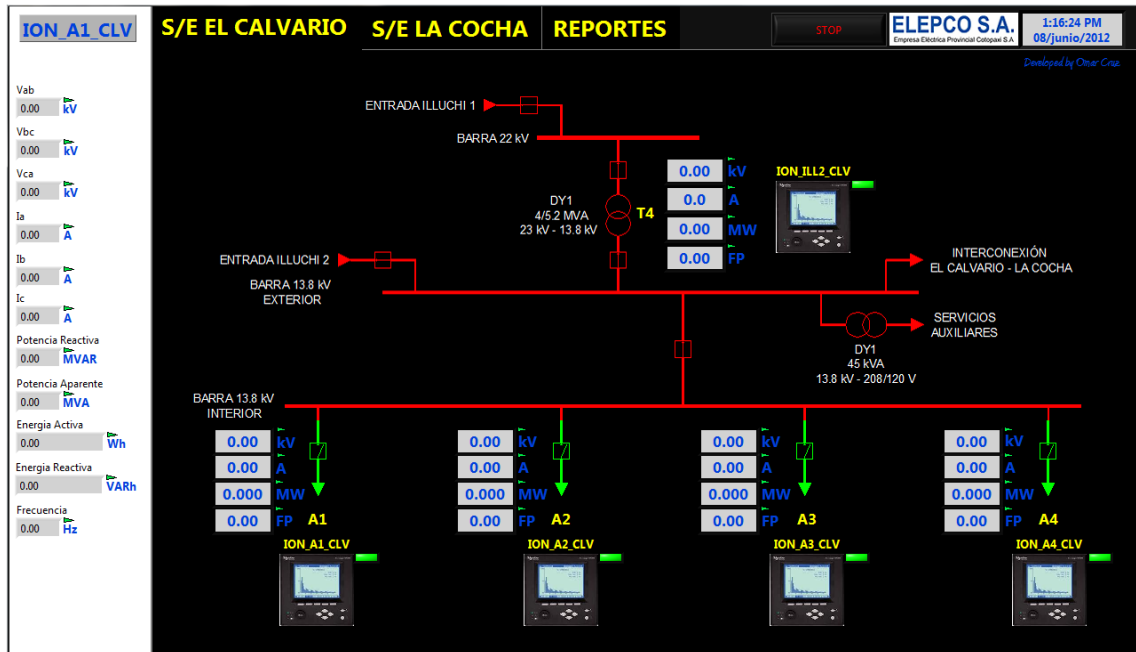


Figura 9-2 Pantalla de la S/E El Calvario sin conexión

En la Figura 3-3, se observa la pantalla que corresponde a la S/E La Cocha con conexión, permitiendo de esta manera observar los parámetros eléctricos, voltaje (kV), corriente (A), potencia activa (MW) y factor de potencia (FP), de cada uno de los medidores en tiempo real.

En la Figura 3-4, se observa la pantalla que corresponde a la S/E La Cocha sin conexión, por lo que no existe comunicación con los medidores.

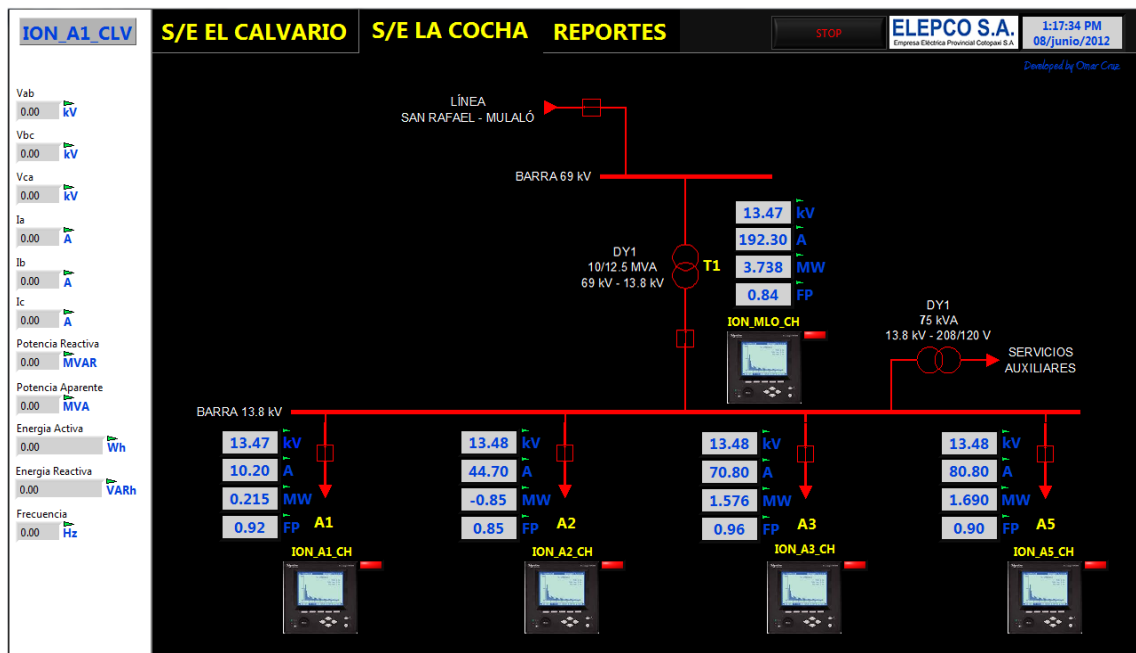


Figura 9-3 Pantalla de la S/E La Cocha con conexión

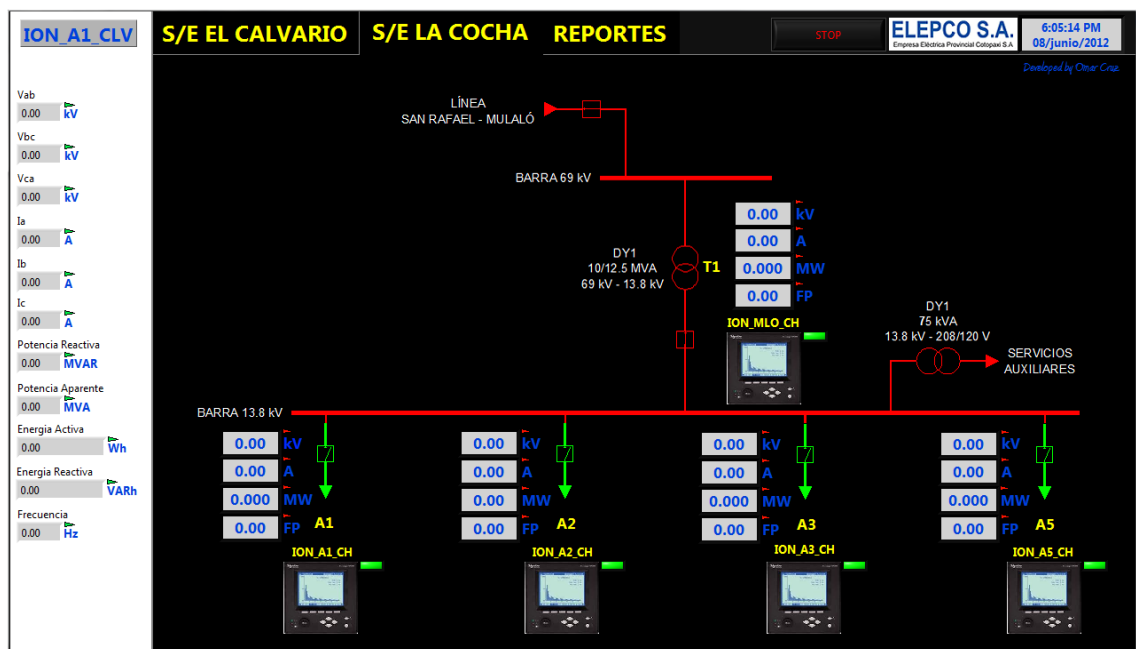


Figura 9-4 Pantalla de la S/E La Cocha sin conexión

Con respecto a los botones, cada uno de ellos permite observar con mayor detalle los parámetros eléctricos que corresponden al alimentador o

transformador en el cual se encuentra instalado un medidor ION 7650. En la Figura 5-14 se observa la pantalla de acción del botón del medidor de la interfaz HMI.

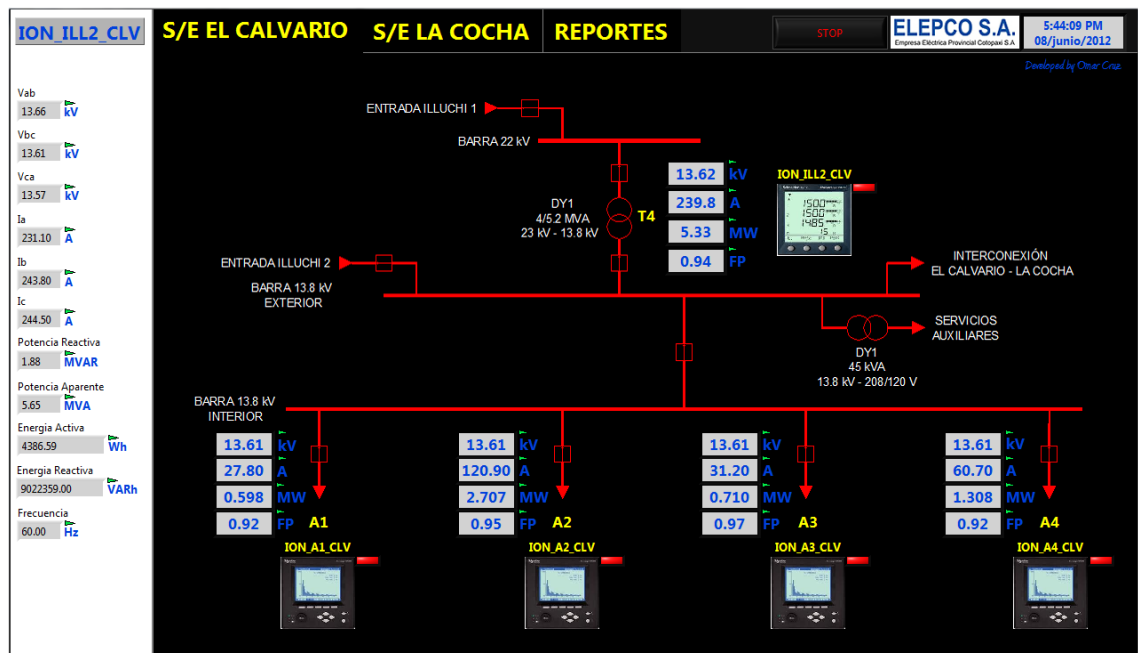


Figura 9-5 Parámetros eléctricos del medidor ION\_ILL2\_CLV

Para todos los botones, tanto de la S/E El Calvario como de la S/E La Cocha, la acción es la misma, es decir, al presionar el botón se despliega la información de los parámetros eléctricos de forma detallada como se observa en la parte izquierda de la pantalla de la Figura 3-5.

El tab de Reportes, de la interfaz HMI, permite observar la generación del reporte de datos de los parámetros eléctricos que se requiere almacenar (kV, A, MW y PF) por hora del día. En la Figura 3-6 se observa el reporte de datos generados, durante un día completo.

ION A1.CLV		S/E EL CALVARIO			S/E LA COCHA			REPORTES			STOP			ELEPCO S.A. Empresa Eléctrica Provincial Cotacachi S.A.			11:46:55 PM 21/junio/2012														
<b>GUARDAR EN EXCEL</b>																															
Fecha	hora	52C8-T4			52C8-L1			52C8-L2			52C8-L3			52C8-L4			52CH8-T1			52CH8-L1			52CH8-L2			52CH8-L3			52CH8-L5		
		MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP	MIN	MAX	FP
6/20	0:59	6.3030	1.7850	0.9880	0.9438	27.300	2.6140	0.9881	119.00	0.9220	0.9737	41.200	1.2440	0.9007	60.100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6/20	1:59	6.6000	1.9950	0.9950	0.9414	27.800	2.6430	0.9454	131.60	0.9420	0.9799	41.700	1.2320	0.8984	58.900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	2:59	6.4920	1.9930	0.9880	0.9448	27.800	2.7110	0.9430	128.80	0.9440	0.9799	42.800	1.2440	0.9086	60.200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	3:59	6.5870	1.9960	0.9030	0.9397	28.300	2.7870	0.9441	129.90	0.9280	0.9771	41.800	1.2470	0.9042	60.800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	4:59	6.2190	1.7480	0.9090	0.9338	28.600	2.4000	0.9637	108.80	0.9220	0.9778	41.100	1.2830	0.8966	62.300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	5:59	6.4050	1.7350	0.9040	0.9388	28.400	2.5860	0.9639	118.10	0.9310	0.9781	41.600	1.3100	0.9093	62.900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	6:59	6.4600	1.9240	0.9130	0.9391	28.700	2.8600	0.9470	119.40	0.9680	0.9799	42.700	1.3080	0.9075	63.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	7:59	6.5220	1.9710	0.9010	0.9368	28.400	2.8740	0.9486	124.40	0.9140	0.9777	41.000	1.3280	0.9075	64.100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	8:59	6.6360	2.0360	0.9880	0.9389	27.800	2.6640	0.9378	126.40	0.9360	0.9730	42.300	1.3190	0.9128	63.200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	9:59	6.2810	1.9480	0.9890	0.9316	27.700	2.4540	0.9394	113.50	0.9400	0.9783	41.800	1.2880	0.9048	60.700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	10:59	6.5480	2.1320	0.9080	0.9388	28.300	2.7030	0.9308	126.80	0.9400	0.9781	41.900	1.2920	0.9009	62.400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	11:59	6.4200	1.8790	0.9900	0.9388	27.800	2.6870	0.9530	117.40	0.9430	0.9744	42.200	1.3230	0.9082	63.600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	12:59	6.5370	1.8210	0.9010	0.9342	28.400	2.6730	0.9688	122.40	0.9300	0.9779	41.700	1.3270	0.9138	63.700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	13:59	6.5830	1.8480	0.9980	0.9313	28.200	2.6900	0.9583	122.60	0.9460	0.9780	42.300	1.3150	0.9150	62.800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	14:59	6.5040	1.8880	0.9280	0.9280	29.400	2.6190	0.9689	118.40	0.9340	0.9743	41.400	1.3160	0.9078	62.800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	15:59	6.3900	1.8910	0.9380	0.9300	29.900	2.6180	0.9606	114.80	0.9240	0.9741	41.100	1.3020	0.9129	61.900	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	16:59	6.3080	1.9340	0.8210	0.9302	29.200	2.8020	0.9422	118.80	0.9240	0.9798	41.100	1.2860	0.9071	60.300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	17:59	6.2380	1.8740	0.9870	0.9288	27.700	2.4010	0.9609	109.80	0.9380	0.9701	41.800	1.3020	0.9082	62.300	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	18:59	6.2730	1.8310	0.9920	0.9293	27.900	2.4890	0.9843	112.10	0.9170	0.9733	41.000	1.2920	0.9101	61.700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	19:59	6.2690	1.8390	0.9790	0.9248	27.300	2.4480	0.9548	111.00	0.9190	0.9744	40.700	1.3010	0.9097	62.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	20:59	6.3230	1.8170	0.9080	0.9242	28.500	2.4980	0.9602	110.40	0.9380	0.9742	41.300	1.3220	0.9047	63.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	21:59	6.5900	1.9120	0.9970	0.9292	28.100	2.7270	0.9873	123.80	0.9280	0.9788	41.100	1.3370	0.9048	64.100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	22:59	6.5620	1.9620	0.9110	0.9285	28.700	2.6620	0.9519	122.10	0.9090	0.9737	40.200	1.3890	0.9086	64.800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
6/20	23:0	6.6060	1.9750	0.9100	0.9209	29.000	2.6240	0.9810	120.30	0.9140	0.9723	40.800	1.3800	0.9086	64.800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	

Figura 9-6 Reporte generado en la interfaz HMI

Para almacenar el reporte generado en la interfaz HMI, se debe presionar clic sobre el botón “GUARDAR EN EXCEL”. Una vez que se ha realizado este proceso, los datos se guardarán en un archivo Excel con la extensión “.xls”. En el mismo archivo, se guardan también los datos de la energía. Los datos guardados en el archivo Excel, se observan en la pantalla de las figuras: Figura 3-7 y Figura 3-8.

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2	Fecha	Hora	MW	MVAR	MW	FP	AMP	MW	FP	AMP	MW	FP	AMP	MW	FP	AMP
3	6/20/2012	0:59	5.303	1.785	0.588	0.9435	27.3	2.614	0.9581	119	0.922	0.9737	41.2	1.244	0.9007	60.1
4	6/20/2012	1:59	5.6	1.999	0.589	0.9414	27.5	2.843	0.9464	131.6	0.932	0.9769	41.7	1.232	0.8984	59.9
5	6/20/2012	2:59	5.492	1.953	0.585	0.9445	27.5	2.711	0.943	126.8	0.944	0.9769	42.5	1.244	0.9086	60.2
6	6/20/2012	3:59	5.567	1.995	0.603	0.9397	28.3	2.787	0.9441	129.9	0.926	0.9771	41.6	1.247	0.9042	60.5
7	6/20/2012	4:59	5.218	1.746	0.609	0.9338	28.6	2.4	0.9637	108.8	0.922	0.9775	41.1	1.283	0.8966	62.3
8	6/20/2012	5:59	5.406	1.739	0.604	0.9385	28.4	2.556	0.9639	116.1	0.931	0.9781	41.6	1.31	0.9093	62.9
9	6/20/2012	6:59	5.46	1.924	0.613	0.9391	28.7	2.58	0.947	119.4	0.955	0.9769	42.7	1.308	0.9075	63
10	6/20/2012	7:59	5.522	1.971	0.601	0.9365	28.4	2.674	0.9456	124.4	0.914	0.9777	41	1.326	0.9075	64.1
11	6/20/2012	8:59	5.536	2.039	0.588	0.9359	27.8	2.694	0.9378	126.4	0.936	0.973	42.2	1.316	0.9128	63.2
12	6/20/2012	9:59	5.251	1.948	0.589	0.9316	27.7	2.454	0.9394	113.5	0.94	0.9753	41.8	1.266	0.9048	60.7
13	6/20/2012	10:59	5.545	2.132	0.605	0.9358	28.3	2.703	0.9308	126.6	0.94	0.9761	41.9	1.292	0.9009	62.4
14	6/20/2012	11:59	5.42	1.879	0.59	0.9358	27.8	2.557	0.953	117.4	0.943	0.9744	42.2	1.323	0.9062	63.6
15	6/20/2012	12:59	5.537	1.821	0.601	0.9342	28.4	2.673	0.9588	122.4	0.93	0.9779	41.7	1.327	0.9138	63.7
16	6/20/2012	13:59	5.553	1.845	0.598	0.9313	28.2	2.69	0.9583	122.6	0.946	0.975	42.3	1.315	0.915	62.8
17	6/20/2012	14:59	5.504	1.888	0.628	0.928	29.4	2.619	0.9569	118.4	0.934	0.9743	41.4	1.316	0.9078	62.8
18	6/20/2012	15:59	5.39	1.891	0.638	0.93	29.9	2.515	0.9505	114.9	0.924	0.9741	41.1	1.302	0.9129	61.9
19	6/20/2012	16:59	5.308	1.934	0.621	0.9332	29.2	2.502	0.9422	115.8	0.924	0.9756	41.1	1.256	0.9071	60.3
20	6/20/2012	17:59	5.235	1.874	0.587	0.9268	27.7	2.401	0.9509	109.8	0.935	0.9701	41.8	1.302	0.9082	62.3
21	6/20/2012	18:59	5.273	1.831	0.592	0.9293	27.9	2.459	0.9543	112.1	0.917	0.9733	41	1.292	0.9101	61.7
22	6/20/2012	19:59	5.258	1.839	0.579	0.9248	27.3	2.448	0.9548	111	0.919	0.9744	40.7	1.301	0.9057	62
23	6/20/2012	20:59	5.323	1.817	0.605	0.9242	28.5	2.456	0.9602	110.4	0.935	0.9742	41.3	1.322	0.9047	63
24	6/20/2012	21:59	5.59	1.912	0.597	0.9292	28.1	2.727	0.9573	123.8	0.925	0.9755	41.1	1.337	0.9046	64.1
25	6/20/2012	22:59	5.562	1.962	0.611	0.9255	28.7	2.682	0.9519	122.1	0.906	0.9737	40.2	1.359	0.9086	64.5
26	6/20/2012	23:00	5.381	1.93	0.615	0.9204	29.2	2.48	0.9503	113.6	0.923	0.9729	41	1.338	0.9086	63.7

Figura 9-7 Reporte de parámetros eléctricos guardado en Excel

1	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS
2	52C8-T4	52C8-L1	52C8-L2	52C8-L3	52C8-L4	52C8-T1	52C8-L1	52C8-L2	52C8-L3	52C8-L5					
3	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh	Wh					
4	5734812	7524683	1782957	6209072	11499981	0	0	0	0	0					
5	5734909	7524693	1783006	6209088	11500002	0	0	0	0	0					
6	5735006	7524703	1783054	6209104	11500024	0	0	0	0	0					
7	5735102	7524713	1783102	6209120	11500046	0	0	0	0	0					
8	5735286	7524734	1783189	6209152	11500089	0	0	0	0	0					
9	5735379	7524745	1783232	6209169	11500112	0	0	0	0	0					
10	5735471	7524755	1783274	6209185	11500135	0	0	0	0	0					
11	5735566	7524766	1783319	6209202	11500158	0	0	0	0	0					
12	5735659	7524776	1783364	6209217	11500180	0	0	0	0	0					
13	5735754	7524787	1783410	6209234	11500203	0	0	0	0	0					
14	5735849	7524797	1783455	6209250	11500225	0	0	0	0	0					
15	5735946	7524808	1783502	6209267	11500248	0	0	0	0	0					
16	5736041	7524818	1783547	6209283	11500271	0	0	0	0	0					
17	5736137	7524829	1783593	6209299	11500294	0	0	0	0	0					
18	5736232	7524839	1783639	6209315	11500317	0	0	0	0	0					
19	5736327	7524850	1783684	6209331	11500339	0	0	0	0	0					
20	5736421	7524861	1783729	6209347	11500362	0	0	0	0	0					
21	5736512	7524871	1783772	6209363	11500384	0	0	0	0	0					
22	5736604	7524882	1783815	6209380	11500407	0	0	0	0	0					
23	5736697	7524892	1783858	6209396	11500429	0	0	0	0	0					
24	5736790	7524902	1783901	6209412	11500452	0	0	0	0	0					
25	5736884	7524913	1783946	6209428	11500475	0	0	0	0	0					
26	5736981	7524924	1783992	6209444	11500499	0	0	0	0	0					
27	5737024	7524928	1784013	6209451	11500510	0	0	0	0	0					

Figura 9-8 Reporte de energía guardado en Excel

## BIBLIOGRAFÍA

ACROMAG: "Modbus TCP/IP", Referencia Técnica.

CASTRO BARRANTES, M.: "Elementos para el Diseño de Sistemas de Control y Distribución Física en Subestaciones". Costa Rica, 2004.

ENRÍQUEZ HARPER, G.: "Elementos de Diseño de Subestaciones Eléctricas". Editorial LIMUSA. Segunda Edición. México, 2002.

FINK DONALD G. / WAYNE H.: "Manual de Ingeniería Eléctrica". Editorial McGraw-Hill. Decimotercera Edición, tomo II. México, 1995.

RODRÍGUEZ Penin Aquilino: "Comunicaciones Industriales", Ediciones Técnicas MARCOBO S.A. Primera edición. Gran Via de les Corts catalanes, 594 09007 Barcelona. Mayo 2008.

WESTERMO: "Transmisión de datos industriales. Ethernet Industrial". Edición 5.0. Suecia, 2004.

## NETGRAFÍA

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/5969/2/Memoria.pdf>

[http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/automat\\_tiempos\\_de\\_crisis10-9.pdf](http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/articulos/automat_tiempos_de_crisis10-9.pdf)

[http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb\\_08\\_II/pb0816t.pdf](http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0816t.pdf)

<http://usuarios.multimania.es/aguscaba/downloads/manualsubneteo.pdf>

<http://www.slideshare.net/fnuno/resumen-iec-61850>

<http://www.multilingualarchive.com/ma/enwiki/es/IEC61850>

<http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/industrial/sistemasinteligentes/UT5/INTRODUCCI%C3%93N%20GENERAL.htm>

<http://www.uco.es/investiga/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf>

<http://www.instrumentacionycontrol.net/es/curso-supervision-procesos-por-computadora/243-las-redes-industriales-principales-topologias.html>

<http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>

<http://www.hms.se/technologies/modbustcp.shtml>

<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/64D0D59F9CA97A1286257495005FD221>  
*“LabVIEW soporta MODBUS - I/O Server”*

<http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/9D80ECF1773D2F86862575A00074F8F9>  
*“Mapeo de registros Modbus en LabVIEW”*