

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO PARA CONSUMO DE ENERGÍA Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SIGMASTEEL S.A.”

FERNANDO JOSÉ DÍAZ ARAQUE

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS

2011

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO PARA CONSUMO DE ENERGÍA Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SIGMASTEEL S.A.”

FERNANDO JOSÉ DÍAZ ARAQUE

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Electrónico

Director

Jorge Eliecer Duque Pardo

MSc. Ingeniería electrónica

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS

2011

Barranquilla 27 de Julio de 2010

Señores:

Universidad Tecnológica de Bolívar
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Estimados señores:

A través de la presente, la empresa Sigmasteel S.A. da aprobación y respaldo al proyecto titulado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO PARA CONSUMO DE ENERGÍA Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SIGMASTEEL S.A.”**, llevado a cabo por Fernando José Díaz Araque como trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Electrónico en esta institución; bajo la dirección y supervisión de los Ingenieros Carlos Guarín y Larry Atencio.

Gerente de Planta

Jefe Dto. Eléctrico y Electrónico

Carlos Guarín Mora

CC

Larry Atencio Urbina

CC

Cartagena de Indias Marzo de 2011

Señores:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Comité de evaluación de proyectos

La ciudad

Estimados señores:

Cordialmente me permito presentar a ustedes la tesis titulada: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO PARA CONSUMO DE ENERGÍA Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SIGMASTEEL S.A.”**, desarrollada por el estudiante de Ingeniería Electrónica, **FERNANDO JOSÉ DÍAZ ARAQUE**.

Con relación a dicho trabajo, el cual he dirigido, lo considero de gran valor para el desarrollo de competencias en futuros estudiantes al momento de poner en práctica las actividades y aplicaciones planteadas.

Sinceramente,

Jorge Eliécer Duque Pardo
MSc. ingeniería electrónica

Cartagena de Indias Marzo de 2011

Señores:

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Comité de evaluación de proyectos

La ciudad

Estimados señores:

Cordialmente me permito presentar a ustedes el Proyecto de Trabajo de Grado titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SUPERVISORIO PARA CONSUMO DE ENERGÍA Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA SIGMASTEEL S.A.”**, para su estudio, consideración y aprobación, como requisito para obtener el título de Ingeniero Electrónico.

En espera que cumpla con las normas pertinentes establecida por la institución.

Sinceramente,

Fernando José Díaz Araque
CC 1128059665 de Cartagena

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias Marzo de 2011

Yo, FERNANDO JOSÉ DÍAZ ARAQUE, identificado con cedula de ciudadanía número 1128059665 de Cartagena autorizo a la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catalogo Online de la Biblioteca.

Fernando José Díaz Araque
CC 1128059665 de Cartagena

DEDICATORIA

*A mi madre y a mi padre,
quienes con esfuerzo y
sacrificio me han formado y
permitido ser la persona que
soy hoy*

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	3
1.1. Subestación Eléctrica	3
1.1.1. Diagrama Unifilar	4
1.1.2. Equipos	6
1.1.2.1 Seccionadores	6
1.1.2.2. Interruptores	6
1.1.2.3. Cuchillas de Puesta a Tierra	7
1.1.2.4. Protección contra Sobretensiones: DPS	7
1.1.2.5. Transformadores de Distribución	8
1.1.2.6. Tableros de Distribución	8
1.1.2.7. Banco de Capacitores	10
1.1.2.8. Blindo-Barras	11
1.2. Parámetros de Producción	12
2. SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN, RED Y SOFTWARE HMI	14
2.1. Red Industrial	14
2.2. Medidor de Energía	15
2.3. Transformadores de Corriente	21
2.4. Elementos de la Red	25
2.4.1. Switch Ethernet	25
2.4.2. Wireless Access Point	29
2.4.3. Cables	32
2.4.4. Conectores	33
2.5. Software	35
2.5.1. HMI	35
2.5.2. OPC	37
3. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA RED	39
3.1. Diseño de la Red	39
3.2. Configuración del Medidor de Energía	41
3.2.1. Instalación	41
3.2.2. Ajuste de Idioma	42
3.2.3. Ajuste de Tipo de Conexión	43
3.2.4. Ajustes de Entrada de Voltaje	44
3.2.4.1. Desactivar Modo Transformadores de Tensión	44
3.2.4.2. Ajuste de Voltaje de Medición	46
3.2.5. Ajuste de Entradas de Corriente	47
3.2.6. Ajustes de Comunicación	48
3.2.7. Ajustes de Clave	50
3.3. Configuración del Servidor OPC	51
3.3.1. Configuración del Canal	52
3.3.2. Configuración del Dispositivo	56
3.3.3. Creación de Tags	64

3.3.3.1. Direccionamiento Modbus	65
3.3.3.2. Propiedades de Tags	65
3.3.4. Adición de Servidor OPC a FactoryTalk SE	67
3.5. Configuración del Servidor RSLinx	74
4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SUPERVISORIO	77
4.1. HMI	77
4.1.1. Ventanas	78
4.2. Conexión con Base de Datos	87
5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	89
6. RECOMENDACIONES	90
BIBLIOGRAFÍA	91
ANEXOS	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama unifilar de Subestación Sigmasteel S.A.	5
Figura 2. Seccionador tripolar de cuchillas giratorias	6
Figura 3. Conexión de DPS.....	7
Figura 4. Tablero de distribución de Energía.....	9
Figura 5. Disposición de blindo-barras.....	11
Figura 6. Layout de Slitter Cincinnati	13
Figura 7. Medidor de Energía SENTRON PAC3200.....	19
Figura 8. Cuadrantes de energía activa y reactiva	20
Figura 9. Dimensiones de transformador de corriente tipo IMSd.....	24
Figura 10. Layout de Slitter Cincinnati y Tablero de Distribución.....	27
Figura 11. Switch Ethernet de serie EICP8M-100T	28
Figura 12. Layout de distancias de Oficinas de Ing., Slitter Cincinnati y Tableros de Distribución (distancias en metros).....	30
Figura 13. Wireless Access Point WLg-IDA/NP	31
Figura 14. Cable STP cat. 7 F10-130 S/F. a) fotografía. b) corte transversal.	33
Figura 15. Conexión de EIA/TIA 568A y 568B para conector RJ45.....	34
Figura 16. Conector VS-08-RJ45-5-Q/IP20	34
Figura 17. Pantalla principal de FactoryTalk View Site Edition.....	37
Figura 18. Esquema de red de medidores SENTRON PAC3200 y red Cincinnati	40
Figura 19. Conexión de SENTRON PAC3200 y TCs a red eléctrica	41
Figura 20. Ajuste de idioma de medidor SENTRON PAC3200	42
Figura 21. Ajuste de Tipo de conexión de red eléctrica de SENTRON PAC3200.....	43
Figura 22. Ajuste desactivar transformadores de tensión en SENTRON PAC3200.....	45
Figura 23. Ajuste voltaje de medición en SENTRON PAC3200	46
Figura 24. Ajuste de I primaria y secundaria en SENTRON PAC3200.....	47
Figura 25. Ajuste de comunicación en SENTRON PAC3200	48
Figura 26. Menú de comunicación de SENTRON PAC3200	49
Figura 27. Ajuste de clave en SENTRON PAC3200	50
Figura 28. Identificación del nuevo canal.....	52
Figura 29. Selección del driver del dispositivo	53
Figura 30. Interface de red	53
Figura 31. Optimizaciones de lectura.....	54
Figura 32. Configuración Ethernet.....	54
Figura 33. Resumen de ajustes de canal	55
Figura 34. Nombre del nuevo dispositivo	56
Figura 35. Modelo del dispositivo.....	57
Figura 36. ID del nuevo dispositivo.....	57
Figura 37. Sincronización de la comunicación.....	58
Figura 38. Auto-degradación	59
Figura 39. Creación de base de datos de tags	59

Figura 40. Configuración Ethernet de dispositivo.....	60
Figura 41. Ajustes de acceso de datos	60
Figura 42. Ajustes de decodificación de datos	61
Figura 43. Tamaño de bloques	61
Figura 44. Ajustes de importar variable	62
Figura 45. Manejo de errores	62
Figura 46. Resumen de ajustes de dispositivo.....	63
Figura 47. Propiedades de tag	66
Figura 48. OPC quick client de KEPServer	66
Figura 49. Elección de tipo de aplicación en FactoryTalk View	67
Figura 50. Creación de nueva aplicación.....	67
Figura 51. Selección de Faceplates	68
Figura 52. Ruta para agregar Servidor OPC.....	68
Figura 53. Propiedades del Servidor de datos OPC	69
Figura 54. Servidores de datos OPC disponibles en el Local host.....	70
Figura 55. Ajustes a Propiedades de servidor de datos OPC.....	70
Figura 56. Ventana exploradora con servidor OPC agregado	71
Figura 57. Icono de Tags en ventana explorador.....	71
Figura 58. Ventana de creación de Tags	72
Figura 59. Ventana de búsqueda de Tags	73
Figura 60. Ruta para agregar servidor RSLinx Enterprise desde ventana explorador.....	74
Figura 61. Acceso a configuración de comunicación de servidor RSLinx Enterprise	74
Figura 62. Dispositivos de Red Cincinnati desde RXLinx Enterprise	75
Figura 63. Extracción de Tas de Red Cincinnati desde Explorador de Tags.....	76
Figura 64. Computador con HMI en Oficinas de Ingeniería	77
Figura 65. Ventana Inicial de supervisorio	78
Figura 66. Ventana Tableros Eléctricos.....	79
Figura 67. Ventana Slitter Cincinnati	80
Figura 68. Ventana Tendencias Consumo Energía.....	81
Figura 69. Ventana Tendencias Potencia Total	82
Figura 70. Creación alarmas: a) límites numéricos. b) mensajes de alarmas.....	83
Figura 71. Ventana Lista de Alarmas.....	85
Figura 72. Ventana Banner de Alarmas.....	86
Figura 73. Ruta de Asociación de Alarmas y Eventos con base de datos.....	87
Figura 74. Propiedades de base de datos de Alarmas y Eventos	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros eléctricos de las subestación	3
Tabla 2. Características de transformadores de la subestación	8
Tabla 3. Característica de interruptores principales de tableros de distribución	10
Tabla 4. Bancos de capacitores y sus potencias nominales	10
Tabla 5. Parámetros de producción de máquina Slitter Cincinnati	12
Tabla 6. Categorías de medición CAT.....	15
Tabla 7. Clasificación de medidor de energía según su complejidad	16
Tabla 8. Selección de medidor de energía según la precisión.....	17
Tabla 9. Precisión de parámetros medidos por SENTRON PAC3200	19
Tabla 10: Rango de corriente primaria para TCs de tableros de distribución con FC=120%	21
Tabla 11. Selección de transformador de corriente según la precisión.....	22
Tabla 12. Mínima corriente térmica nominal de TCs e Icc de tableros de distribución.....	23
Tabla 13. Mínimo valor de corriente dinámica nominal de TCs en tableros de distribución.....	24
Tabla 14. Características de TCs tipo IMSd para cada Tablero de distribución	25
Tabla 15. Categorías cables según norma EIA/TIA 568	32
Tabla 16. Abreviaturas de tipos conexión a red eléctrica de SENTRON PAC3200.....	44
Tabla 17. Parámetros de comunicación de medidores SENTRON PAC3200	49
Tabla 18. Selección de Drivers para variaciones de Modbus	52
Tabla 19. Selección de modelo para variaciones de Modbus	56
Tabla 20. Lista de variables, offset y formato.....	64
Tabla 21. Direccionamiento Modbus.....	65
Tabla 22. Lista resumen de alarmas del supervisorio	84

INTRODUCCIÓN

La empresa SIGMASTEEL S.A. es un proyecto de capital colombiano ubicado estratégicamente en la Costa del Caribe en la Zona Franca La Cayena, en la ciudad de Barranquilla (Vía Juan Mina, km 8), cuyo objeto social es producir y comercializar una amplia gama de productos a partir de aceros planos laminados en calidades HR, CR, galvanizados, pre-pintados e inoxidable, con el fin de suplir las necesidades de los fabricantes de estructuras de la industria metalmecánica y la construcción.

Las actividades específicas a las que se dedica la empresa son la transformación de productos relacionados con la industria construcción y metalmecánica:

- Fabricación y producción de tuberías, perfiles, vigas, cubiertas y elementos estructurales relacionados con la industria de la construcción y metalmecánica a partir de las materias primas antes mencionadas.
- Logística, transporte, manipulación y distribución de los productos relacionados con la industria de la construcción y metalmecánica.
- Soporte técnico, mantenimiento y reparación de equipos o maquinaria.

Para llevar a cabo su actividad productiva, la empresa cuenta con maquinaria agrupada de acuerdo a los tipos de procesos:

- Corte: En este proceso la materia prima, flejes metálicos se cortan en secciones de menor ancho, en este grupo se encuentran las máquinas:
 - Cortadora de Flejes Cincinnati
 - Cortadora de Flejes MP (en montaje)
- Formado: Una vez realizado el proceso inicial de corte, se pasa al formado. Este tipo de proceso es distinto para cada producto terminado e independientes entre sí, está compuesto por las máquinas:
 - Formadora de tubos Abbey Etna
 - Formadora de tubos McKey (en montaje)
 - Perfiladora ASC
 - Perfiladora Comec
 - Línea de Vigas

Para el funcionamiento de las máquinas de la compañía, se cuenta con un sistema de distribución de energía eléctrica que las alimenta. Se emplea una subestación eléctrica

para lograr la adecuada alimentación a un nivel de tensión, dimensionada para la potencia demandada por las cargas y con las protecciones necesarias para el personal, máquinas e instalación misma. Los elementos finales de la subestación son 5 tableros de distribución de 460V AC, los cuales suministran energía a las máquinas a través de blindo-barras.

Para la obtención del rendimiento del consumo de energía se requiere el monitoreo de los parámetros eléctricos.

La medición de energía eléctrica es de suma importancia para la industria pues con esto se mide gran parte de la eficiencia de la misma, en cuanto al costo que genera su uso para la obtención de productos terminados. Por ello, se desea diseñar e implementar un sistema supervisorio mediante un sistema HMI comunicado por un bus de campo con medidores electrónicos de energía y multifunción ubicados en los tableros de distribución, tal que se pueda observar en tiempo real y continuo el estado de estos parámetros, gráficos de tendencias y notificaciones a través alarmas y posibilidad de exportar a una base de datos.

Asimismo, se hace necesario obtener los parámetros de consumo de energía y de producción en las máquinas se encuentran en funcionamiento, por lo que se debe agregar al sistema de monitoreo comunicación con los PLCs de los distintos procesos.

En este proyecto se realiza la conexión con los 5 tableros de distribución y la Cortadora de Flejes Slitter Cincinnati para la extracción de datos de consumo de energía y datos de producción.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

1.1. Subestación Eléctrica

El suministro de energía eléctrica hacia Sigmasteel S.A. llega desde las líneas de transmisión de la empresa electrificadora a la subestación receptora secundaria de Zona Franca La Cayena (Zofracar), que maneja un nivel de tensión de 115kV; y de esta subestación a la planta mediante un transformador externo que reduce el voltaje a un nivel 34,5kV. La subestación de Sigmasteel S.A. empieza desde el secundario de este transformador.

El propósito de la subestación eléctrica de Sigmasteel S.A. es brindar el suministro y calidad de energía eléctrica requerida por los distintos equipos de la instalación de la empresa. Para ello, cuenta con un conjunto de circuitos y dispositivos con la función de modificar los parámetros de potencia eléctrica, que permiten el control de flujo de energía brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los equipos mismos y para el personal de operación y mantenimiento.

Se trata de una subestación de tipo interior, ya que es dedicada a una planta industrial donde son críticos su disponibilidad y funcionamiento, por lo que se instala dentro de un ambiente cerrado con protección a factores del ambiente exterior como la contaminación, humedad o salinidad.

En cuanto a su función, la subestación es de transformación ya que se alimenta con un nivel de tensión de 34,5kV y lo reduce al nivel de tensión nominal de 460V, requerido para la ejecución de procesos en la planta.

En la tabla 1 se enlistan los parámetros eléctricos de la subestación de Sigmasteel S.A.

Tabla 1. Parámetros eléctricos de las subestación

Parámetro	Valor
Tensión nominal primaria	34,5kV
Tensión nominal secundaria	460V
Corriente nominal primaria	167A
Potencia nominal	5761,5kVA
Frecuencia nominal	60Hz
Máxima sobretensión primaria	36kV
Máxima corriente de cortocircuito primaria	8,367kA

Fuente: Sigmasteel S.A.

1.1.1. Diagrama Unifilar

El punto de partida de la subestación es el secundario del transformador T8 de Zofracar dedicado a la alimentación de Sigmasteel S.A., como se muestra el esquema de distribución de energía en la figura 1, la tensión y corriente nominal son de 34,5kV y 167A respectivamente.

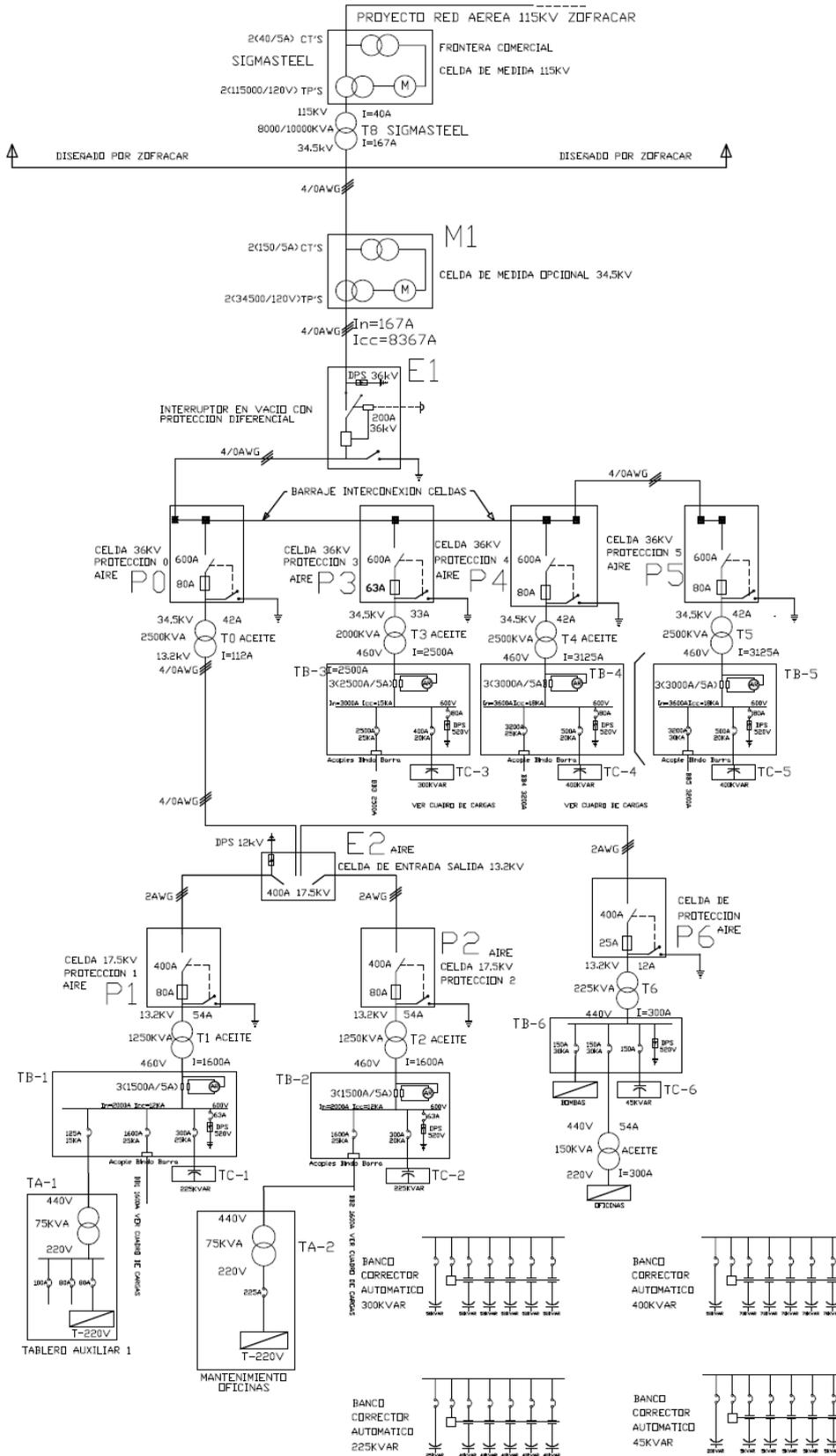
El sistema se compone esencialmente de las siguientes partes:

Una celda de medida M1 con 2 TCs (transformadores de corriente) de 150/5A y 2 TPs (transformadores de potencia) 34500/120V conectados al medidor principal del sistema. Sigue la celda de seccionadores o interruptores en vacío E1, acoplada mediante un barraje de interconexión a 4 celdas de protección P0, P3, P4 y P5 y al transformador T0 con relación 34,5/13,2kV, este último alimenta otra celda de seccionadores E2. La celda E2 distribuye alimentación a las celdas de protección P1, P2 y P6.

Las celdas P1 a P6 protegen por el lado de alta los transformadores que suministran tensión a los tableros de distribución TB-1 a TB-6. Los tableros de distribución TB-1 a TB-5 son principales y alimentan con tensión de 460V las máquinas de producción de la planta, el tablero TB-6 es secundario y alimenta los procesos auxiliares de cuarto de compresores y torres de enfriamiento junto con un transformador dedicado a las oficinas.

Figura 1. Diagrama unifilar de Subestación Sigmasteel S.A.

DIAGRAMA UNIFILAR DEFINITIVO



Fuente: Sigmasteel S.A.

1.1.2. Equipos

La subestación eléctrica de Sigmasteel S.A. está integrada por los equipos que se describen a continuación:

1.1.2.1 Seccionadores

El propósito de los seccionadores o interruptores en vacío, consiste en aislar tramos de circuito de forma visible para que se pueda trabajar sobre los mismos sin peligro. Se caracterizan porque:

- Abren y cierran en vacío, no deben operarse bajo condiciones de carga.
- Deben soportar la intensidad nominal de forma permanente y corrientes de cortocircuito durante un tiempo determinado.
- Pueden abrir circuitos energizados pero sin carga.
- No responden a condiciones de falla.

Se ubican en las celdas E1 y E2 y son tripolares del tipo de cuchillas giratorias, como se ve en la figura 2.

Figura 2. Seccionador tripolar de cuchillas giratorias



Fuente: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/tydee/seccionadores.pdf>

1.1.2.2. Interruptores

Su misión consiste en abrir y cerrar el circuito en carga. Deben soportar intensidades normales y de cortocircuitos, y ser capaces de interrumpir estas últimas.

Se encuentran ubicados en las celdas de protección P0 a P6 resguardando los transformadores alimentadores de los tableros de distribución.

1.1.2.3. Cuchillas de Puesta a Tierra

Son equipos de protección que accionan en vacío como elementos para aterrizar circuitos en condiciones de mantenimiento.

Se ubican en todas las celdas de la subestación: E1, E2 y P0 a P6.

1.1.2.4. Protección Contra Sobretensiones: DPS

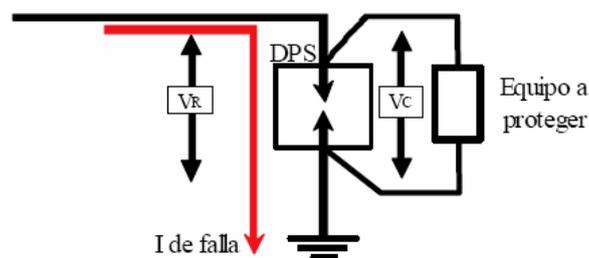
Los DSP o dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias, brindan seguridad al personal y la instalación ante sobretensiones a las que puede estar sometida la subestación y sus equipos.

Las sobretensiones pueden ser de dos tipos de origen, interno o externo:

- De origen interno:
 - Sobretensiones temporales: Son transitorios cercanos a la frecuencia de operación de 60Hz (o incluidos en ésta frecuencia) se deben principalmente a fallas de tierra, perdidas de carga y resonancias de varios tipos.
 - Sobretensiones de maniobra: Son propios de la operación de conmutación o maniobra y fallas en la subestación.
- De origen externo:
 - Sobretensiones atmosféricas: Son el resultado de contactos directos de líneas del sistema con descargas atmosféricas.

Los DPS se instalan en modo común, es decir, entre conductores activos y la tierra de la subestación, como se muestra en la figura 3.

Figura 3. Conexión de DPS



Fuente: Norma NTC 2050

Se ubican en las celdas de seccionadores y en los tableros de distribución.

1.1.2.5. Transformadores de Distribución

El transformador es la parte más importante de la subestación eléctrica, ya que permite el control de flujo de la energía necesaria para llevar a cabo los procesos de la planta.

Los transformadores empleados son de tipo hermético en aceite, ideal para espacios reducidos como es el caso de esta subestación.

En la tabla 2 se enlistan los voltajes y corrientes primarios y secundarios, y potencia nominal de los transformadores de la subestación:

Tabla 2. Características de transformadores de la subestación

Transformador	V primario [V]	V secundario [V]	Corriente Primaria [A]	Corriente secundaria [A]	Potencia nominal [kVA]
T0	34500	13200	42	112	2500
T1	13200	460	54	1600	1250
T2	13200	460	54	1600	1250
T3	34500	460	33	2500	2000
T4	34500	460	42	3125	2500
T5	34500	460	42	3125	2500
T6 (auxiliar)	13200	440	12	300	225

Fuente: Sigmasteel S.A.

1.1.2.6. Tableros de Distribución

Son los elementos finales de la subestación y el punto su de acople con las blindo-barras (ver figura 4); éstas son alimentadas por los tableros de distribución TB1 a TB5 con tensión nominal de 460V y TB6 con tensión de 440V para procesos auxiliares.

Cada tablero se protege con un interruptor principal hacía las blindo-barras con las características que se muestran en la tabla 3, interruptores a los bancos de condensadores y un DPS contra sobretensiones a 520V.

Además contiene un circuito de control a 110V protegido con interruptores, un termostato calibrado a una temperatura máxima de 40°C y un higrostató con una protección de hasta el 90% de humedad relativa sin condensación, servicios auxiliares de iluminación del tablero, luces piloto indicadores del estados del interruptor: abierto, cerrado o falla y un tomacorriente.

Figura 4. Tablero de distribución de Energía



Fuente: Sigmasteel S.A.

Tabla 3. Característica de interruptores principales de tableros de distribución

Ubicación de Interruptor	Corriente nominal [A]	Corriente de cortocircuito [kA]
TB1	2000	12
TB2	2000	12
TB3	3000	15
TB4	3600	18
TB5	3600	18

Fuente: Sigmasteel S.A.

Cada tablero cuenta con protección IP 52 (ver anexo B), que le otorga protección contra el polvo y caída directa de agua con inclinación máxima de 15°.

1.1.2.7. Banco de Capacitores

Se emplean para compensar el consumo de potencia reactiva que agregan al sistema las cargas por su naturaleza inductiva (motores asíncronos).

Su dimensionamiento se realiza teniendo en cuenta que a nivel industrial se sanciona el consumo de energía reactiva cuando su nivel está por encima de la mitad del nivel de energía activa, esto es, cuando el factor de potencia es inferior a 0,89. En la tabla 4 se muestran las potencias de los bancos de capacitores instalados en paralelo a los tableros de distribución para corrección de factor de potencia.

Tabla 4. Bancos de capacitores y sus potencias nominales

Banco de capacitores	Potencia reactiva nominal [kvar]
TC-1	225
TC-2	225
TC-3	300
TC-4	400
TC-5	400
TC-6	45

Fuente: Sigmasteel S.A.

1.1.2.8. Blindo-Barras

Aguas abajo del interruptor principal de cada tablero de distribución, se hallan las blindo-barras, que son un sistema prefabricado compuesto por barras de distribución y encerramiento juntos; incluyen tramos rectos, accesorios de acople entre tramos rectos hacia distintas direcciones y accesorios de acople con interruptores (ver figura 5). Son los dispositivos finales que alimentan las maquinas de producción y de procesos auxiliares de la planta (en el Anexo D se encuentran los datos característicos de blindo-barras).

Figura 5. Disposición de blindo-barras



Fuente Sigmasteel S.A.

1.2. Parámetros de Producción

La máquina Slitter Cincinnati (ver figura 6) perteneciente al grupo de procesos de corte, toma los flejes de láminas metálicas de materia prima y los corta en varios flejes de menor ancho e igual longitud. De ésta se pretende medir los parámetros de producción mostrados en la tabla 5.

Estos parámetros brindan información del proceso a distintos niveles de la empresa como ingeniería, mantenimiento, gerencia, producción, etc. por lo que con su visualización y control en tiempo real desde un sitio dedicado como una estación de ingeniería, brinda herramientas para detección y corrección de fallas y anomalías, así como para la optimización y mejoramiento continuo del proceso.

Tabla 5. Parámetros de producción de máquina Slitter Cincinnati

Parámetro
Horas Trabajadas por turno
Horas No trabajadas por turno
Horas trabajadas diaria
Horas No trabajadas diarias
Velocidad de línea
Cantidad de material usado
Toneladas/hora

Fuente: Sigmasteel S.A.

2. SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN, RED Y SOFTWARE HMI

2.1. Red Industrial

Como criterio de selección de los instrumentos de medida, equipos de la red y software HMI, se tiene que todos deben ser compatibles en cuanto a la red de comunicación industrial o bus de datos.

Requerimientos:

Proveer capacidad de rendimiento de tiempo real, necesario para el apropiado monitoreo de variables de consumo eléctrico. Asimismo se requiere robustez ante un ambiente industrial caracterizado por altos niveles de ruido eléctrico debido a la conmutación de accionamientos electromecánicos y presencia de dispositivos de electrónica de potencia; vibración causada por los movimientos de motores y actuadores neumáticos e hidráulicos; temperaturas del orden de 25 a 40°C, humedad relativa entre 5 y 95% sin condensación. Debe poseer recuperación rápida ante fallas para garantizar continuidad en la operación y ser una red relativamente sencilla de instalar y de bajo costo. La red debe ser escalable, permitiendo futuras ampliaciones donde se cubra la conexión con mayor número de dispositivos.

Selección:

Se emplea Ethernet Industrial, red normalizada bajo la norma IEEE 802.3; que se caracteriza por ser una red abierta y transparente que emplea una tecnología de alto determinismo, con lo que se puede afirmar que un evento determinado ha ocurrido en una ventana de tiempo en concreto. Maneja grandes velocidades de transmisión: 10, 100 y 1000Mbps/s dependiendo del protocolo a usar. Permite utilizar muchos protocolos diferentes simultáneamente en la misma red (Profinet, Ethernet/IP, Modbus TCP, EtherCAT, etc.); debido a su producción masiva, es relativamente barato, y se encuentran disponibles componentes dedicados a ambientes industriales; admite la transmisión por los medios eléctrico, óptico e inalámbrico.

2.2. Medidor de Energía

Para la empresa, la medición de energía eléctrica es de gran importancia, pues con esto se mide gran parte de la eficiencia de su consumo, en cuanto al costo que genera su uso para la obtención de productos terminados.

Requerimientos:

Eléctricos:

Ser capaz de realizar mediciones sobre la red tipo trifásica con 4 hilos: tres fase y neutro, a un nivel de tensión nominal de 460V a 60Hz con carga nominal máxima de 2500kVA (según la tabla 2 de tableros de distribución).

Es necesario que el medidor sea capaz de realizar mediciones de voltajes tipo Valor Eficaz Verdadero (True RMS) tanto a ondas senoidales, propias del sistema de distribución, como a posibles ondas distorsionadas causadas por dispositivos de electrónica de potencia tales como variadores de velocidad de motores y arrancadores suaves electrónicos distribuidos en varias secciones de los procesos de la planta.

Como la medición de tensión se realiza directamente sobre la carga, sin transformadores de tensión, se exponen los medidores a los mismos sobre-voltajes transitorios que la red.

Tabla 6. Categorías de medición CAT

Overvoltage category	Working voltage (dc or ac – rms to grnd)	Peak impulse transient (20 repetitions)	Test source (Ohm = V/A)
CAT I	600V	2500 V	30 ohm source
CAT I	1000V	4000 V	30 ohm source
CAT II	600V	4000 V	12 ohm source
CAT II	1000V	6000 V	12 ohm source
CAT III	600V	6000 V	2 ohm source
CAT III	1000V	8000 V	2 ohm source

Fuente: http://www.lanl.gov/safety/electrical/docs/electrical_measurement.ppt

La norma IEC 61010 establece categorías de protección en sistemas de bajo voltaje contra transitorios según la localización y voltaje de trabajo del equipo. Para el caso, el medidor debe contar con protección CAT III, establecida para circuitos de distribución incluyendo barrajes principales alimentadores y ramales; para cargas instaladas permanentemente. De la tabla 6, se aprecia que el medidor de energía debe cumplir con lo señalado para categoría CAT III-600V, soportar 20 repeticiones de picos transitorios de 6kV.

Además de las funciones básicas de medición de variables eléctricas, el medidor debe tener las características de registrar el tiempo de uso y poseer interfaz de comunicación con un protocolo de comunicación soportado por Ethernet Industrial, la norma NTC 5019 (selección de equipos de medición de energía eléctrica) clasifica a este tipo de medidores como multifunción, como se describe en la tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de medidor de energía según su complejidad

Clasificación	Descripción
Básicos	Medidores de energía sencillos, sin dispositivos internos de control de carga o tarifa; con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicación óptico
Multienergía	Medidores que, en una única carcasa, miden más de un tipo de energía, con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicación óptico
Multifunción	Medidores básicos o de multienergía, que incluyen funciones adicionales a las metrológicas básicas, tales como registro de demanda máxima, registro de tiempo de uso, dispositivo de control de tarifa y/o carga, como un interruptor horario o un receptor de telemando centralizado
Medidores con funciones adicionales	Medidores con otras unidades funcionales como PLC, comunicación telefónica o por radio, lectores de bonos de pago, etc...

Fuente: Norma NTC 5019

Precisión:

Al realizar medición de tensión de manera directa conectándose en paralelo a las líneas de los tableros de distribución, y medición de corriente a través de transformadores de corriente, se trata de una medición semi-directa; para la cual la clase de precisión la establece la norma NTC 5019 según la tabla 8.

Tabla 8. Selección de medidor de energía según la precisión

Tipo de medición	Tipo de servicio	Capacidad instalada (CI) en kVA	Descripción del medidor ¹⁾²⁾				
			Medidor	Energía ₃₎	Clasificación ⁴⁾	Clase ⁵⁾	
						Electro-mecánico	Estático ⁶⁾
Directa	Monofásico bifilar	≤ 12	Monofásico bifilar	Activa	Básico	2	1
	Monofásico trifilar	≤ 24	Monofásico trifilar ó Bifásico trifilar	Activa	Básico	2	1
				Activa y Reactiva	Multienergía	--	1 2
	Bifásico trifilar	≤ 24	Bifásico trifilar	Activa	Básico	2	1
				Activa y Reactiva	Multienergía	--	1 2
	Trifásico tetrafilar	≤ 36	Trifásico tetrafilar	Activa	Básico	2	1
Activa y Reactiva				Multienergía	--	1 2	
Semi-directa	Monofásico trifilar	> 24	Monofásico trifilar ó Trifásico trifilar	Activa y Reactiva	Multifunción	--	1 2
	Trifásico tetrafilar	> 36	Trifásico tetrafilar	Activa y Reactiva	Multifunción	--	1 ó 0,5 ₂ ¹⁰⁾
Indirecta	Trifásico trifilar	>112.5	Trifásico trifilar ⁷⁾ ó Trifásico tetrafilar ⁸⁾	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,5 ₂
			Trifásico tetrafilar ⁹⁾	Activa y Reactiva	Multifunción	--	0,2 ₂

...

10) En medición semi-directa, Cuando la capacidad Instalada (CI) sea mayor de 112,5 kVA el medidor de energía activa debe ser Clase 0,5₂.

Fuente: Norma NTC 5019

En esta tabla se aprecia que para un medidor estático (electrónico) multifunción, que realiza medición semi-directa, con tipo de servicio trifásico tetrafilar con una carga instalada mayor a 112,5kVA, la clase de precisión mínima para la energía activa es 0,5S y clase 2 para la energía reactiva.

El índice de las clases expresa el límite de error porcentual admisible entre 0,1 la corriente básica y la corriente máxima o entre 0,05 veces la corriente nominal y la corriente máxima con un $\text{Cos}\phi=1$. En la clase 0,5S, la S significa que el transformador es especial, es decir que debe cumplir con las condiciones nominales, desde el 20% hasta el 120%.

Parametrización y visualización:

- El equipo debe incluir un *display* de cristal líquido con la cantidad de dígitos y símbolos que permitan leer con facilidad los parámetros medidos.
- Debe ser capaz de lograr comunicación Ethernet Industrial a través de conector RJ-45 a una velocidad de transmisión normalizada por el estándar.
- El medidor debe permitir ser configurado tanto local como remotamente, y visualizar los parámetros medidos en el display.
- Debe permitir programar la relación o factor de transformación.
- Contar con una clave de acceso para la programación de parámetros y comunicación del medidor.
- El software de programación debe trabajar en ambiente gráfico (tipo Windows) y debe estar en idioma español o inglés. El software debe permitir leer los datos del medidor y exportarlos a un archivo plano u hoja de cálculo.
- El registrador debe permitir tomar lecturas con mínimo 5 dígitos enteros y 3 dígitos decimales (resolución de 0,001).

Ambientales:

Cada medidor se ubica dentro de cada tablero de distribución en la parte frontal de éste, a una altura de 150cm sobre el nivel del suelo, sobresaliendo sólo la pantalla de lectura del medidor, por lo que se especifican las mismas condiciones ambientales de los tableros de distribución para los medidores, es decir, temperatura máxima de 40°C y humedad relativa máxima de 90% sin condensación; el índice de protección debe ser de por lo menos de IP 52 para la parte que sobresale de los tableros pues se expondrá a las mismas condiciones que el tablero de distribución, para la parte interna se tolera un IP menor.

Selección:

Se escoge el medidor de energía SENTRON PAC3200 (ver figura 7) de la casa SIEMENS, que capta más de 50 magnitudes eléctricas, para varios tipos de conexiones entre ellas conexiones trifásicas con 4 hilos.

Figura 7. Medidor de Energía SENTRON PAC3200



Fuente: <http://www.automation.siemens.com/>

Cumple con los lineamientos de la NTC 5019 al ser un medidor clase 0,5S para la medida de energía activa y clase 2 para la energía reactiva, además presenta la precisión para los parámetros que se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Precisión de parámetros medidos por SENTRON PAC3200

Parámetro	Precisión
Voltaje	$\pm 0,3\%$
Corriente	$\pm 0,2\%$
Frecuencia	$\pm 0,05\%$
Factor de potencia	$\pm 0,5\%$
Potencia aparente	0,5%
Potencia activa	0,5%
Potencia reactiva	0,2%
Energía activa	Clase 0,5S*
Energía reactiva	Clase 2*

*Según norma IEC 62053-22:2003-01

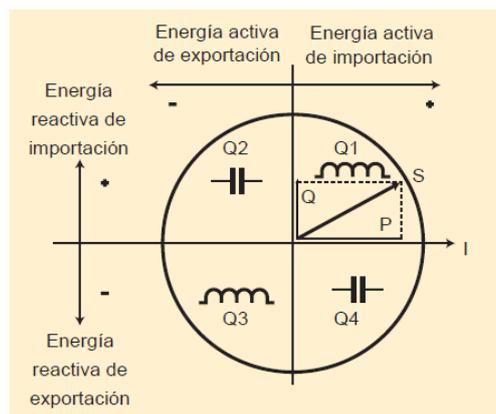
Fuente: <http://www.sea.siemens.com/>

El medidor cuenta con certificación CAT III-600V protegiendo de esta manera las entradas de tensión según lo mostrado en la tabla 6: resistir 20 repeticiones de picos transitorios de hasta 6kV.

Está equipado con 3 entradas de corriente que adquieren señales de TCs, la relación de transformación es programable de $n/1A$ o $n/5A$, siendo n la corriente nominal primaria del TC. Es capaz de soportar en las entradas de corriente 100A durante un segundo.

Cuenta con un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva, un contador universal y un contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de cargas conectadas. Mide por separado los valores de potencia y energía en los cuatro cuadrantes, es decir, capta cuando el sistema consume energía de la red o la regenera hacia ella (ver figura 8).

Figura 8. Cuadrantes de energía activa y reactiva



Fuente: http://elsimsrl.com/ace_sl7000.pdf

Para la comunicación utiliza interfaz Ethernet integrada con una velocidad de transmisión de 10Mbits/s. La parametrización puede realizarse directamente en el dispositivo explorando su menú o a través de una interfaz de comunicación.

Para evitar accesos no autorizados tiene integrado un sistema de protección por clave en el display de cristal líquido.

Además, el SENTRON PAC3200 dispone de una entrada y una salida digitales multifuncionales para futuras ampliaciones del sistema.

Sus dimensiones son: 96x96x56mm (l x h x p), el tipo de protección para el lado frontal es IP65, en el lado posterior la protección es de IP20. Soporta temperaturas entre -10 y 55°C, en condiciones normales trabaja hasta en con una humedad relativa de 95% sin condensación. En el anexo C se encuentran en detalle las especificaciones del medidor SENTRON PAC3200.

2.3. Transformadores de Corriente

En cuanto a la medición de corriente, El medidor SENTRON PAC3200 sólo puede soportar en operación continua 10A en las entradas de corriente. Por su parte, se tienen consumos de corriente de hasta 3067,75A a plena carga para TB5, así que se opta por un tipo de medida indirecta mediante transformadores de corriente con menores valores de corriente en el secundario, siguiendo los siguientes criterios.

Requerimientos:

Corriente nominal primaria:

La corriente a plena carga del sistema eléctrico en el punto de conexión del medidor debe encontrarse entre el 80% de la corriente nominal y la corriente nominal multiplicada por el factor de cargabilidad del TC, esto es:

$$0,8I_{pn} \leq I_{pc} \leq I_{pn} \cdot FC \quad (1)$$

En donde:

I_{pc} : Corriente a plena carga del sistema eléctrico donde se conecta el transformador de corriente.

I_{pn} : Corriente primaria nominal del transformador de corriente.

FC : Factor de cargabilidad, es el parámetro que relaciona corriente primaria nominal extendida y la corriente primaria nominal del TC.

Se escoge un FC de 120%, valor normalizado para transformadores de corriente de baja tensión, con lo que los valores de corrientes primarias de los TCs deben encontrarse entre los valores mínimo y máximo para cada tablero de distribución como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10: Rango de corriente primaria para TCs de tableros de distribución con $FC=120\%$

Tablero de distribución	Corriente a plena carga [A]	Rango de Corriente primaria TC [A]
TB1	1600	1333,3 – 2000
TB2	1600	1333,3 – 2000
TB3	2500	2083,3 – 3125
TB4	3125	2604,2 – 3906,3
TB5	3125	2604,2 – 3906,3

Corriente secundaria:

El valor de corriente nominal secundaria de los TC debe ser de uno de los valores normalizados de 5A o 1A, según lo indicado por la NTC 5019.

Precisión y Cantidad:

La precisión de los transformadores se selecciona según la NTC 5019, en función del nivel de tensión, la carga instalada y el tipo de medición del medidor de energía.

Tabla 11. Selección de transformador de corriente según la precisión

Tipo de medición	Tipo de servicio	Nivel de tensión	Relación del t.c. (RTC) ¹⁾	Transformadores de medida		
				Tipo	Cantidad	Clase ²⁾
Semi-directa	Monofásico trifilar o Trifásico tetrafilar	BT	RTC ≤ 400/5 A	t.c.	2 ó 3	0,5 ó 0,6
			RTC > 400/5 A			0,5 \underline{S}
Indirecta	Trifásico trifilar	MT (1 kV < V ≤ 30 kV)	RTC ≤ 15/5 A	t.c.	2 ó 3	0,5 ó 0,6
			RTC > 15/5 A	t.t.		0,5 \underline{S}
				t.c.		0,5 ó 0,6
			t.t.	0,5 ó 0,6		
		MT (30 kV < V < 57,5 kV)	Para todas las RTC	t.c.	2 ó 3	0,5 \underline{S}
				t.t.		0,5 ó 0,6
AT y EAT	Para todas las RTC	t.c.	3	0,2 \underline{S}		
		t.t.		0,2 ó 0,3		

Fuente: Norma NTC 5019

Para el caso, cada sistema de distribución presenta la configuración trifásica tetrafilar, a un nivel de baja tensión (BT) de 460V, empelando medidores electrónicos semi-directos y la carga a medir es superior a 400A. Para esto, en la tabla 11 se especifica una clase precisión de 0,5 \underline{S} . Para efectos de obtener fidelidad en los datos obtenidos, se consideran las cargas como desbalanceadas, con lo cual se realizan mediciones de corriente independientes de cada una de las líneas y el número de TCs debe ser de 3 por medidor.

Corriente térmica nominal de corta duración:

La corriente térmica nominal de corta duración I_{th} se dimensiona tal que cumpla la siguiente expresión:

$$I_{th} \geq I_{cc} \sqrt{t} \quad (2)$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de corto circuito máxima donde se sitúa el transformador de corriente.

t : El tiempo de duración del cortocircuito en segundos.

El tiempo de cortocircuito para cada una de las blindo-barras que se derivan de los tableros de distribución es de 1 segundo (Anexo D), así la ecuación (2) se reduce a la ecuación (3):

$$I_{th} \geq I_{cc} \quad (3)$$

En la tabla 12 se enlistan los valores de corriente de cortocircuito correspondiente a la carga de cada tablero de distribución, el cual es el valor mínimo que puede tener la corriente térmica nominal de corta duración de los TCs.

Tabla 12. Mínima corriente térmica nominal de TCs e I_{cc} de tableros de distribución

Tablero de distribución	Mín. corriente térmica nominal = I_{cc} [kA]
TB1	12
TB2	12
TB3	15
TB4	18
TB5	18

Corriente dinámica nominal:

El valor de la corriente dinámica nominal I_{dyn} debe ser por lo menos 2,5 veces la corriente térmica nominal de corta duración I_{th} , esto es:

$$I_{dyn} \geq 2,5 I_{th} \quad (4)$$

Tabla 13. Mínimo valor de corriente dinámica nominal de TCs en tableros de distribución

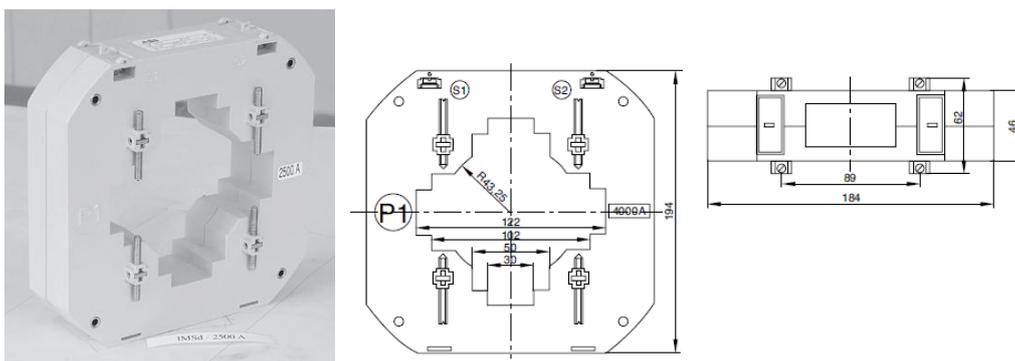
Tablero de distribución	Min. Corriente dinámica nominal [kA]
TB1	30
TB2	30
TB3	37,5
TB4	45
TB5	45

La tabla 13 muestra los valores de corriente dinámica nominal de acuerdo a la ecuación (4) para los 5 tableros de distribución.

Selección de transformador de corriente:

Se seleccionan transformadores de corriente tipo IMSd de la marca ABB ya que reúnen los requisitos planteados (ver figura 9). Sus dimensiones físicas le permiten ser instalados en barras de 120x30mm o 100x50mm o bien, un cable de diámetro máx. de 86mm de Clase de 0,5S, corrientes primarias de los TCs cumplen con la ecuación (1) con un FC de 120%, corriente secundaria de 5A.

Figura 9. Dimensiones de transformador de corriente tipo IMSd



Fuente: <http://www05.abb.com/>

Las características de los TCs seleccionados para los medidores en los tableros de distribución se muestran en la tabla 14 (En el anexo E se encuentra la hoja completa de características de los TCs).

Tabla 14. Características de TCs tipo IMSd para cada Tablero de distribución

Tablero de Distribución	Tipo	Clase	Corriente primaria nominal I_{pn} [A]	Corriente secundaria nominal I_{sn} [A]	Potencia [VA]	Corriente térmica nominal I_{th} [kA]	Corriente dinámica nominal I_{dyn} [kA]
TB1	IMSd	0,5S	1600	5	10	40	105
TB2	IMSd	0,5S	1600	5	10	40	105
TB3	IMSd	0,5S	2500	5	10	62,5	156,5
TB4	IMSd	0,5S	3000	5	10	75	187
TB5	IMSd	0,5S	3000	5	10	75	187

Fuente: <http://www05.abb.com/>

2.4. Elementos de la Red

2.4.1. Switch Ethernet

Requerimientos:

De operación:

El switch o conmutador es el punto de interconexión de los 5 medidores y WAP (wireless Access Point) conectado con el resto de la red, por tanto debe poseer 6 puertos de comunicación más puertos extra para ampliación de la red y reserva.

Debe trabajar a la misma velocidad de transmisión de los medidores de 10Mb/s; como estos permiten la configuración de parámetros desde el software HMI, el switch debe permitir escritura de datos (recepción) sobre uno o varios medidores mientras los demás están en operación (transmisión); es decir, el switch requiere manejar comunicación full-duplex.

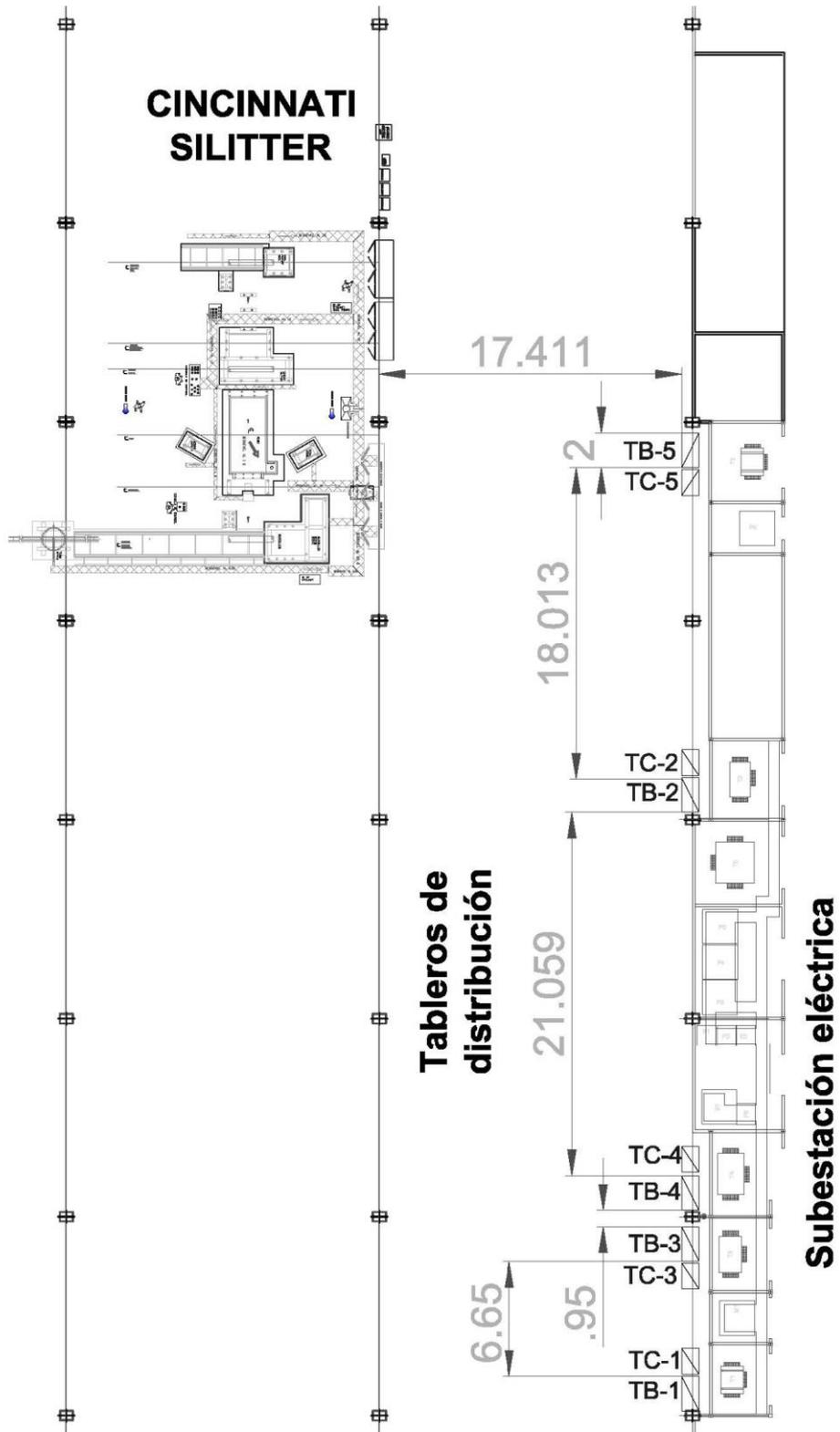
Como el switch es el punto de encuentro entre la red de medidores, la red montada en la máquina Slitter Cincinnati con el sistema HMI; debe ser capaz de gestionar el correcto envío de mensajes, restringiendo así la comunicación entre los medidores y la red Slitter Cincinnati, ya que estos sólo deben comunicarse con el sistema HMI y no intercambiar datos entre ellos. De esta manera se mejora el ancho de banda de la red. Adicionalmente, debe poseer LEDs indicadores de actividad y estado de la red.

Se dispone a ubicar el switch en la parte lateral izquierda del tablero de distribución TB5, la distancia máxima del switch a los medidores según la figura 10, es de 56,59m correspondiente a la distancia entre los medidores de TB1 y TB5. Esta distancia o longitud de segmento debe ser soportada por el switch.

Ambientales:

El switch se coloca dentro de una caja de paso con protección IP 52, como es el caso de los tablero de distribución, así se admite un índice de protección menor. Asimismo, debe soportar una temperatura y humedad relativa máxima de 40°C y 90% (sin condensación) respectivamente.

Figura 10. Layout de Slitter Cincinnati y Tablero de Distribución
 (Distancias en metros)



Sigmasteel S.A.

Selección:

Se opta por un switch Ethernet de referencia EICP8M-100T de la marca CTRLink para aplicaciones industriales (ver figura 11).

Figura 11. Switch Ethernet de serie EICP8M-100T



Fuente: <http://www.ccontrols.com/>

Posee 8 puertos RJ-45 para cable par trenzado, con tasa de transmisión de 10-100Mb/s aplicando el proceso de auto-negociación así dos dispositivos conectados “negocian” la más alta tasa de transmisión. Es un switch gestionable, configurable a half-duplex o full-duplex, funcionando bajo el estándar IEEE 802.3X que además le agrega control de flujo, para envío de tramas aplica el método *store-and-forward* que consiste en recibir una trama completa y enviarla sólo a el o los puertos destinatarios, con esto puede crear VLANs (Virtual LANs) aisladas unas de otras para un eficiente uso del ancho de banda. Implementa la función de cruce de cable interno para conexión con cables pares trenzados de conexión directa como cruzada. Permite una longitud máxima del switch a dispositivos de 100m.

Sus especificaciones ambientales son: temperatura de operación con rango de 0 a 60°C, humedad relativa dentro de 0 a 95% sin condensación y protección de IP 30, (En el anexo F se encuentran las especificaciones de completas del switch).

2.4.2. Wireless Access Point

Requerimientos:

De operación:

Se implementan dos WAP debido a la imposibilidad de comunicarse con cable par trenzado desde la Slitter Cincinnati hasta las oficinas de ingeniería por la gran distancia y dificultad física que implicaría su instalación cableada. Como se aprecia en la figura 12, los WAP deben tener una cobertura de 141,264m.

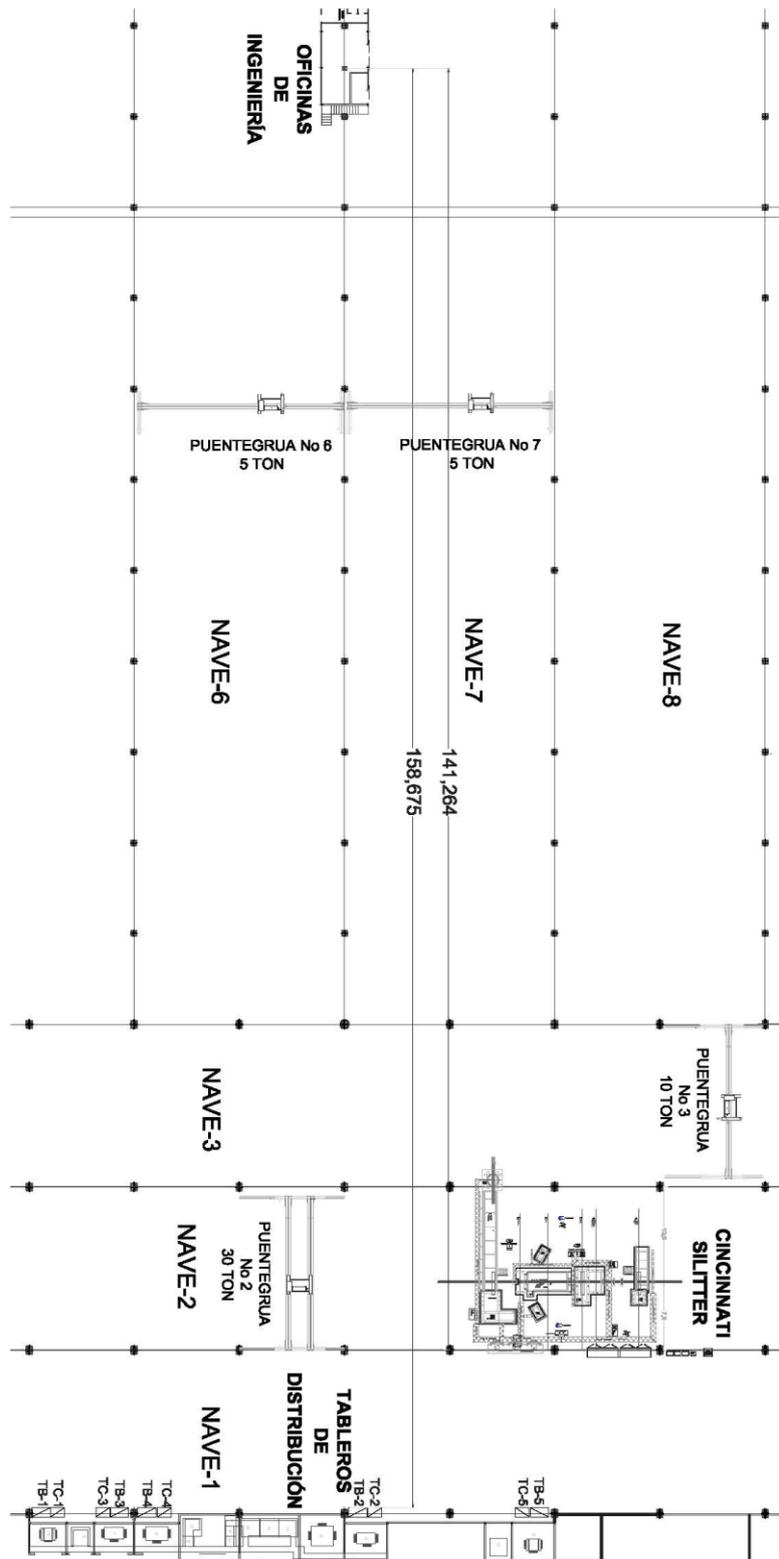
Cada WAP debe poseer una antena con línea de vista entre ambos puntos, puede ser direccional para maximizar el aprovechamiento de la señal, sin embargo con una antena onni-direccional se garantiza mayor cobertura para futuras ampliaciones de la red.

Las interferencias de radiofrecuencia a las que podría estar sometido en WAP son las emitidas por las botoneras inalámbricas de los puente-gruas 2, 3, 6 y 7, de la serie L10 de Conductix Wampfler, que trabajan entre 410 y 490MHz y con un ancho de banda de 12,5kHz (con modulación FM de banda estrecha). Para un adecuado funcionamiento, en cuanto a interferencia, superposición o cancelación de ondas, el ancho de banda del WAP debe encontrarse por fuera del ancho de banda de estas botoneras inalámbricas; la frecuencia de operación debe ser de 2,4 o 5GHz (con modulación ODFM), valores normalizados para clientes inalámbricos bajo estándares como el IEEE 802.11 en sus variantes, es preciso además por seguridad estar protegido con clave de acceso.

Ambientales:

Las condiciones que debe soportar el dispositivo en la red son una temperatura ambiental máxima de 40°C humedad relativa máxima sin condensación de 90%.

Figura 12. Layout de distancias de Oficinas de Ing., Slitter Cincinnati y Tableros de Distribución (distancias en metros)



Fuente: Sigmasteel S.A.

Selección:

Se escoge el equipo dedicado a aplicaciones industriales de referencia WLg-IDA/NP, perteneciente a la casa ACKSYS (ver figura 13), que cumple con las especificaciones requeridas.

Puede trabajar bajo uno de los estándares IEEE 802.3a/b/g, o bien IEEE 802.3b e IEEE 802.3g combinados. Incluye una antena onmi-direccional de 2dBi (considerando la antena isotrópica) funcional a 2,4GHz y 5GHz, con un ancho de banda normalizado de 20MHz, frecuencias suficientemente altas para garantizar que no exista interferencia con las botoneras inalámbricas de los puente-gruas; el tipo de conector de la antena es RP-SMA, posee un conector extra para una segunda antena en caso de ser requerida mayor cobertura.

Tiene una potencia de transmisión inalámbrica de 20dBm máximo y un nivel de recepción de -92dBm (en modos a/g) y -95dBm (en modo b), un rango inalámbrico de 300m con línea de vista. Tiene dos puertos Ethernet para conexión de 10-100Mb/s auto-reconocidos por el dispositivo.

El Access Point seleccionado soporta una temperatura de operación de -20 a 70°C y humedad relativa de 5-95% sin condensación, su índice de protección es IP 30 (en el anexo G se presentan todas las especificaciones del WAP).

Figura 13. Wireless Access Point WLg-IDA/NP



Fuente: <http://www.acksys.fr/>

2.4.3. Cables

Requerimientos:

Se requiere un cable par trenzado apantallado (shielded twisted pair, STP) ya que los pares trenzados garantizan balance de la señal transmitida y alta inmunidad ante pérdidas por retorno. El apantallamiento sirve para reducir el nivel de ruido causado por los conductores y barrajes de baja tensión de los tableros de distribución, que contribuyen a la tasa de bits erróneos.

El soporte de velocidades de transmisión es de 10 y 100Mb/s o superiores; el cable debe garantizar fidelidad de la comunicación a la distancia de separación de los dispositivos conectados más lejanos, el medidor instalado en TB1 y el switch ubicado a un lado de TB5, distantes 56,59m. La tabla 15 muestra que según la norma EIA/TIA 568 la categoría del cable a emplear es por lo menos 5e.

La temperatura de trabajo es de 40°C y la zona es clasificada como crítica por estar propensa a posibles incendios, en caso de haberlos el cable debe evitar su propagación y ser dañado lo menos posible.

Tabla 15. Categorías cables según norma EIA/TIA 568

Categoría	Velocidad de transmisión [Mb/s]	frecuencia del medio [MHz]	Max. longitud de segmento [m]
3	10	16	100
4	10	20	
5	100	100	
5e (enhanced)	1000	100	
6	1000	250	
7	1000	600	

Fuente: EIA/TIA

Selección:

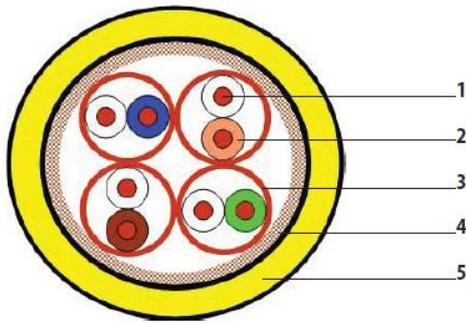
Se escoge el cable STP Categoría 7 de referencia F10-130 S/F (ver figura 14.a) perteneciente a la marca Leoni Kerpen que permite una frecuencia máxima de operación de 1300MHz.

Consta de cuatro pares de conductores trenzados calibre 22AWG, cada uno de los cuales se encuentra protegido por un apantallamiento de poliéster revestido de aluminio, cubierto además con un blindaje en trenza de cobre estañado y una chaqueta externa libre de halógenos, retardante del fuego (ver figura 14.b).

Figura 14. Cable STP cat. 7 F10-130 S/F. a) fotografía. b) corte transversal.



a)



b)

Structure:

- 1 Conductor: bare Cu wire, AWG 22/1
- 2 Insulation: cell PE, wire \varnothing : nominal value 1.6 mm
- Stranding element: pair
- 3 Individual shield: aluminium-clad polyester film, metal side on outside (pimf)
- Stranding: 4 pairs
- 4 Overall shield: tinned copper braid
- 5 Outer sheath: halogen-free, flame-retardant compound

Fuente: <http://www.leoni-datacom.com/>

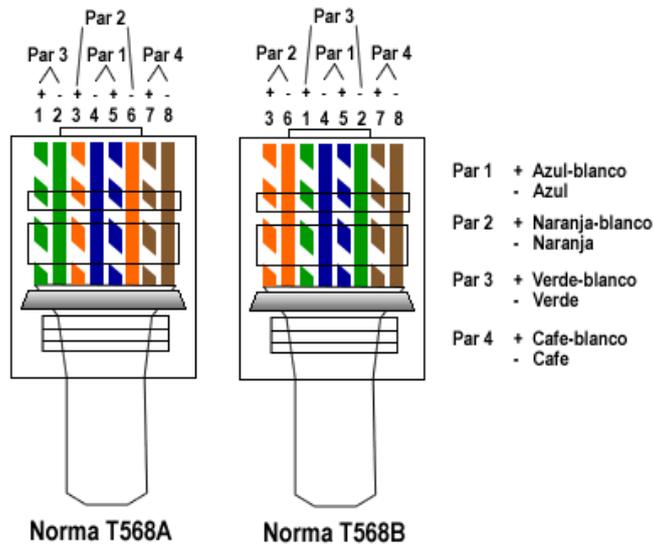
En el Anexo H se encuentran las especificaciones completas del cable STP.

2.4.4. Conectores

Requerimientos:

Se deben empelar conectores RJ-45 con conexión de pines según lo especifican las normas EIA/TIA 568A y 568B, como se muestra en la figura 15. En conexiones de dispositivos de distinta funcionalidad, por ejemplo switch y medidor o WAP y PC, la configuración de pines a los extremos de cada cable debe ser recta o directa, mientras que si la conexión es entre dispositivos del mismo tipo, la disposición es cruzada, es decir aplicando la norma 568A en un extremo y la 568B en el otro. Como en el caso del cable STP, debe evitar la propagación del fuego extinguiéndolo rápidamente en caso de incendio.

Figura 15. Conexión de EIA/TIA 568A y 568B para conector RJ45



Fuente: <http://www.garciagaston.com.ar/>

Selección:

Se escoge un conector de referencia VS-08-RJ45-5-Q/IP20 de Phoenix Contact (figura 16). Éste es adecuado para transmisiones de Ethernet Industrial, posee un sistema de ensamblaje sin necesidad de herramientas en el que sólo hay que ubicar el orden de los cables y presionar con la cubierta. Sobresalen a los lados láminas para apantallamiento que hacen contacto con blindaje del cable; cuenta con una rosca plástica de sujeción al cable. Posee clasificación VO según norma UL 94, esto es, extinción en 10 segundos en quema vertical, y un grado de protección IP20 (ver Anexo I, para especificaciones completas).

Figura 16. Conector VS-08-RJ45-5-Q/IP20



Fuente: <http://www.phoenixcontact.com/>

2.5. Software

2.5.1. HMI

Requerimientos:

El software HMI debe ser capaz de implementar los siguientes servicios:

- Creación de paneles de alarmas: Permite la visualización en tiempo real del estado del proceso, requiere la presencia del usuario para el reconocimiento de un evento.
- Creación de tendencias: Recogen datos de una variable a lo largo del tiempo para ser monitoreada.
- Generación de Reportes: Posibilita el seguimiento de la evolución de señales de campo para por ejemplo ser exportada y procesada en una hoja de cálculo o usando búsquedas tipo SQL a archivos RTDB.
- Programación numérica: Para procesar cálculos lógicos y aritméticos de elevada resolución sobre la CPU en caso de ser necesario.

Selección:

Se selecciona FactoryTalk® View Site Edition versión 5.00.00, desarrollado por Allen Bradley, en la figura 17 se aprecia la pantalla principal del programa.

Es un software de edición y ejecución de aplicaciones HMI, que involucran múltiples usuarios y servidores, distribuidos sobre una red.

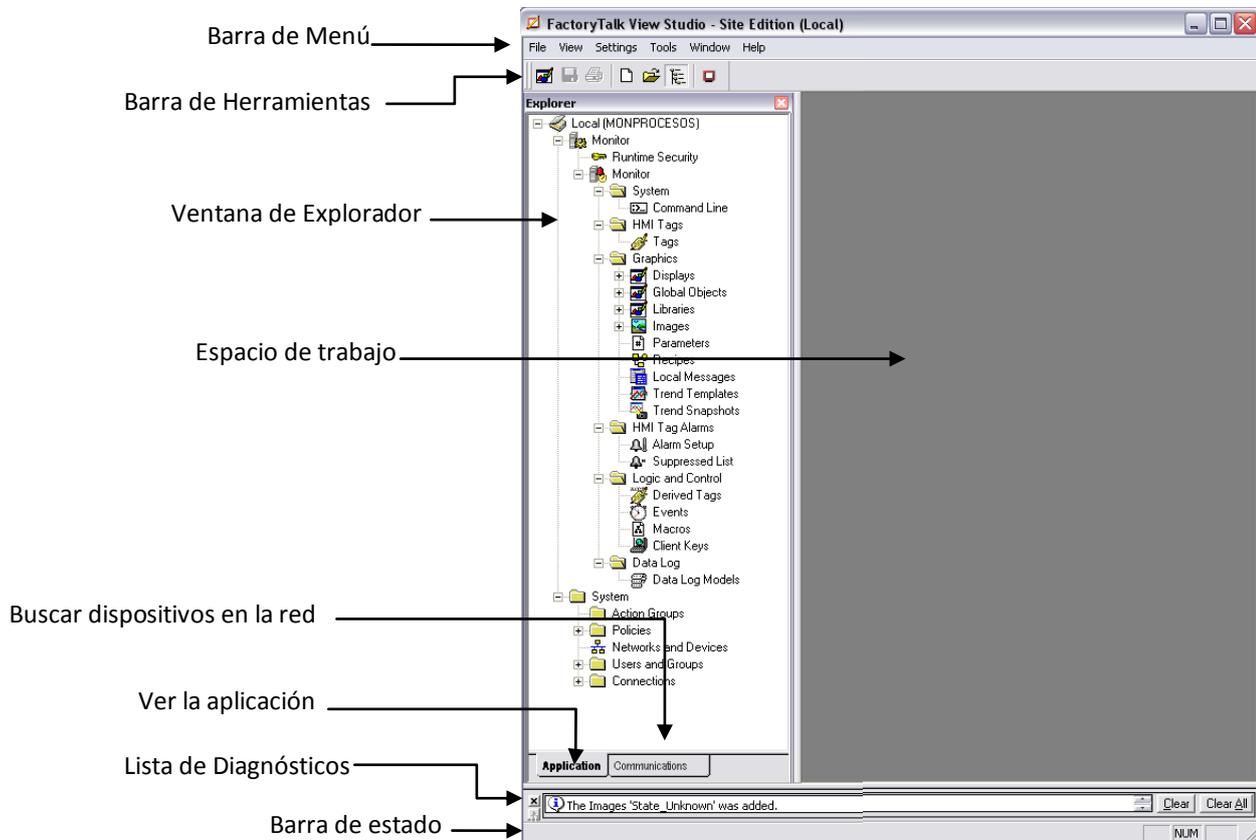
En FactoryTalk View Studio se pueden crear redes FactoryTalk View SE aplicaciones locales que permiten visualizar procesos. Se ejecuta en los sistemas operativos Windows XP y Windows Vista en sus diferentes ediciones.

Se emplea el editor en FactoryTalk View Studio para crear y probar los componentes de la aplicación que se necesiten. Luego *set up* FactoryTalk View SE Clients, para permitir a los operarios interactuar con la aplicación una vez es desarrollada.

Las funciones que incluye el paquete son:

- Servidor de datos o servidor de comunicaciones. RSLinx Enterprise o RSLinx Classic. Es el servicio que se encarga de leer desde los PLCs Allen Bradley y poner disponible los datos al resto de las aplicaciones, tanto servidores como clientes HMI. Se encuentra también habilitada la opción de agregar servidores externos como autómatas y medidores inteligentes distintos de la marca Allen Bradley.
- Servidor HMI. FT View Server es el servicio principal de la aplicación. Se encarga de tener la base de datos con los diseños de las pantallas, y las envía a las estaciones clientes a través de la navegación entre pantallas Clientes.
- HMI FT View Client. Es precisamente el software que interactúa con el operador; es la cara visible de la aplicación. Muestra todas las pantallas y permite al operador dar comandos y navegar entre pantallas. Esta aplicación lee los datos desde los servidores de datos.
- Sistema de alarmas. De tal modo de alertar al operador sobre condiciones de excepción.
- Servidor de históricos. Es el encargado de registrar los datos históricos, de acuerdo a los modelos establecidos. Después sirve los datos a los clientes HMI, para graficar las tendencias.
- Sistema de seguridad. FT Security. Se encarga de la seguridad de accesos. Permite limitar los accesos según el usuario registrado, a los diferentes componentes del sistema: pantallas, datos, comandos, etc. Puede utilizar la base de datos de usuarios de Windows.
- Sistema de desarrollo. FT View Studio. Permite desarrollar toda la aplicación, independiente de la versión a ejecutar. En el caso de servidores, puede desarrollarse remotamente desde una estación de ingeniería.

Figura 17. Pantalla principal de FactoryTalk View Site Edition



2.5.2. OPC

Definición:

OPC es el acrónimo de *OLE (object linking and embedding) for process control*, se refiere a un protocolo abierto de alto nivel para la comunicación de programas montados en sistema operativo Windows® con dispositivos industriales de campo, con lo que se logra la interoperabilidad de equipos de diferentes marcas y facilita el desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control industriales si tener que depender de una sola casa fabricante.

Requerimientos:

Puesto que los medidores SENTRON PAC3200 son equipos de la marca SIEMENS que emplean el protocolo Modbus TCP y el software HMI es de la casa Allen Bradley y opera con Ethernet IP; para establecer comunicación y adquirir las variables de los medidores y el software HMI, es necesario emplear una OPC.

Se implementa a nivel de servidores y clientes. Siendo el servidor OPC el software que traduce el protocolo de comunicación de hardware empleado por un PLC o sensor inteligente en este caso SENTRON PAC3200 al protocolo OPC. El software cliente OPC es el destinatario de la información extraída por el servidor OPC, es decir el HMI FactoryTalk. El cliente OPC usa el servidor OPC para transmitir y recibir información de variables de campo en tiempo real a los 5 medidores multifunción.

Selección:

El servidor OPC empleado es KEPServer versión 4.264.401, de KEPServerEnterprise, compatible con FactoryTalk que permite un máximo de 16 canales lógicos a los que se les asigna un dispositivo SENTRONPAC 3200 por cada canal. Asimismo, para futuras ampliaciones se pueden emplear los demás 11 canales y en caso de conexión con más de 16 dispositivos, se pueden asignar más de un equipo por canal, considerando que cuantos más dispositivos se agreguen por canal, mayor cantidad de procesamiento se requerirá de dicho canal.

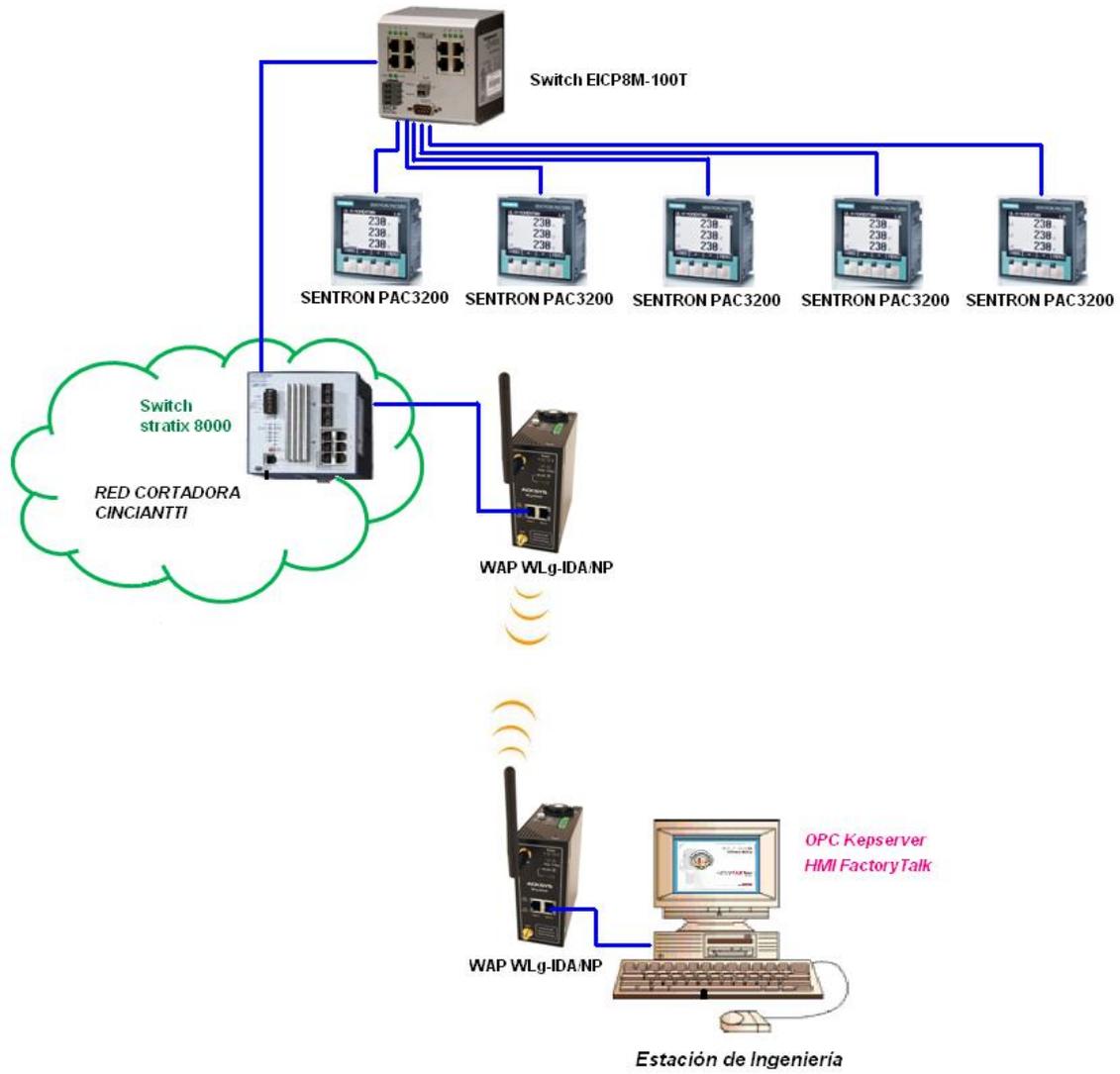
3. DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE LA RED

3.1. Diseño de la Red

El propósito de la red es lograr la comunicación vía Ethernet Industrial del sistema supervisorio con los medidores de energía SENTRON PAC3200 de los tableros de distribución de la subestación y con la red montada en la máquina Slitter Cincinnati para el monitoreo del consumo energía eléctrica y parámetros de producción. Si bien estos 3 elementos trabajan con el mismo bus de campo; sus protocolos de comunicación son distintos, los medidores funcionan bajo el protocolo Modbus TCP, mientras que la red Slitter Cincinnati y el sistema HMI FactoryTalk emplean Ethernet/IP (Ethernet Industrial Protocol); debido a esta incompatibilidad de protocolos de los medidores y el HMI se hace uso del servidor OPC KEPServer que realiza la operación de traducción de un protocolo a otro.

El sistema de monitoreo se ubica en el edificio de oficinas de ingeniería, separado 141,264m de la Slitter Cincinnati y 158,675m de los tableros de distribución (ver figura 12). La conexión desde las oficinas de ingeniería hasta los dispositivos de campo no se puede realizar de manera cableada pues se supera la distancia máxima de 100m permitida por la norma EIA/TIA 568 para cable STP. Así que se emplean dos WAP industriales WLg-IDA/NP, uno instalado en las oficinas de ingeniería conectado al PC con los software HMI FactoryTalk y OPC Kepserver; de ahí se establece conexión inalámbrica con otro WAP ubicado en la Slitter Cincinnati y conectado al switch gestionable Stratix 8000 propio de la red de esta máquina; a este punto se enlaza también el gestionable EICP8M-100T dispuesto en la zona de tableros de distribución que conecta los 5 medidores SENTRON PAC3200 ubicados cada uno en los tableros de distribución (ver figura 18). En todas las conexiones cableadas se emplea el cable STP Categoría 7 de referencia F10-130 S/F.

Figura 18. Esquema de red de medidores SENTRON PAC3200 y red Cincinnati

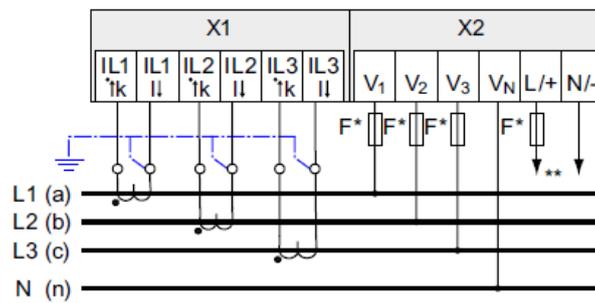


3.2. Configuración del Medidor de Energía

3.2.1. Instalación

De las borneras de entrada de corriente del medidor SENTRON PAC3200 se conectan los transformadores de corriente IMSd seleccionados y se conectan las entradas de voltaje a las fases protegiéndolas con fusibles a la red eléctrica como se muestra en la figura 19.

Figura 19. Conexión de SENTRON PAC3200 y TCs a red eléctrica

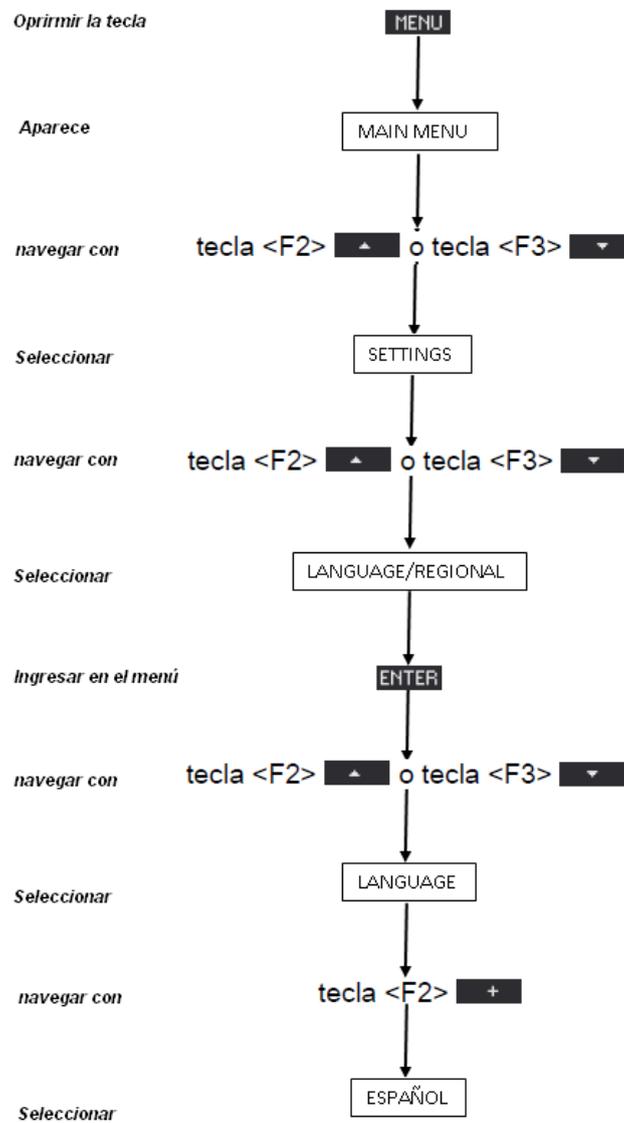


Fuente: <http://www.sea.siemens.com/>

3.2.2. Ajuste de Idioma

En la interfaz del medidor se realizan las acciones que aparecen en la figura 20:

Figura 20. Ajuste de idioma de medidor SENTRON PAC3200



3.2.3. Ajuste de Tipo de Conexión

Se selecciona el tipo de conexión de la red eléctrica siguiendo los pasos mostrados en la figura 21, según las abreviaturas que aparecen en la tabla 16.

Figura 21. Ajuste de Tipo de conexión de red eléctrica de SENTRON PAC3200

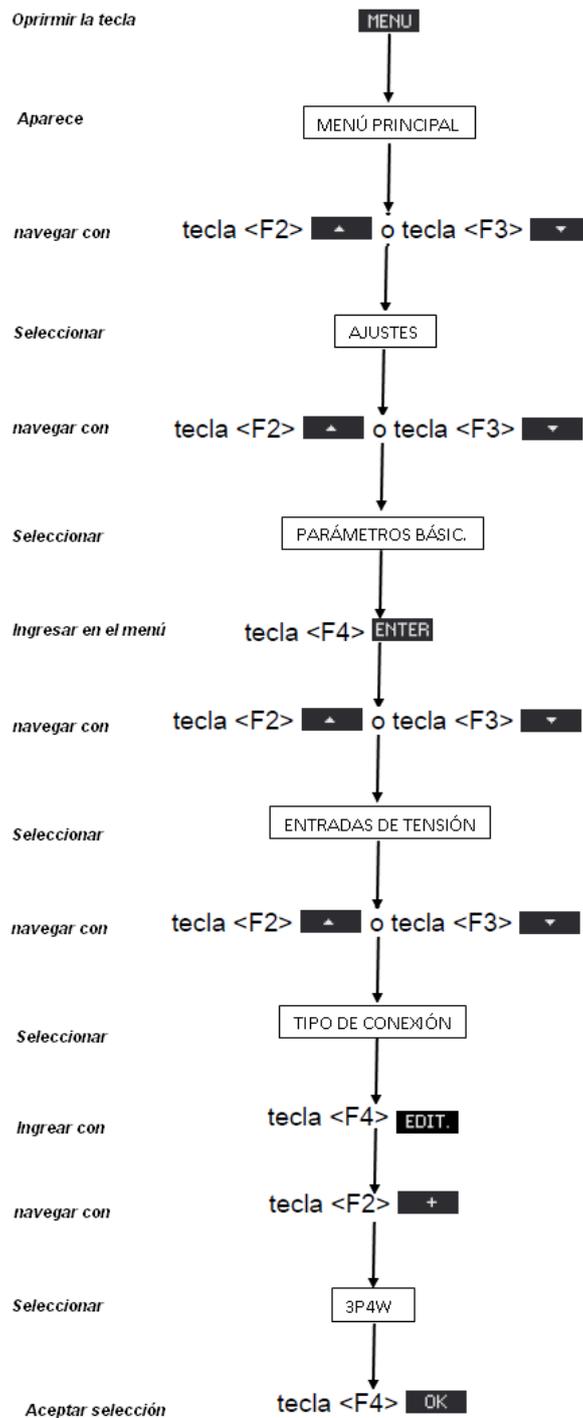


Tabla 16. Abreviaturas de tipos conexión a red eléctrica de SENTRON PAC3200

Abreviatura	Tipo de conexión
3P4W	3 fases, 4 conductores, carga desbalanceada
3P3W	3 fases, 3 conductores, carga desbalanceada
3P4WB	3 fases, 4 conductores, carga balanceada
3P3WB	3 fases, 3 conductores, carga balanceada
1P2W	Corriente alterna monofásica

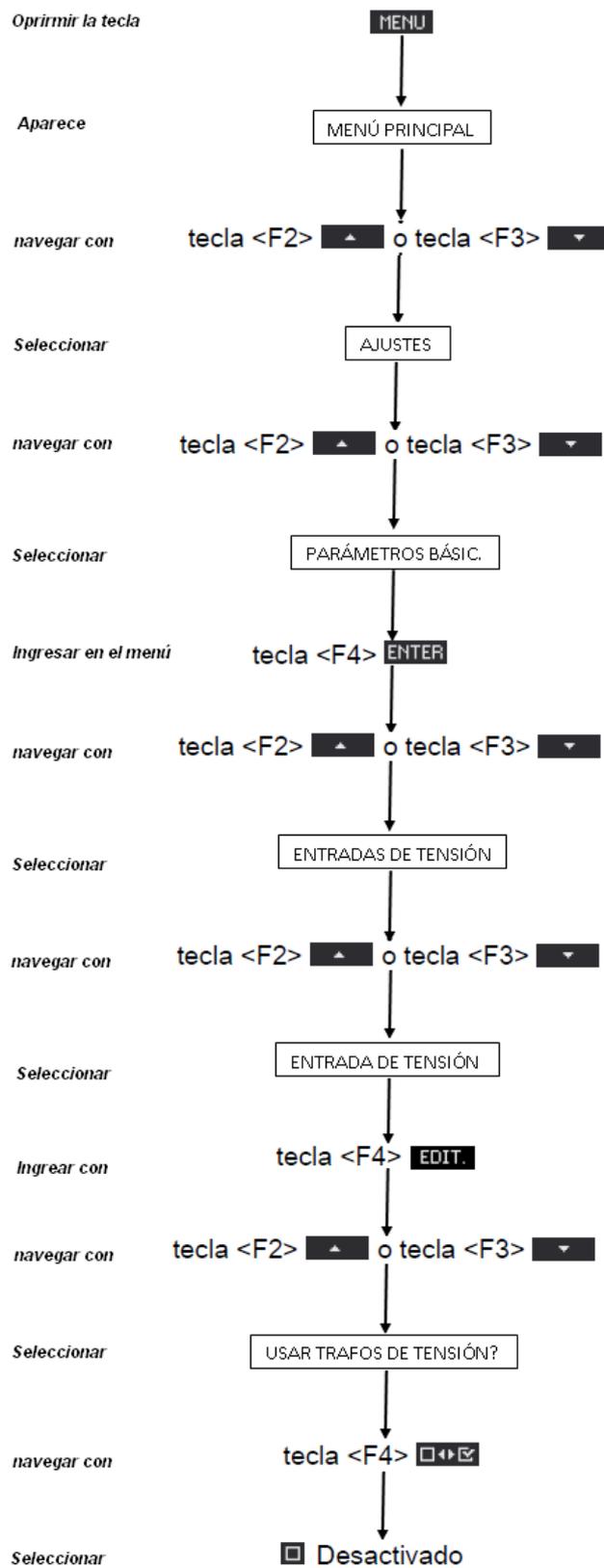
Fuente: <http://www.sea.siemens.com/>

3.2.4. Ajustes de Entrada de Voltaje

3.2.4.1. Desactivar Modo Transformadores de Tensión

Puesto que las entradas de voltaje del SENTRON PAC3200 admiten la tensión nominal de 460V de la red para todos los tableros de distribución y es capaz de soportar 20 repeticiones de picos transitorios de 6kV según la CAT III-600V, se prescinde el uso de transformadores de voltaje. Para ello, se realiza el procedimiento mostrado en la figura 22.

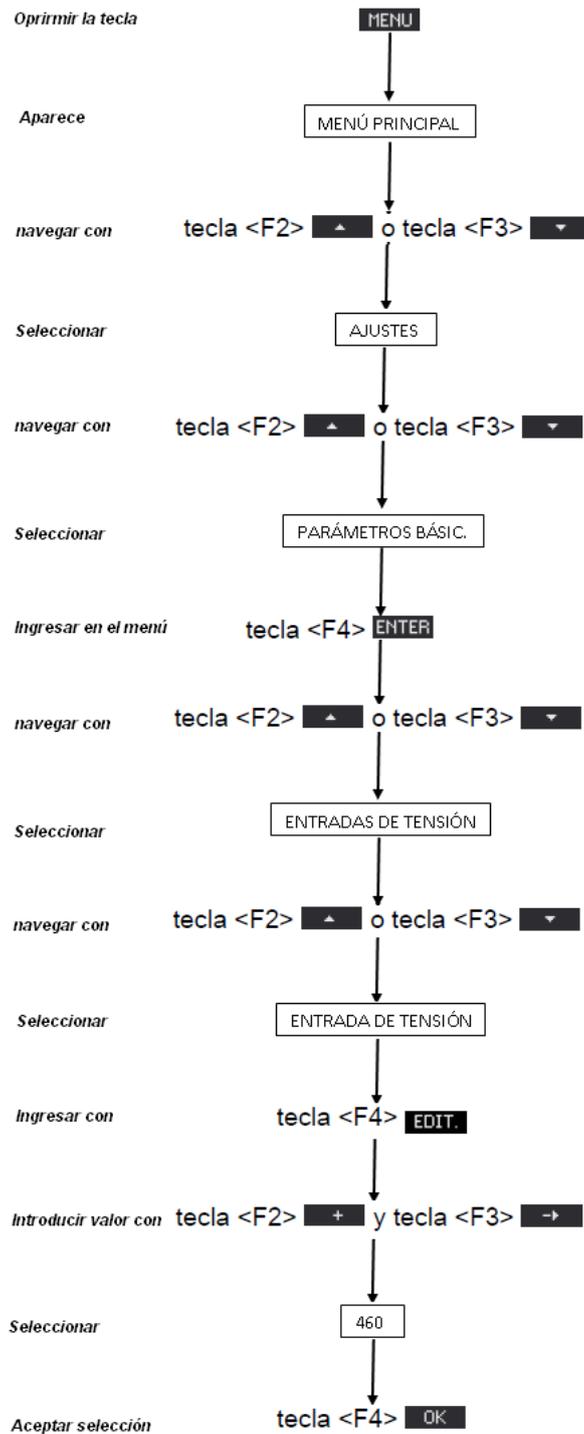
Figura 22. Ajuste desactivar transformadores de tensión en SENTRON PAC3200



3.2.4.2. Ajuste de Voltaje de Medición

Se selecciona un voltaje nominal de 460V en las entradas de tensión del medidor, como se aprecia en la figura 23.

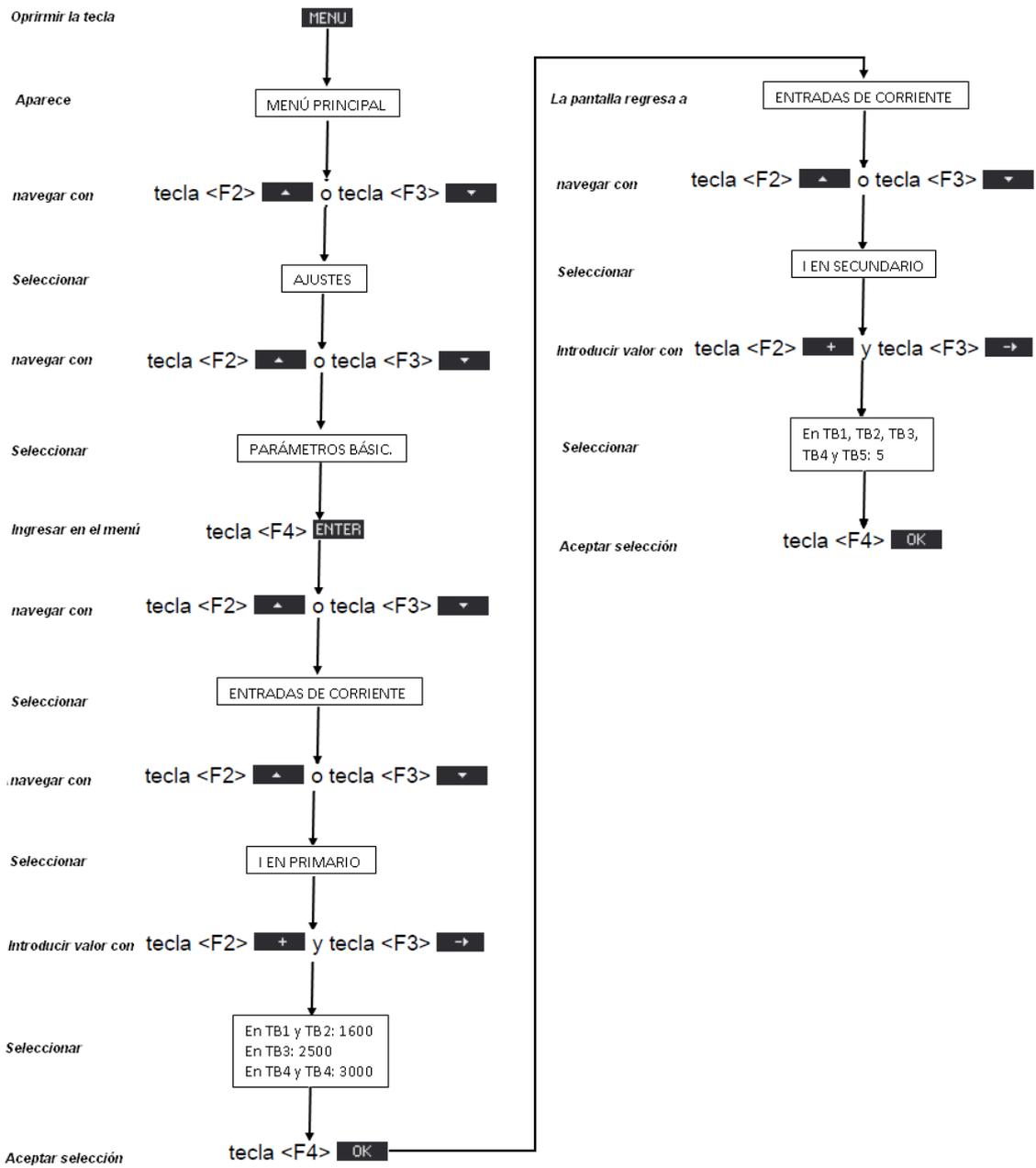
Figura 23. Ajuste voltaje de medición en SENTRON PAC3200



3.2.5. Ajuste de Entradas de Corriente

Se procede a ingresar los valores de corriente primaria y secundaria de los TCs como se muestra en la figura 24, teniendo en cuenta los valores de la tabla 14.

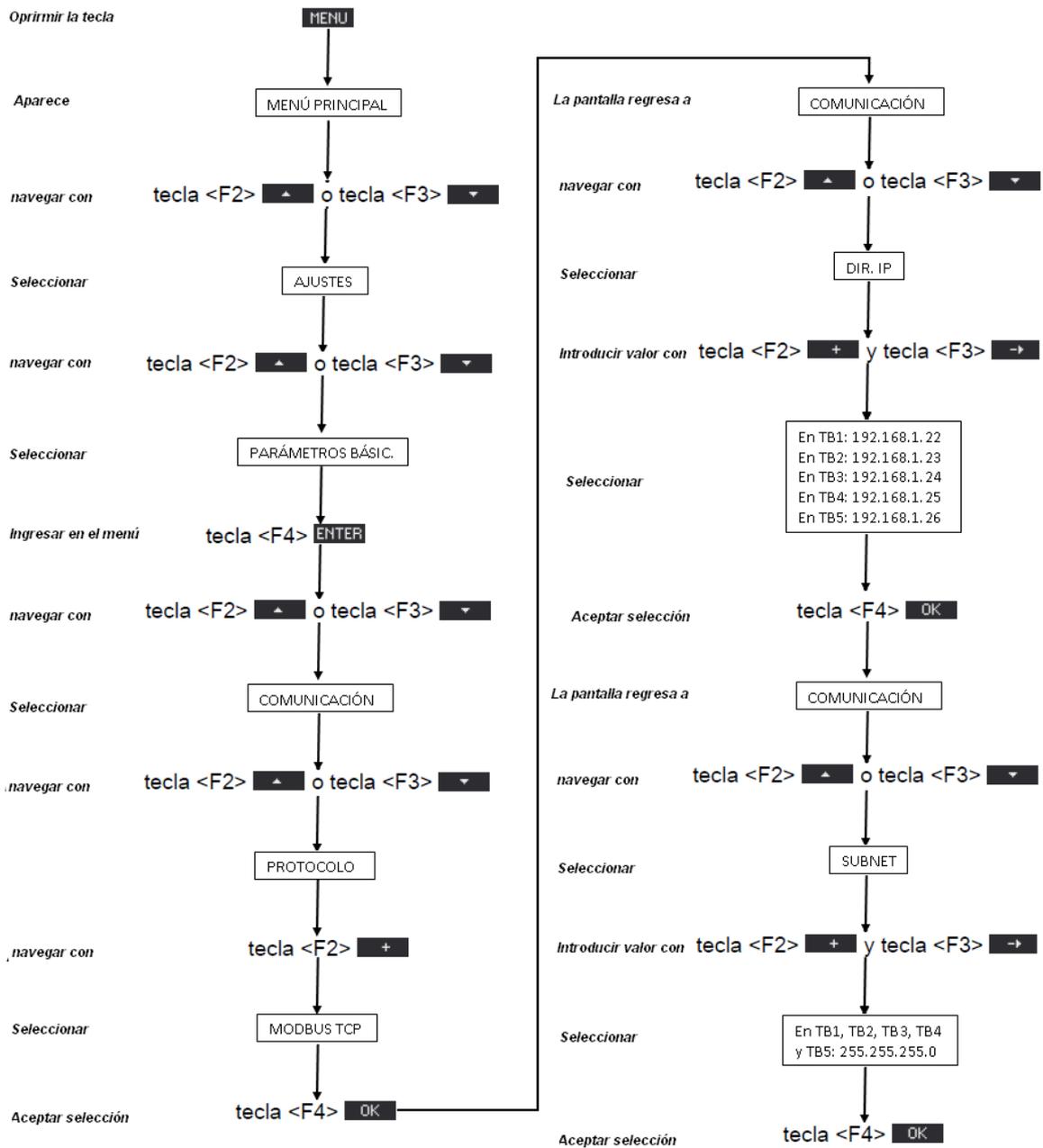
Figura 24. Ajuste de I primaria y secundaria en SENTRON PAC3200



3.2.6. Ajustes de Comunicación

Para que los medidores puedan establecer una comunicación lógica, se siguen los pasos mostrados en la figura 25.

Figura 25. Ajuste de comunicación en SENTRON PAC3200



Además de estos parámetros en el menú COMUNICACIÓN aparecen los ítems DIR. MAC y GATEWAY (ver figura 26). El primero se refiere a la dirección MAC propia de cada dispositivo (sólo lectura). GATEWAY es dirección Gateway o puerta de enlace cuyo propósito sería permitir la comunicación exterior con otras redes mediante operaciones de traducción, en la red se prescinde de su uso con una dirección nula, 0.0.0.0 para cada medidor.

Figura 26. Menú de comunicación de SENTRON PAC3200



Fuente: Sigmasteel S.A.

En la tabla 17 se resumen los valores de los parámetros de comunicación para los medidores de energía.

Tabla 17. Parámetros de comunicación de medidores SENTRON PAC3200

Tablero de distribución	Dirección IP	Dirección Subnet	Dirección Gateway
TB1	192.168.1.22	255.255.255.0	0.0.0.0
TB2	192.168.1.23		
TB3	192.168.1.24		
TB4	192.168.1.25		
TB5	192.168.1.26		

3.3. Configuración del Servidor OPC

El programa KEPServer trabaja en base a canales y dispositivos lógicos. En los primeros se configura el protocolo de driver y los parámetros de comunicación para el o los dispositivos que contendrá. En los dispositivos se ajustan la forma en que se transmiten los datos, direcciones, formatos, protocolo, etc.

Para completar la configuración de un Canal se realizan los siguientes pasos:

- Identificación del Nuevo Canal
- Selección del Driver del dispositivo
- Selección de Interface de Red
- Optimización de lectura
- Configuración Ethernet

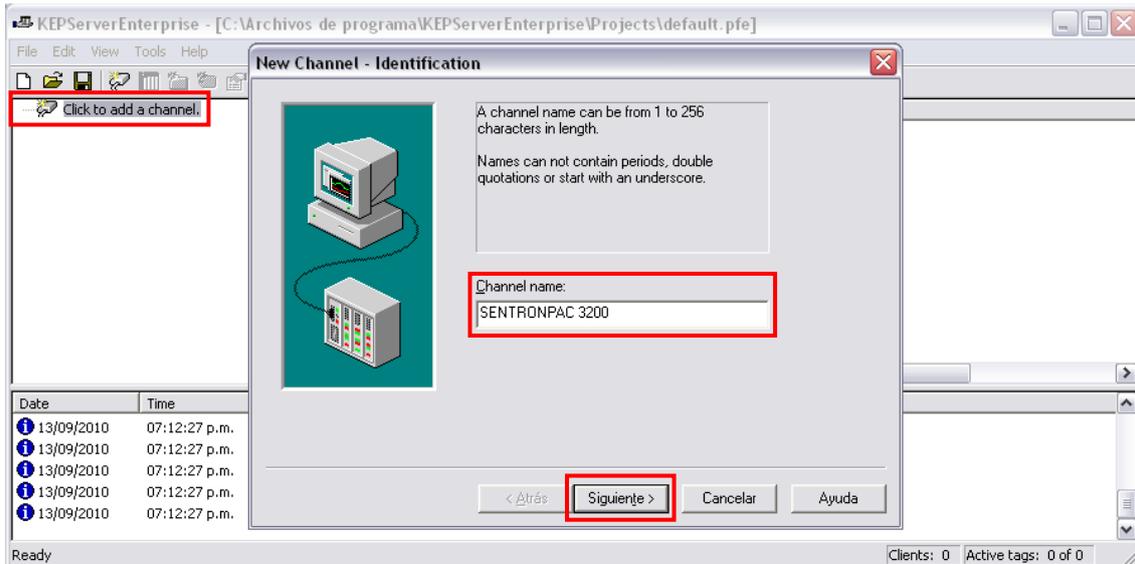
Una vez configurado el Canal, se agrega un dispositivo en el servidor OPC del cual se adquirirán los tags. Como en el caso anterior, es necesario realizar configuraciones de comunicación que se resumen a continuación:

- Nombre del nuevo Dispositivo
- Selección del modelo (protocolo) del dispositivo
- ID del nuevo Canal
- Sincronización de la comunicación
- Auto-degradación
- Base de datos para tags
- Configuración Ethernet
- Ajuste de acceso de datos
- Ajuste de decodificación de datos
- Tamaño de bloques
- Ajuste de importar variables
- Manejo de errores

3.3.1. Configuración del Canal

Se abre KEPServer y agrega un canal dando click sobre el mensaje *click to add new channel* (o bien en el menú Edit/New Channel) y se le da el nombre de SENTRON PAC3200, como se muestra en la figura 28.

Figura 28. Identificación del nuevo canal



La tabla 18 que muestra que para el protocolo Modbus TCP, el driver a escoger en la OPC KEPServer es Modbus Ethernet.

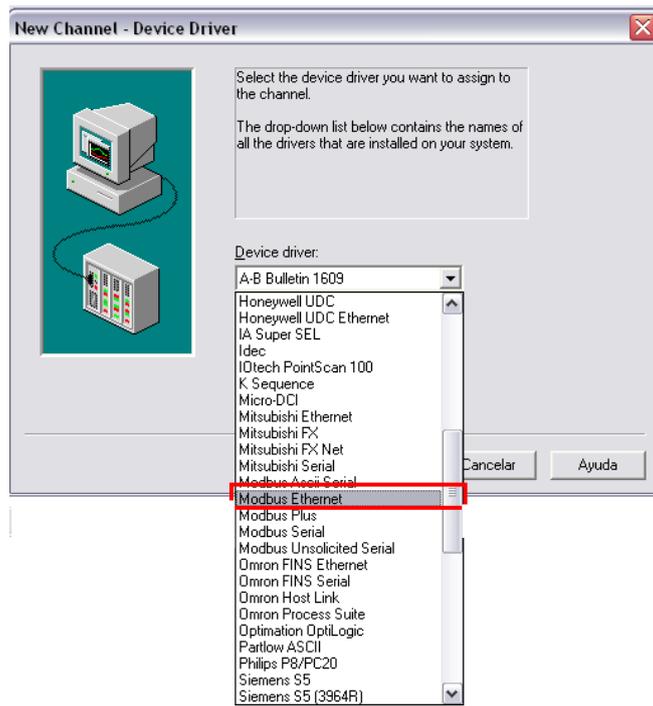
Tabla 18. Selección de Drivers para variaciones de Modbus

For this Protocol:	Select this Driver:
Modbus/TCP	Modbus Ethernet
Modbus RTU Serial (Master)	Modbus Serial
Modbus Unsolicited Serial (Slave)	Modbus Unsolicited Serial
Modbus ASCII	Modbus ASCII Serial

Fuente: <http://samplecode.rockwellautomation.com/>

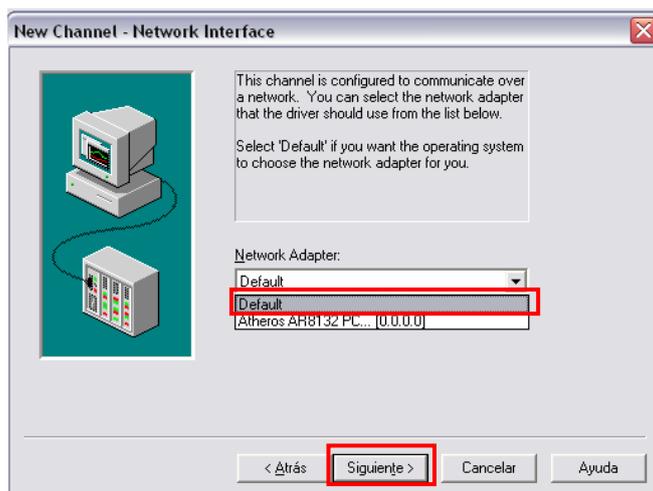
Así que se selecciona Modbus Ethernet como driver del dispositivo y continúa la configuración (ver figura 29).

Figura 29. Selección del driver del dispositivo



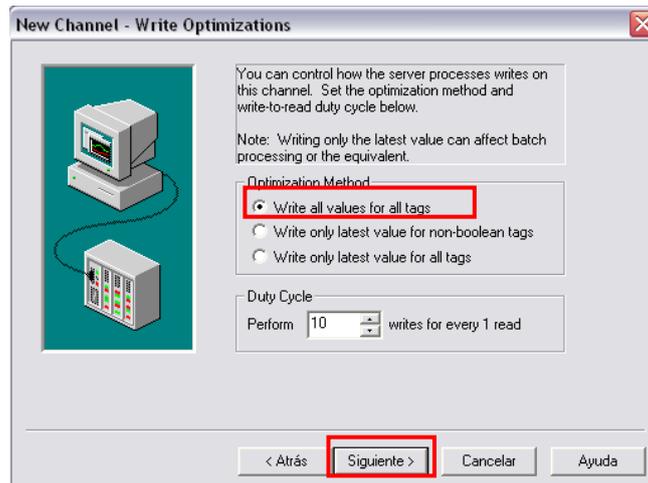
La selección de interface o adaptador de red especifica tarjetas NCI únicas o bien NCIs que tienen múltiples direcciones IP que estén instaladas en el PC. En la figura 30 se nota que como interface de red se selecciona default.

Figura 30. Interface de red



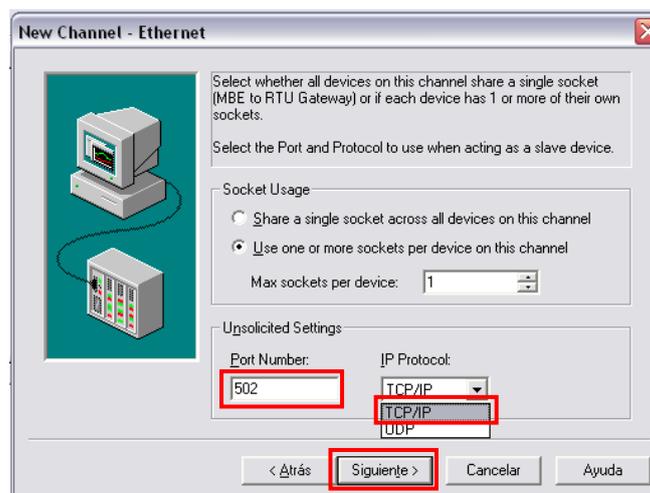
En optimizaciones de escritura (ver figura 31), se selecciona la opción “escribir todos los valores para todos los tags”, ya que las otras dos opciones se especifican para aplicaciones en que el servidor o cliente OPC envíe gran cantidad de datos a los tags, en cambio para el caso la mayoría de datos son de lectura y no es necesario una optimización a nivel de escritura.

Figura 31. Optimizaciones de lectura



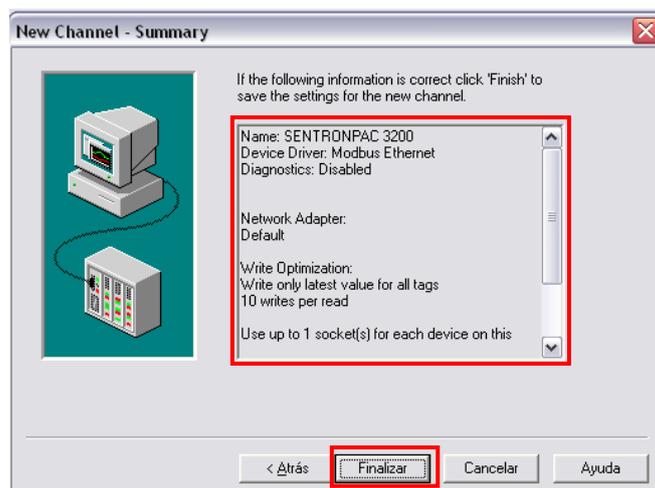
Se elige el puerto número 502 que es el predefinido para Modbus TCP; en el tipo de protocolo IP se escoge TCP/IP. Asimismo, se selecciona sólo un socket por dispositivo (ver figura 32).

Figura 32. Configuración Ethernet



La última ventana en la creación del canal que aparece resume los ajustes ingresados, por último se da click en *finalizar* como aparece en la figura 33.

Figura 33. Resumen de ajustes de canal

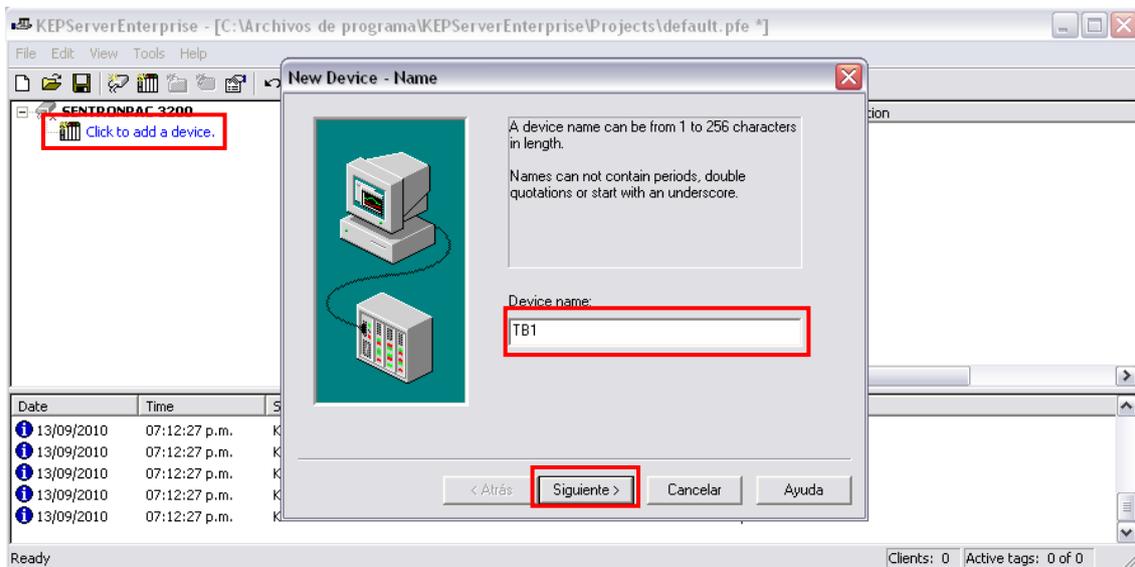


Con esto se termina con la creación y configuración de un canal. Se procede entonces a agregar los dispositivos para la adquisición de datos.

3.3.2. Configuración del Dispositivo

Se hace click sobre el mensaje *Click to add a device* para agregar un nuevo dispositivo (ver figura 34) y se nombra como TB1 (tablero de distribución 1).

Figura 34. Nombre del nuevo dispositivo



Para dispositivos que operan bajo el protocolo Modbus TCP se escoge el modelo Modbus como se muestra en la tabla 19.

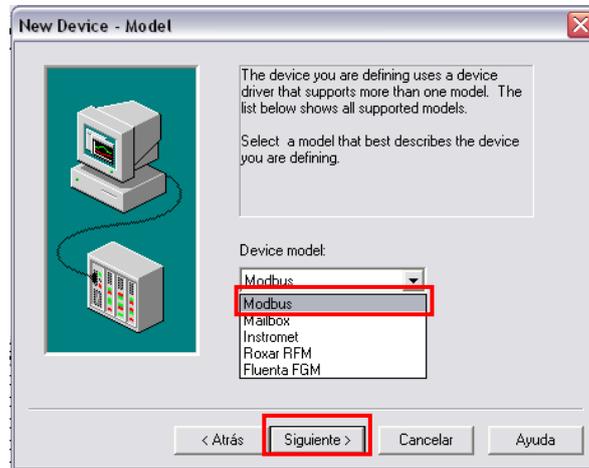
Tabla 19. Selección de modelo para variaciones de Modbus

For this Protocol:	Most Common Model:
MODBUS/TCP	Modbus
Modbus RTU Serial	Modbus
Modbus Unsolicited Serial	N/A
Modbus ASCII	Modbus ASCII

Fuente: <http://samplecode.rockwellautomation.com/>

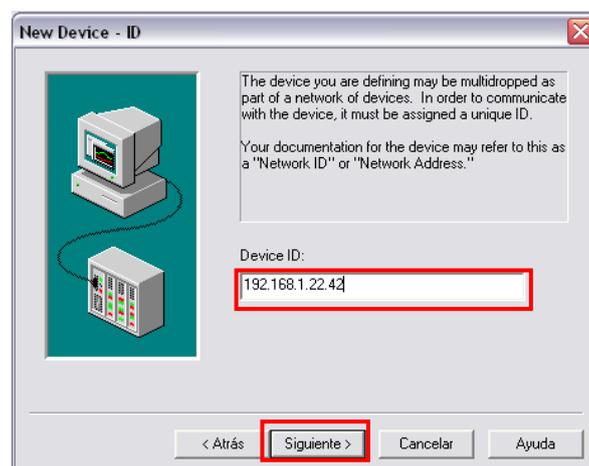
Se realiza entonces esta selección en la configuración del servidor OPC (ver figura 35).

Figura 35. Modelo del dispositivo



A continuación, en la ventana de ID (figura 36) se escribe la dirección IP y el ID del dispositivo, como se indicó en la tabla 18 para el medidor del tablero TB1 la dirección es 192.168.1.22; y usa el ID predeterminado del dispositivo, 42.

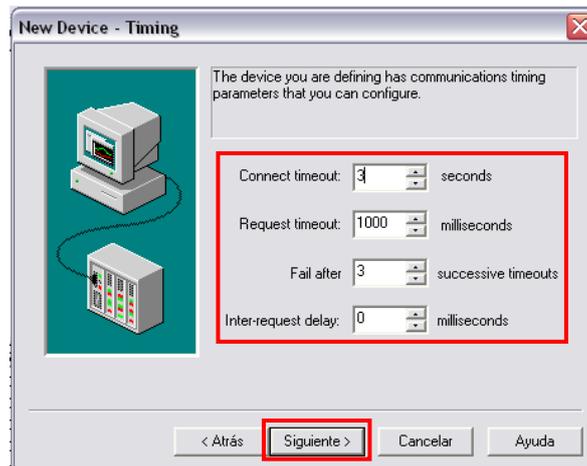
Figura 36. ID del nuevo dispositivo



Se establecen los parámetros de tiempo de espera predeterminados (ver figura 37), *connect timeout* o tiempo de espera de conexión que se refiere al tiempo que espera el servidor OPC para que sea completada la conexión de inicialización es ajustada en 3 segundos, tiempo suficiente para que se establezca la conexión inalámbrica en un inicio.

El parámetro *Request timeout* es el valor usado por el driver para determinar cuánto tiempo esperar por una respuesta del dispositivo conectado, en aplicaciones basadas en tasa de baudios de 9600 este valor es típicamente 1000ms. Se reconoce una falla después de 3 tiempos de espera sucesivos. Se mantiene deshabilitada la opción de sobre-escribir un requerimiento de respuesta del dispositivo, ya que es sólo empleada en casos en que el tiempo de respuesta del dispositivo sea lento.

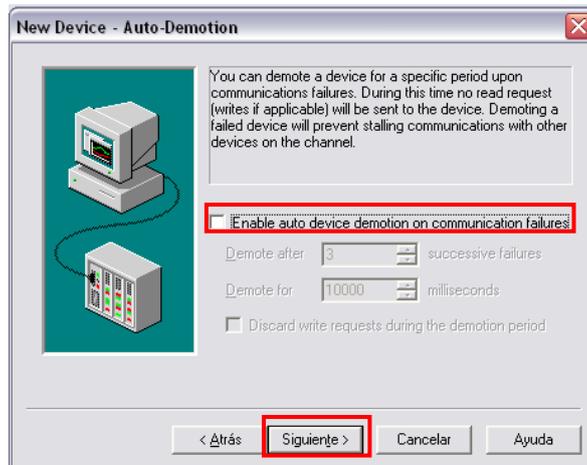
Figura 37. Sincronización de la comunicación



La opción de auto-degradación del dispositivo permite *degradarlo* o ignorarlo en caso de falla de comunicación durante un periodo seleccionable en milisegundos.

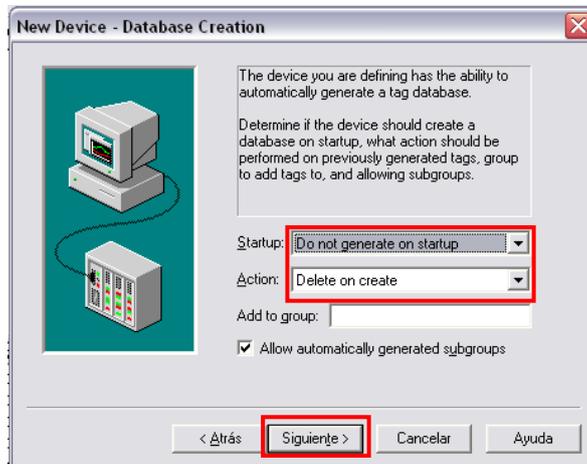
De esta manera se ayudaría a evitar estancamiento en la comunicación con otros dispositivos en un mismo canal, sin embargo el tamaño de la red es tal que se agrega sólo un dispositivo por canal, así que no se selecciona esta opción (ver figura 38).

Figura 38. Auto-degradación



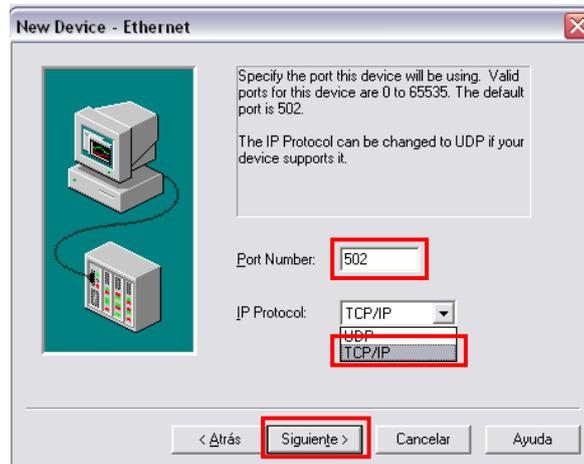
Se deshabilita la opción de creación de base de datos para los tags ya que serán empleados directamente por el cliente OPC (ver figura 39).

Figura 39. Creación de base de datos de tags



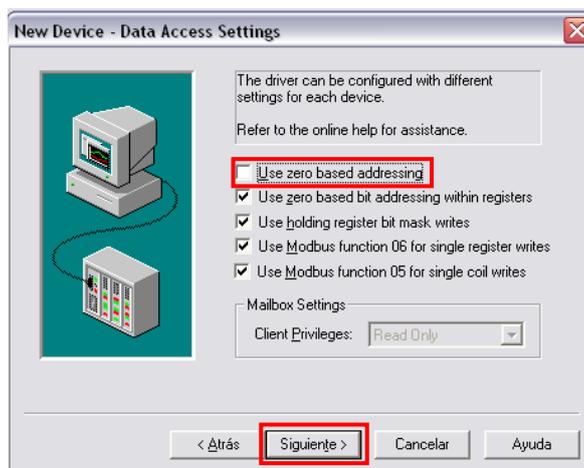
Se seleccionan el puerto número 502 y TCP/IP como protocolo IP, justo como en la configuración del canal (ver figura 40).

Figura 40. Configuración Ethernet de dispositivo



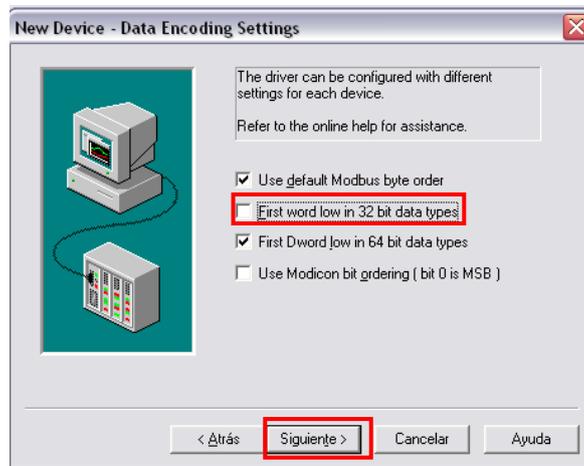
En los ajustes de acceso de datos, se debe dejar de seleccionar direccionamiento basado en cero, *Use zero based addressing* (ver figura 41); porque cuando se selecciona se incluye 0 como primera dirección y así las direcciones Modbus que asigna el medidor SENTRON PAC3200 se correrían una unidad de los valor correspondientes mostrados en la tabla 20.

Figura 41. Ajustes de acceso de datos



En los ajustes de decodificación de datos, en la figura 42 se nota que se deja de seleccionar *first word low in 32 bit data type*.

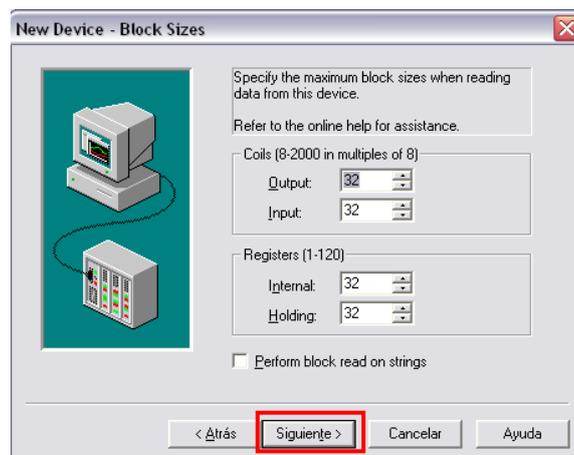
Figura 42. Ajustes de decodificación de datos



Este parámetro define el MSB o bit más significativo en una palabra de 32 bits; cuando se selecciona, el bit 31 es el MSB (el bit 0 es el más bajo); mientras que cuando no está seleccionado, el bit 0 es el MSB (el bit 31 es el más bajo) el medidor SENTRON PAC3200 emplea esta última configuración.

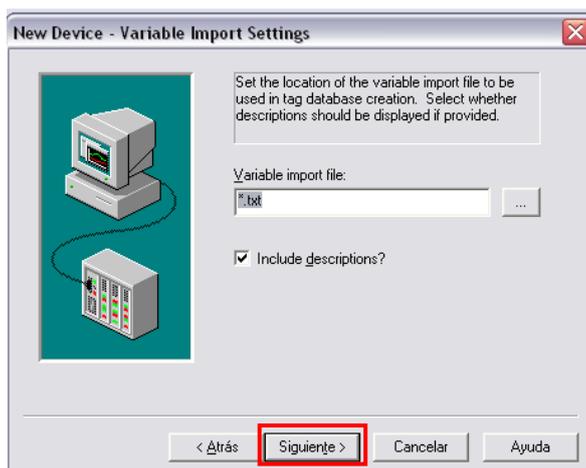
Se mantienen los parámetros preestablecidos del software para los tamaños de bloques, que son grupos de datos en una sola petición para este dispositivo (ver figura 43).

Figura 43. Tamaño de bloques



KEPServer permite importar variable desde un archivo de texto. Sin, embargo, esta opción no se aplica, como lo muestra la figura 44.

Figura 44. Ajustes de importar variable



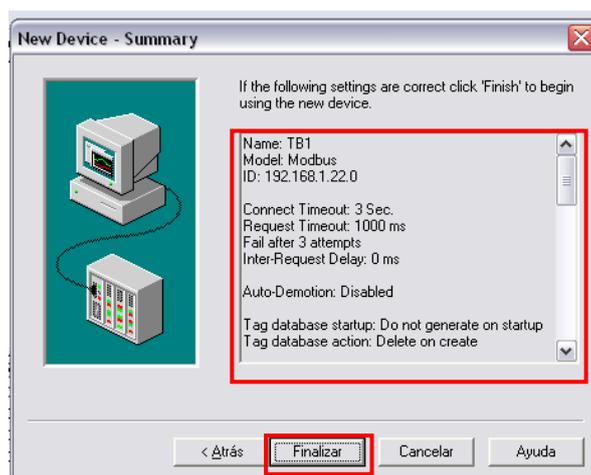
Por defecto se encuentra seleccionada la casilla de desactivar tags en caso de direccionamiento ilegal, se mantiene esta configuración para evitar estancamiento y tráfico en la transmisión (ver figura 45).

Figura 45. Manejo de errores



Una vez concluida la configuración aparece un resumen de los parámetros seleccionados y se da click en *finalizar* (ver figura 46).

Figura 46. Resumen de ajustes de dispositivo



Se siguen los mismos pasos de creación de canales y dispositivos para los demás tableros de distribución.

3.3.3. Creación de Tags

El siguiente paso es agregar los tags, dándoles nombre, dirección y formato. Para ello, se deben asignar, como se aprecia en la tabla 20, los valores de offset, formato y acceso de las variables definidas para medidor SENTRON PAC3200.

Tabla 20. Lista de variables, offset y formato

Offset	Número de tags	Nombre	Formato	Unidad	Rango de valores	Acceso
7	2	Voltaje Va-b	Float	V	-	R
9	2	Voltaje Vb-c	Float	V	-	R
11	2	Voltaje Vc-a	Float	V	-	R
59	2	Voltaje medio Vph-ph	Float	V	-	R
13	2	Corriente a	Float	A	-	R
15	2	Corriente b	Float	A	-	R
17	2	Corriente c	Float	A	-	R
43	2	THD-R en Voltaje Va	Float	%	0 ... 100	R
45	2	THD-R en Voltaje Vb	Float	%	0 ... 100	R
47	2	THD-R en Voltaje Vc	Float	%	0 ... 100	R
61	2	Corriente media	Float	A	-	R
65	2	Potencia activa total	Float	W	-	R
67	2	Potencia reactiva total	Float	var	-	R
69	2	Factor de potencia total	Float		0 ... 1	R
801	4	Energía activa importada tarifa 1	Double	Wh	Overflow 1.0e+12	RW
817	4	Energía reactiva importada tarifa 1	Double	varh	Overflow 1.0e+12	RW
213	2	Contador de horas de uso	Unsigned long	s	0 ... 999999999	RW

Fuente: <http://www.sea.siemens.com/>

En el anexo A se encuentra la lista completa de variables offset y formato del medidor SENTRON PAC3200.

3.3.3.1. Direccionamiento Modbus

Para que el servidor OPC pueda adquirir los datos del medidor, es necesario traducir las direcciones propias asignadas al dispositivo a direcciones de la trama de Modbus TCP, protocolo que aplica el mismo direccionamiento de la trama del protocolo Modbus original, ya que básicamente una trama Modbus TCP es una trama Modbus encapsulada en una trama TCP.

Tabla 21. Direccionamiento Modbus

Descripción	Dirección dispositivo	Acceso
Output Coil	000001...065536	RW
Input Coil	100001...165536	R
Internal Register	300001...365536	R
Holding Register	400001...465535	R/RW

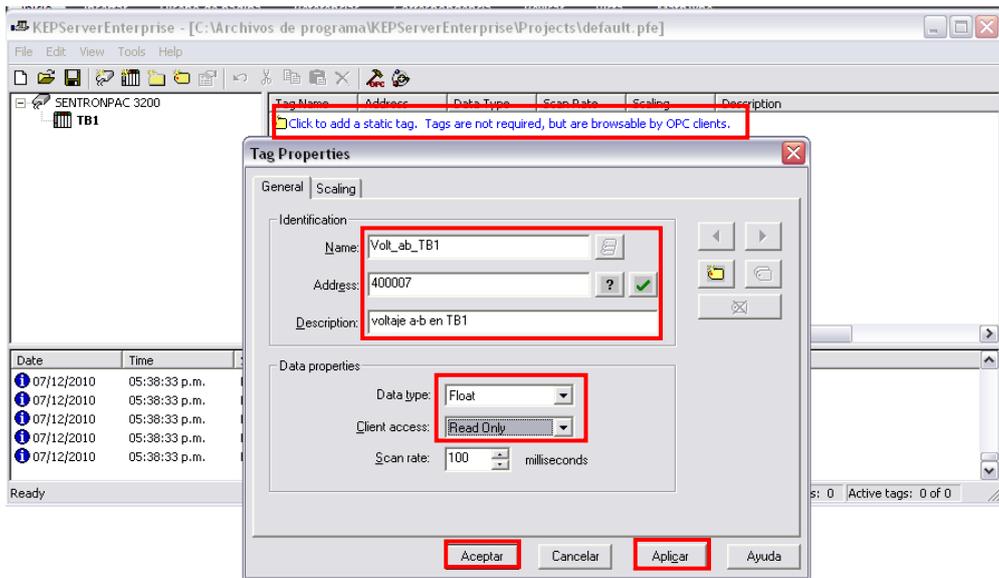
Fuente: <http://samplecode.rockwellautomation.com/>

El tipo de datos a extraer desde el medidor es *holding register*, y se tiene acceso de lectura o ambos, lectura y escritura como se mostró en la tabla 20. Para este tipo de datos se tiene el rango válido de valores de direcciones de 400001 a 465535 (ver tabla 21), así por ejemplo el tag Voltaje V_{a-b} tiene la dirección 400007.

3.3.3.2. Propiedades de Tags

Conocido el direccionamiento Modbus, se generan los tags según la lista de variables del *device* SENTRON PAC3200 recién creado en el servidor OPC. Para ello, se selecciona *click to add a static tag*; aparece entonces, una ventana como la de la figura 47, donde se debe ingresar un nombre para el tag a crear, una dirección y una descripción opcional. Para el caso se genera el tag de la variable Voltaje V_{a-b} , cuya dirección es 400007, ya que su offset es 7 y es una variable *holding register*.

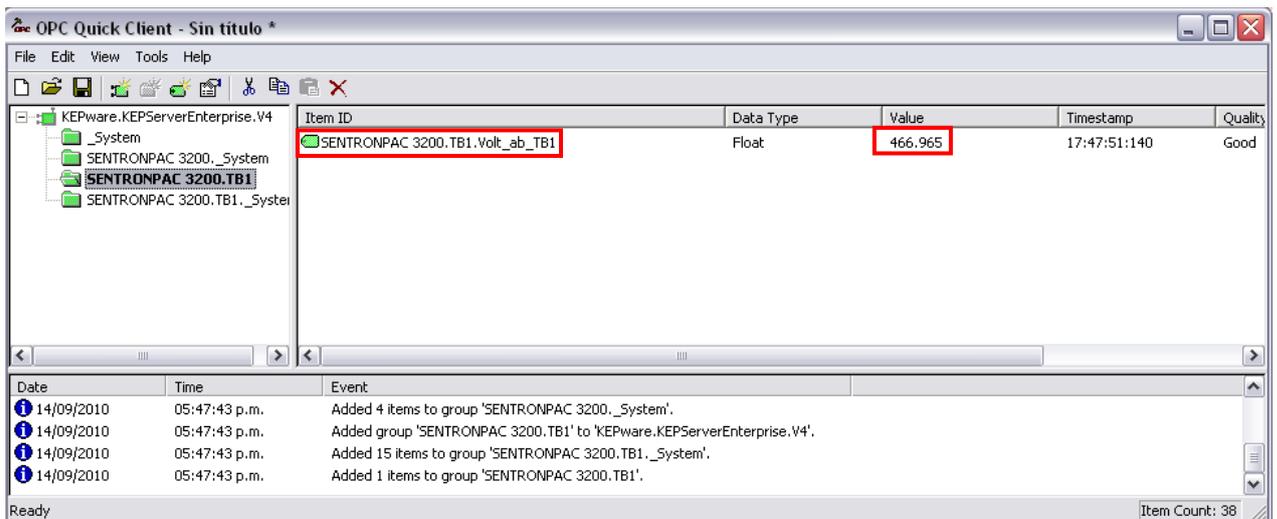
Figura 47. Propiedades de tag



Además, asignan las propiedades de datos de tipo Float y acceso de sólo lectura al cliente OPC, como se indicó en la tabla 20 para Voltaje V_{a-b} .

Como medio para probar el estado en tiempo real de los tags, KEPServer cuenta con la opción *OPC quick client*, haciendo click sobre el icono  aparece una nueva ventana en donde se muestra el valor de las variables. En la figura 48 se muestra el valor en tiempo real de la variable Voltaje V_{a-b} . Se realiza el mismo proceso para las demás variables según su identificación, dirección y tipo.

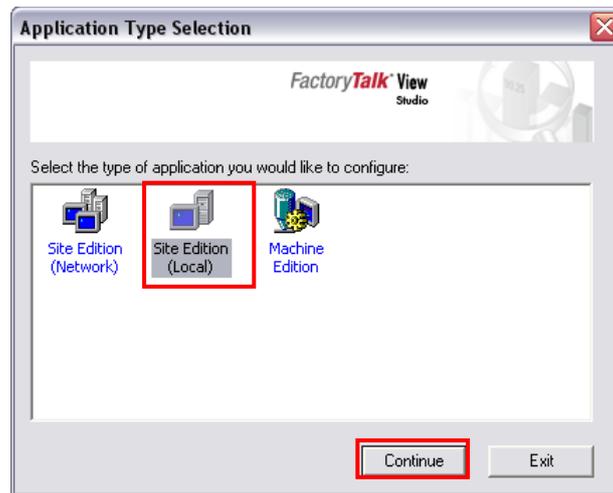
Figura 48. OPC quick client de KEPServer



3.3.4. Adición de Servidor OPC a FactoryTalk SE

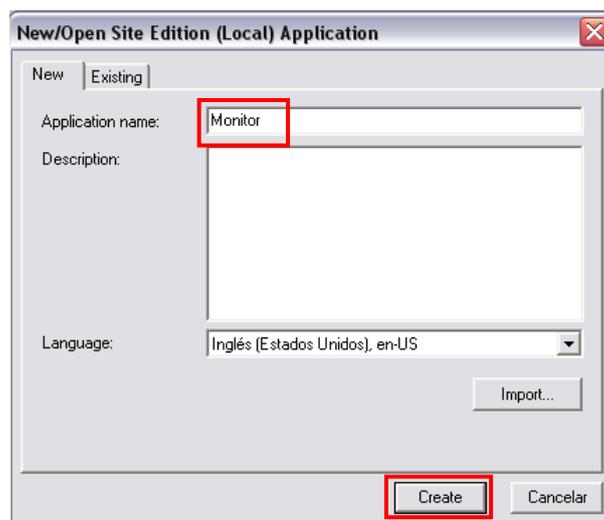
Se crea un proyecto en FactoryTalk, para lo cual en el tipo de aplicación se selecciona *Site Edition (local)*, como se muestra en la figura 49.

Figura 49. Elección de tipo de aplicación en FactoryTalk View



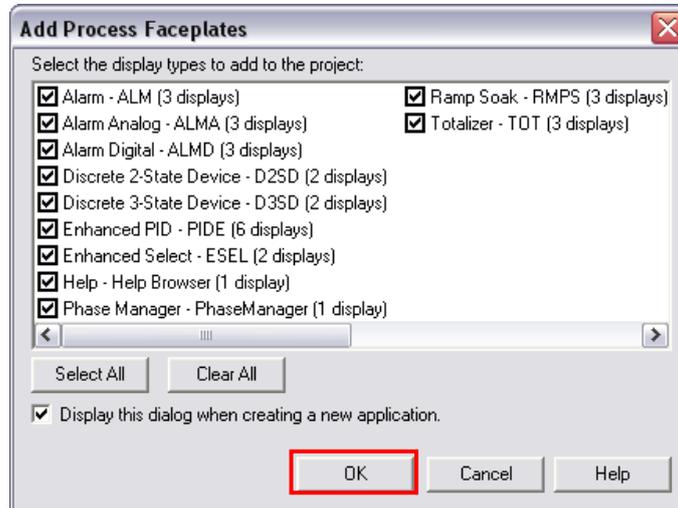
Se hace click en *Continue* con lo cual se abre una ventana de creación o apertura de proyectos, donde se realiza un nuevo proyecto con el título "Monitor" (ver figura 50).

Figura 50. Creación de nueva aplicación



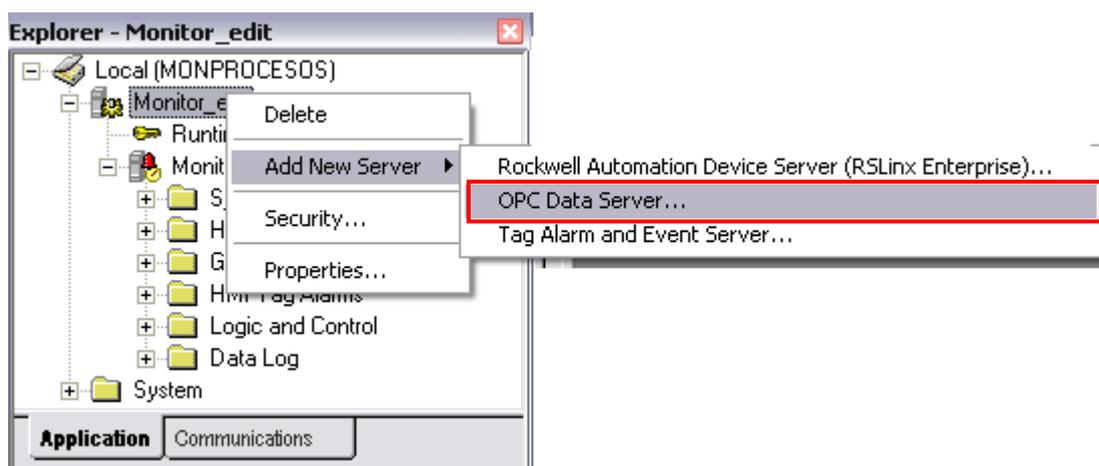
En la opción de *faceplates*, FactoryTalk SE trae seleccionadas todas las opciones, se mantiene así, para futuras ampliaciones en el sistema (ver figura 51).

Figura 51. Selección de Faceplates



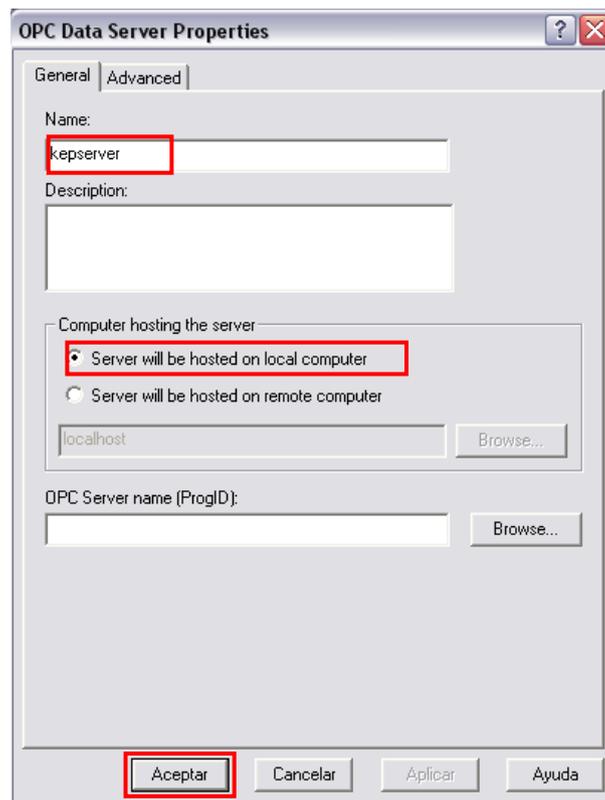
El siguiente paso es agregar KEPServer como servidor OPC al proyecto, haciendo click sobre el icono del nombre de la aplicación, se sigue la ruta es *Add New Server/OPC Data Server* como se muestra en la figura 52.

Figura 52. Ruta para agregar Servidor OPC



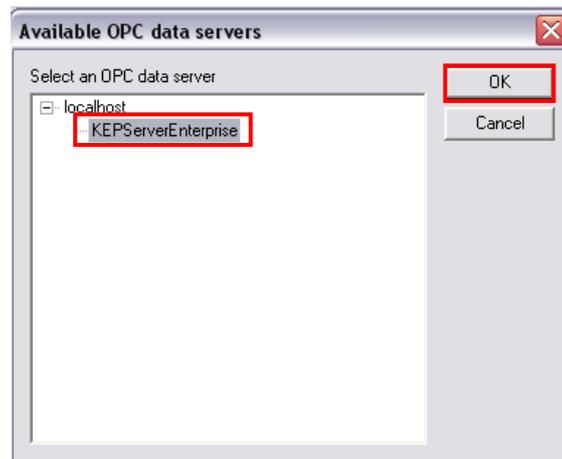
En la ventana de propiedades del servidor de datos OPC de la figura 53, se asigna un nombre en este caso “kepserver”, asimismo se escoge la opción de alojamiento del servidor en una computadora local, y se hace click sobre *browse*, para ubicar el servidor OPC.

Figura 53. Propiedades del Servidor de datos OPC



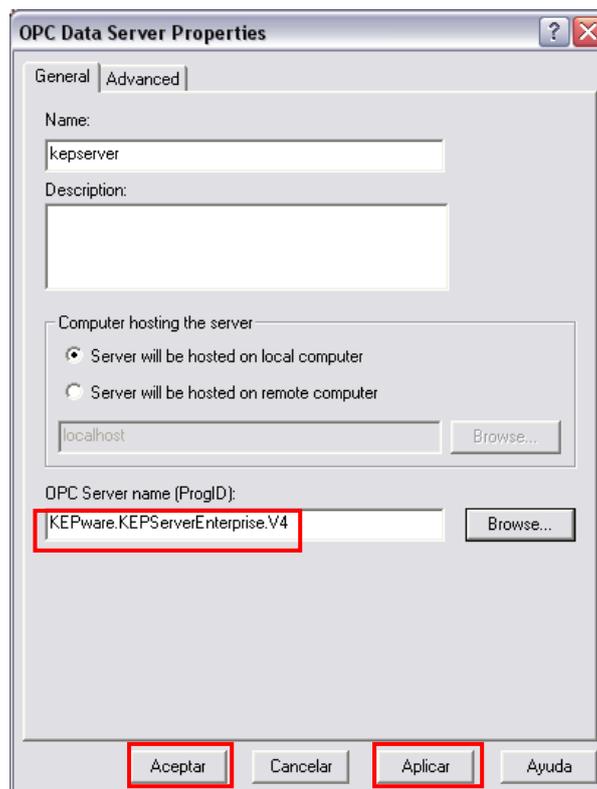
Aparece KEPServerEnterprise entre las opciones desplegadas de servidores OPC disponibles en el host local, se escoge y continúa (ver figura 54).

Figura 54. Servidores de datos OPC disponibles en el Local host



Finalmente, aparecen los ajustes realizados en la ventana de propiedades, se da click en aplicar y luego en aceptar (ver figura 55).

Figura 55. Ajustes a Propiedades de servidor de datos OPC



Ahora aparece el dispositivo recién creado dentro de la ventana exploradora como se aprecia en la figura 56.

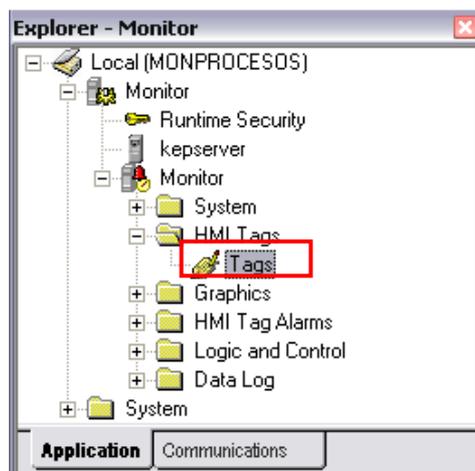
Figura 56. Ventana exploradora con servidor OPC agregado



Si bien el Servidor OPC se ha agregado, el proyecto FactoryTalk no está habilitado para acceder a los tags del servidor hasta que exista una sincronización. Para ello, se debe salir del software FactoryTalk y re-abrir el proyecto.

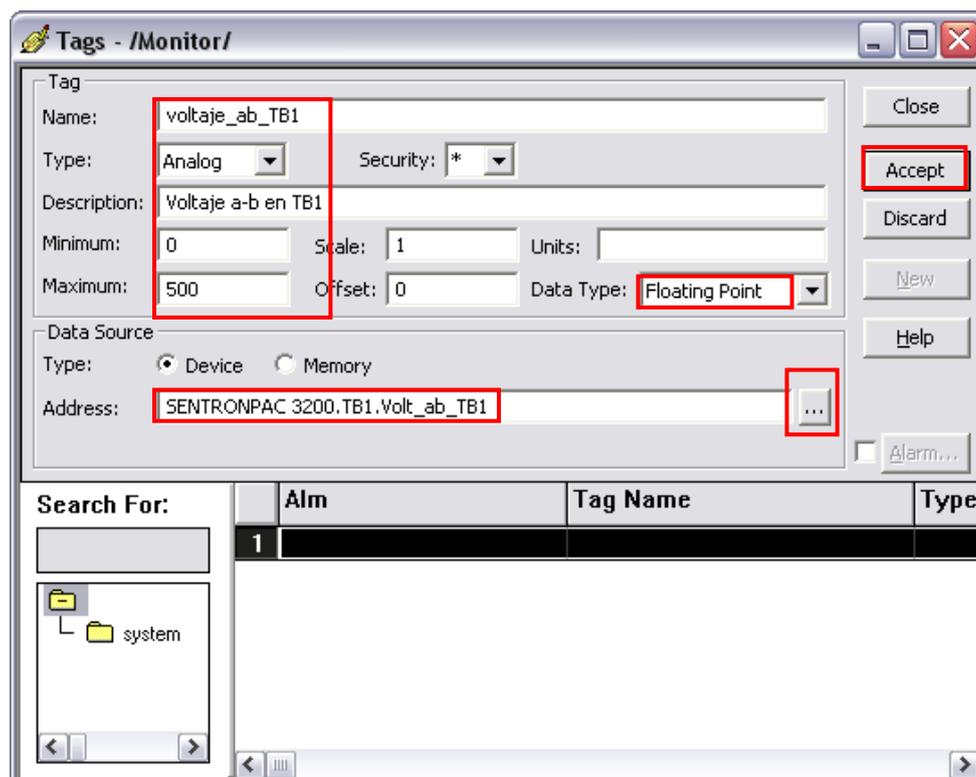
Dando click sobre el sub-menú Tags, aparece la ventana que se muestra en la figura 57.

Figura 57. Icono de Tags en ventana explorador



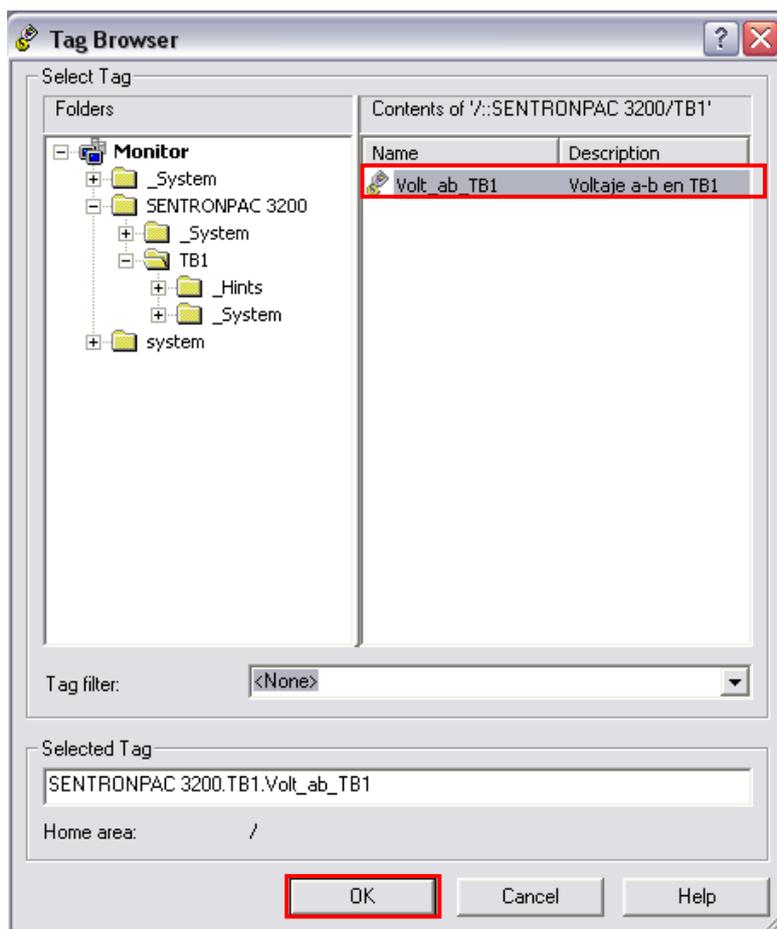
Se llama al Tag con un nombre descriptivo: Voltaje_ab_TB1 (ver figura 58); se especifica *Analog* en el tipo. Se asignan los valores máximo y mínimo y el tipo de dato. En procedencia o fuente de datos, se designa *device* haciendo referencia a que se toma el tag de un dispositivo externo y no de una variable interna la memoria del software.

Figura 58. Ventana de creación de Tags



Dando click sobre el icono de búsqueda frente a *Address*, lleva a la ventana de búsqueda de tags, donde se sigue la ruta SENTRON PAC3200/TB1, en esta aparece Volt_ab_TB1, se escoge y da click en OK, como se muestra en la figura 59.

Figura 59. Ventana de búsqueda de Tags

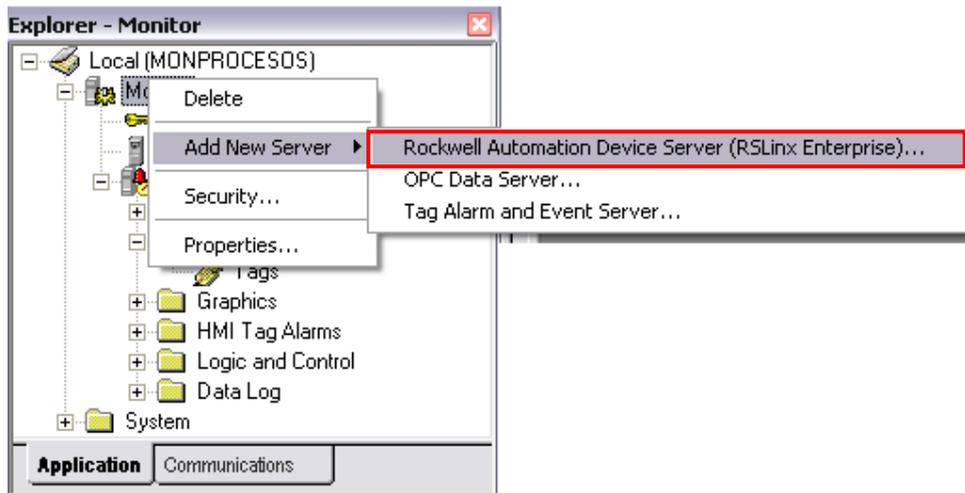


De esta manera se tiene acceso en FactoryTalk View Studio a los Tags de los medidores SENTRON PAC3200 mediante el servidor OPC KEPServer.

3.5. Configuración del Servidor RSLinx

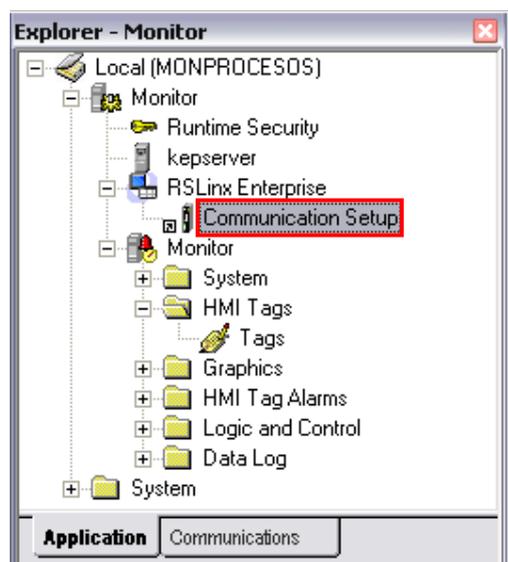
Para la extracción de parámetros de producción de la Slitter Cincinnati, se establece comunicación con la red montada en esta máquina, para ello en FactoryTalk SE se procede a agregar un servidor de datos RSLinx Enterprise como se muestra en la figura 60.

Figura 60. Ruta para agregar servidor RSLinx Enterprise desde ventana explorador



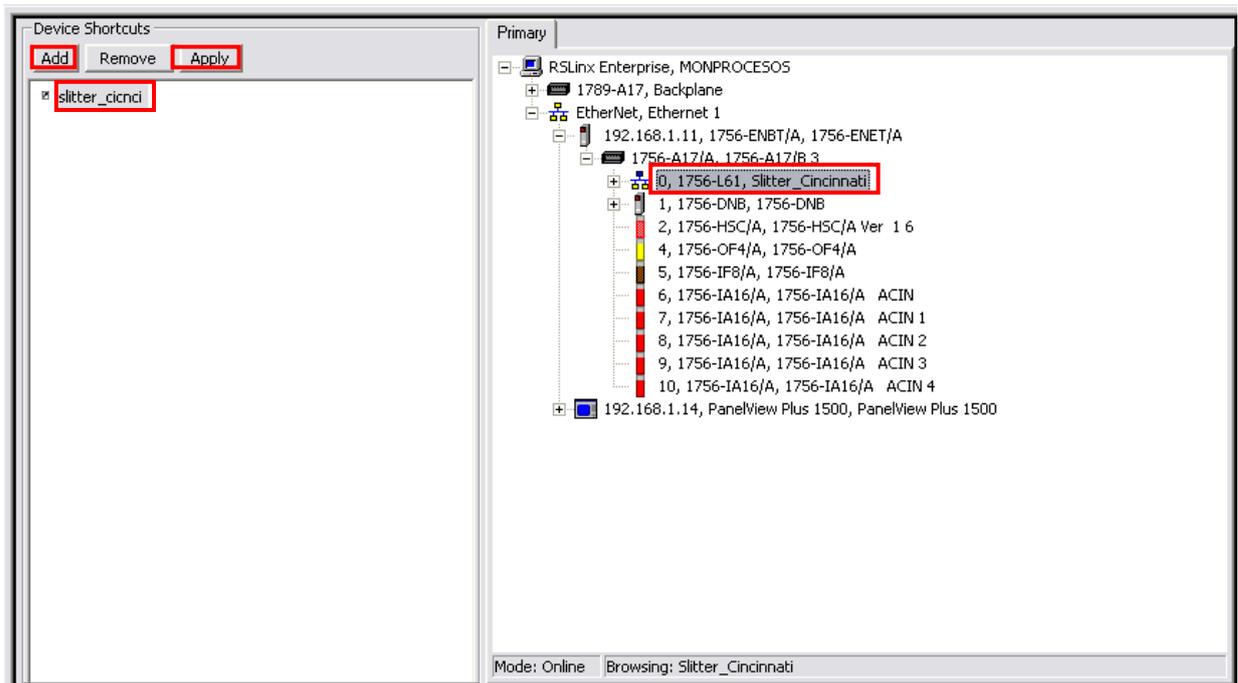
Aparece ahora el icono RSLinx Enterprise y como un submenú de este la pestaña *Communication Setup* (ver figura 61), sobre la que se hace click.

Figura 61. Acceso a configuración de comunicación de servidor RSLinx Enterprise



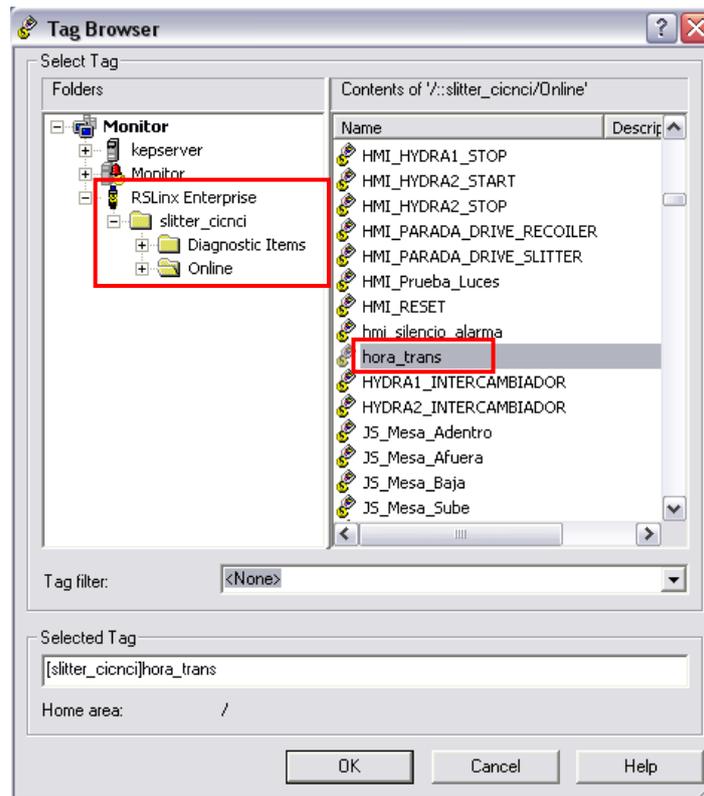
Se abre la ventanas *Device Shortcut* y *primary* (ver figura 62), se agrega el nombre “*slitter_cincni*” al un nuevo acceso directo, en la ventana *Primary* aparecen los dispositivos de la red Cincinnati, se selecciona el correspondiente al PLC ControlLogix 5000. Finalmente se hace click sobre aplicar para que se haga operativo el acceso directo y puedan extraer los tags desde el autómatas y se aceptan los cambios.

Figura 62. Dispositivos de Red Cincinnati desde RXLinx Enterprise



Para la extracción de tags, como en el caso del servidor Kepserver, se accede a la pestaña *Tags* en la ventana *Explorer* y busca en el dispositivo del servidor RSLinx Enterprise el tag, en la figura 63 se aprecia la selección del tag *hora_trans* del PLC ControlLogix 5000 de la Slitter Cincinnati.

Figura 63. Extracción de Tas de Red Cincinnati desde Explorador de Tags



4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SUPERVISORIO

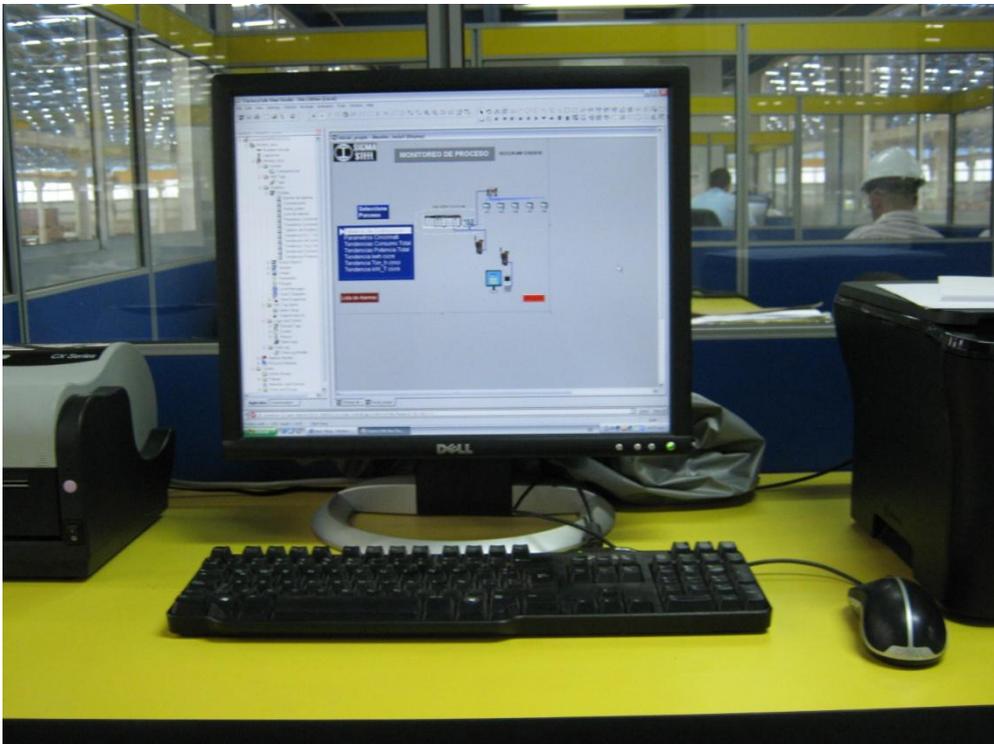
4.1. HMI

La interfaz gráfica cuenta con pantallas en las que aparecen las siguientes presentaciones:

- Visualización numérica de parámetros de producción y de consumo energía
- Visualización gráfica de parámetros de producción y de consumo energía más relevantes
- Lista de alarmas y eventos
- Banner de alarmas
- Visualización de hora y fecha en cada pantalla
- Navegación entre pantallas mediante botones de acceso

Para ello, se crea y edita un proyecto en FactoryTalk View SE, implementado en computador de oficinas de ingeniería como se aprecia en la figura 64. El resultado final es una aplicación *run-time* con las ventanas del supervisorio.

Figura 64. Computador con HMI en Oficinas de Ingeniería



Fuente: Sigmasteel S.A.

4.1.1. Ventanas

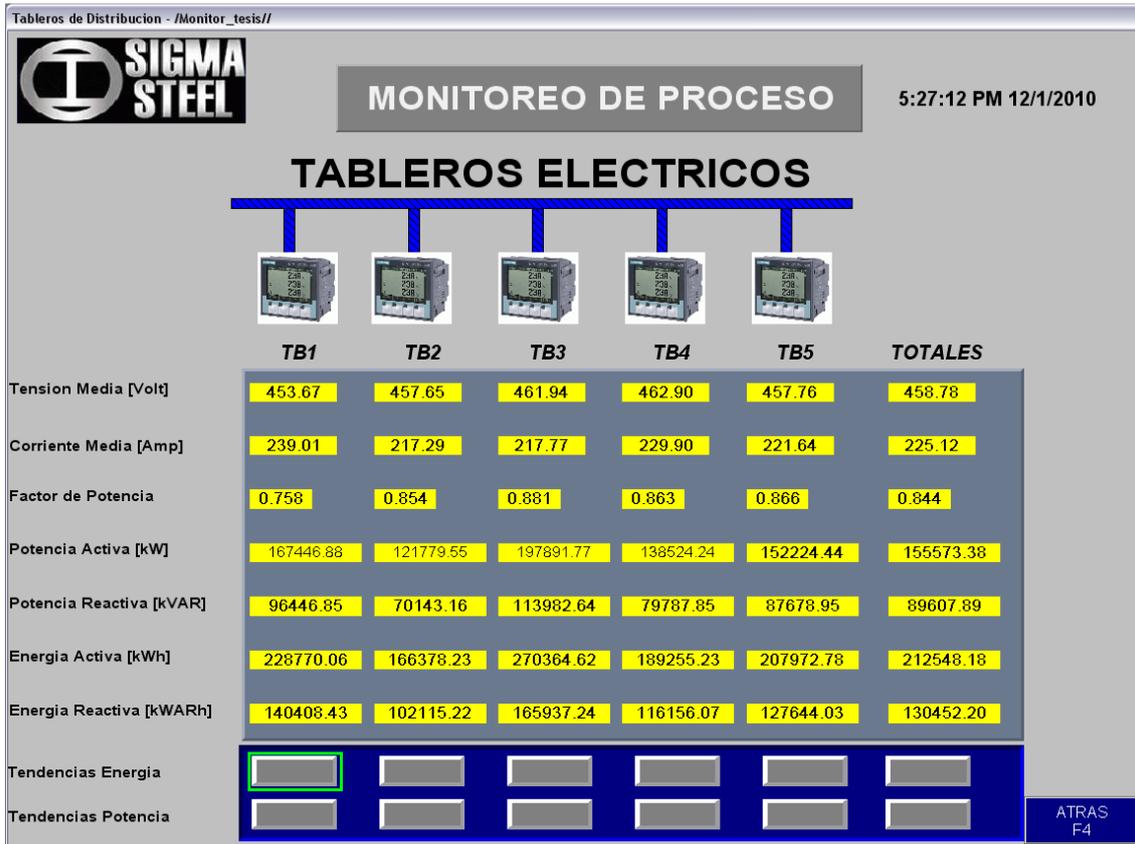
La ventana inicial (ver figura 65) muestra las opciones de ingreso a las demás ventanas del supervisor junto con un esquema de la conexión de red instalada, acceso a alarmas y opción de cerrar la aplicación.

Figura 65. Ventana Inicial de supervisorio



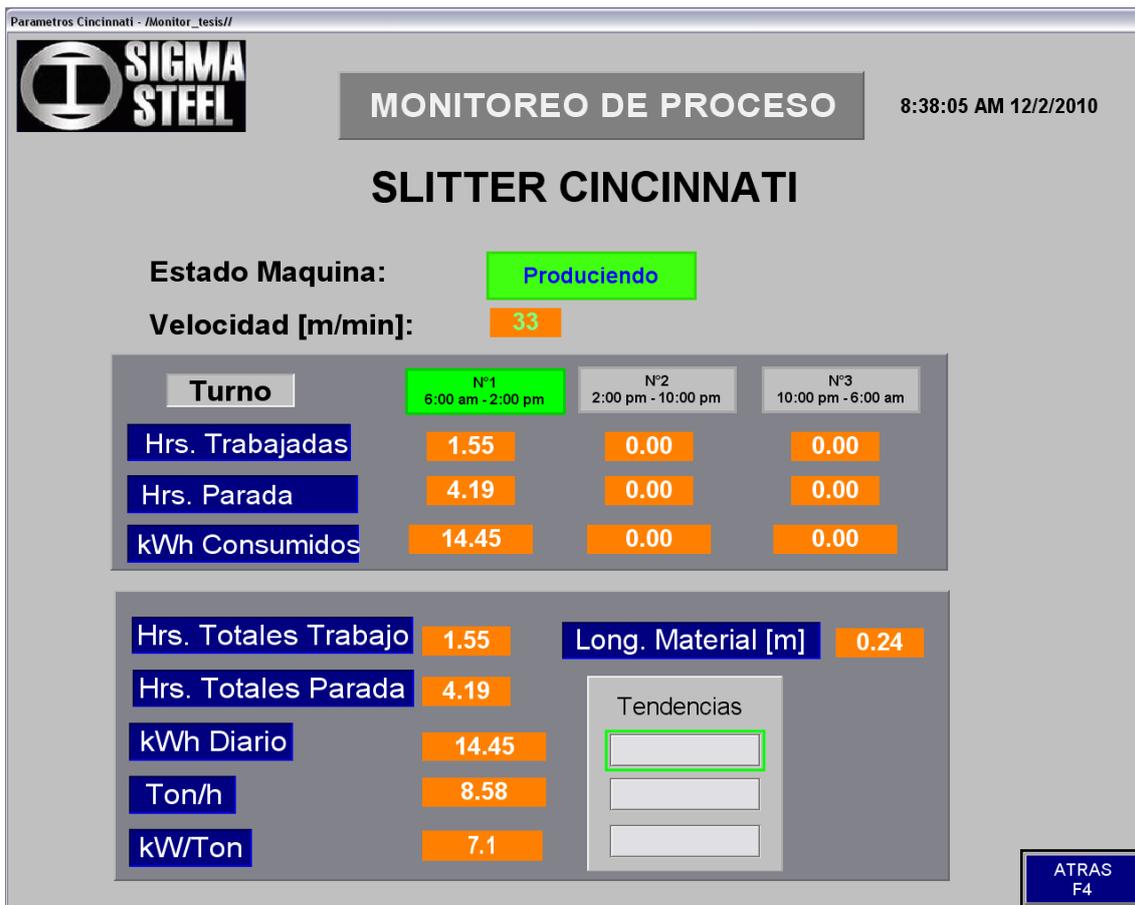
En la ventana de los tableros eléctricos (ver figura 66), aparecen las variables eléctricas relevantes de los tableros de distribución y sus valores promedios (tensión, corriente y factor de potencia) y totales (potencias y energías activas y reactivas), asimismo existen pulsadores de acceso a las ventanas de tendencias de potencias y consumos de energía de cada uno de los tableros y a las tendencias totales.

Figura 66. Ventana Tableros Eléctricos



La ventana Slitter Cincinnati (ver figura 67) se encuentra dividida en 3 secciones, en la parte superior aparece el estado de la máquina: Parada o Produciendo, y su velocidad en m/min. En el centro se encuentra resaltado el turno actual de trabajo, las horas trabajadas, horas de parada y energía consumida en kWh para cada turno. Finalmente, la parte inferior muestra los parámetros de producción diarios de la máquina y pulsadores que dirigen a tendencias de los parámetros kWh Diario, Ton/h y kW/Ton.

Figura 67. Ventana Slitter Cincinnati

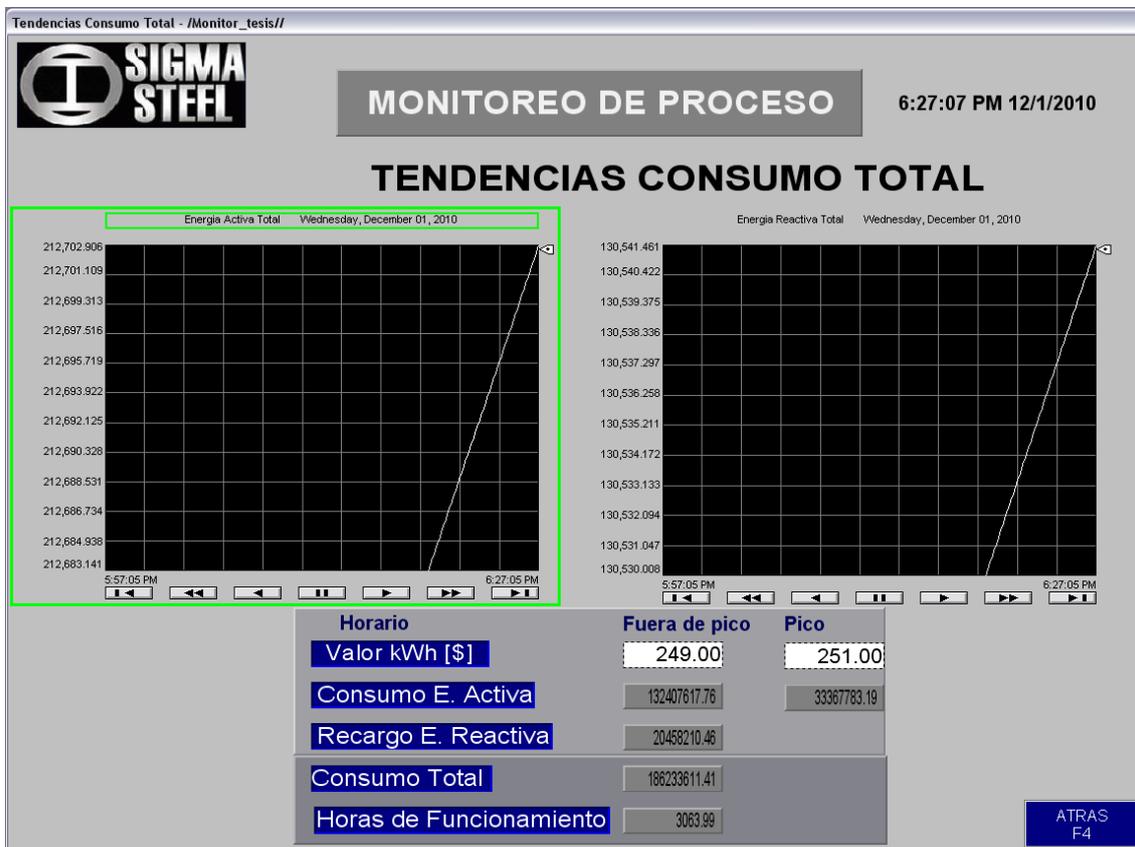


La ventana de tendencias de consumo de energía (ver figura 68) total y de cada tablero de distribución muestra la evolución en el tiempo de la energía activa y reactiva, junto con el valor del consumo en energía activa en horario pico y fuera de pico, y el consumo por recargo de energía reactiva; se muestra además el consumo total como la suma de estos 3 valores.

Para lo anterior, se deben ingresar en casillas el valor de kWh pico y kWh fuera de pico debido a que son valores que pueden variar en función del costo de la energía. El recargo de energía reactiva se factura por parte de la electrificadora en un periodo si su consumo es superior al 50% de la energía activa, en este caso se factura el exceso como energía activa.

La barra de desplazamiento de las tendencias permite correr, pausar, adelantar o retroceder las gráficas logrando así un seguimiento en las tendencias para largos periodos de tiempo. Tanto los valores de consumos de energía y horas de funcionamiento y se reinician los días 29 de cada mes. Se accede desde la ventana inicial en la lista de selección o desde la ventana Tableros Eléctricos en los pulsadores de tendencia.

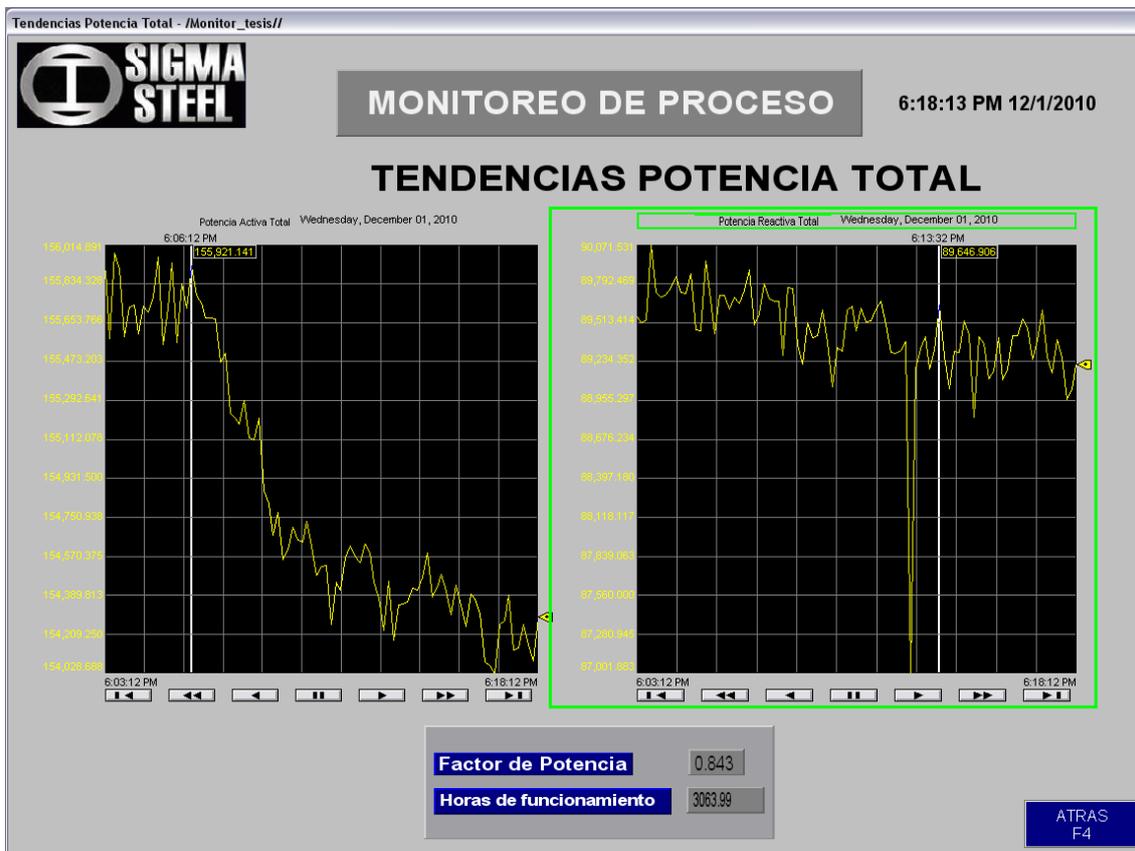
Figura 68. Ventana Tendencias Consumo Energía



Las tendencias de potencias activa y reactiva (ver figura 69) así como las de consumos de energías, permiten visualizar la carga en función del tiempo para cada tablero y la sumatoria de todas las potencias; también se observa el valor del factor de potencia y horas de funcionamiento por tablero y total.

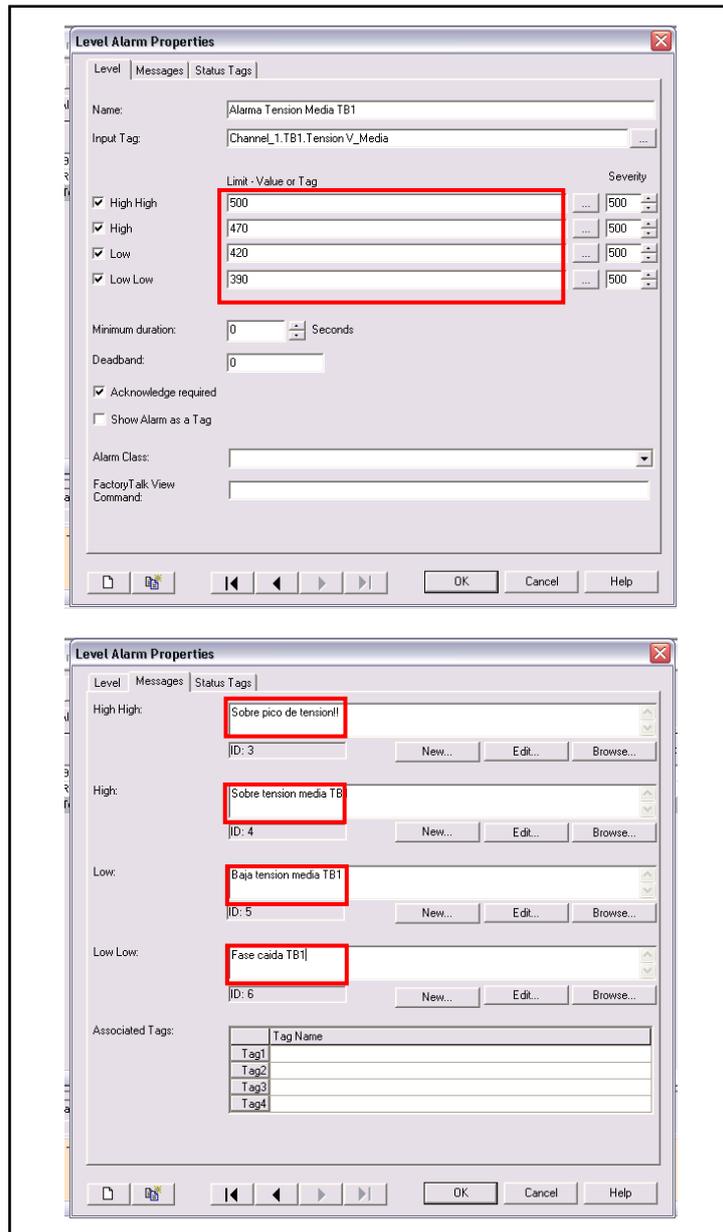
Las tendencias cuentan con barras de desplazamiento y barras de valor para rastreo de la gráfica a través del tiempo y ubicación de valores específicos. Se ingresa desde la ventana inicial o bien desde pulsadores de tendencia de la ventana Tableros Eléctricos.

Figura 69. Ventana Tendencias Potencia Total



La ventana para la creación de alarmas se pueden crear alarmas tipo analógicas o digitales, para el caso de las primeras se tienen 4 niveles de alarma por tag para los casos en que el tag se encuentre entre los valores muy alto, alto, bajo y muy bajo. En la figura 70 a, se muestran los valores de alarma para el tag Tension Media TB1.

Figura 70. Creación alarmas: a) límites numéricos. b) mensajes de alarmas.



Cada valor se encuentra asociado a un mensaje de alarma que aparecerá en la Lista de Alarmas una vez que el tag cruce estos límites. En la figura 70 b, aparecen los mensajes de alarma para el tag Tension Media TB1.

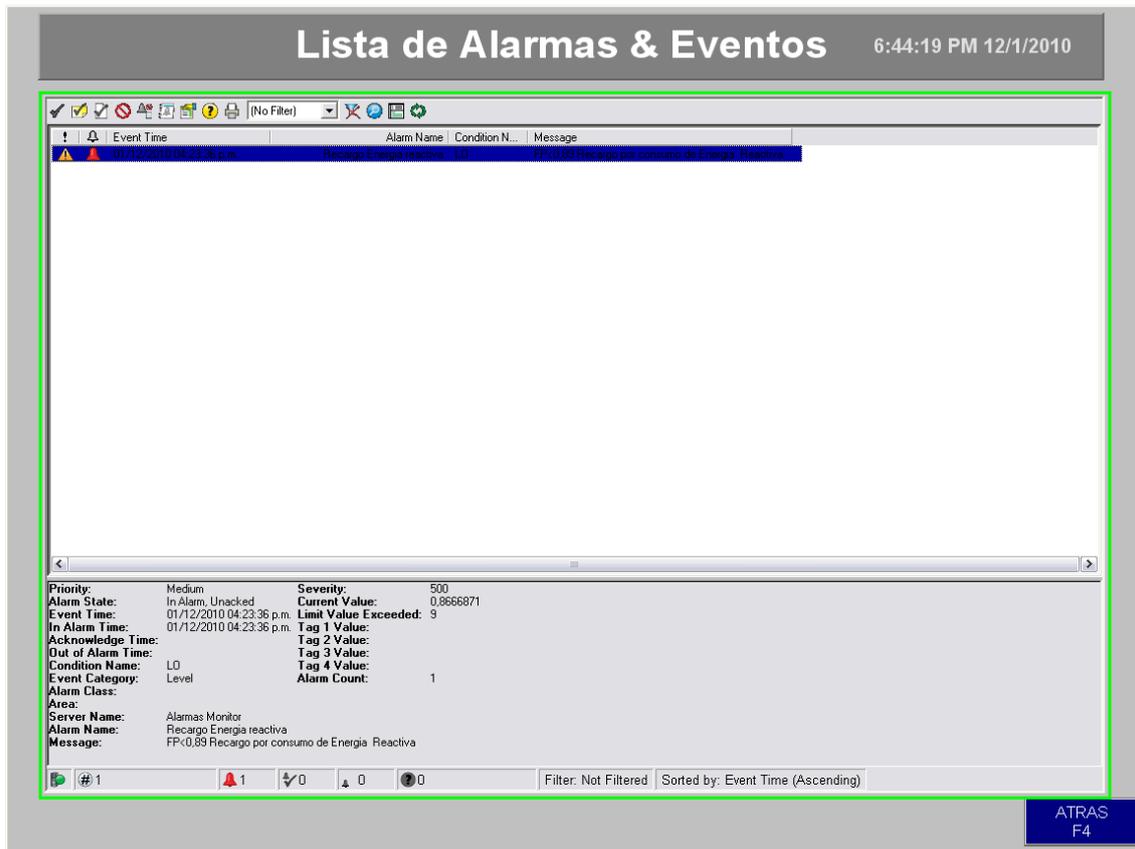
La lista de alarmas reconocibles por el supervisorio se muestra en la tabla 22:

Tabla 22. Lista resumen de alarmas del supervisorio

Alarma	Sección a la que aplica	Valor o rango
Picos de tensión	Cada medidor y Total: por línea y promedio	$\geq 500V$
Sobre-tensión	Cada medidor y Total: por línea y promedio	$\geq 470V$
Baja-tensión	Cada medidor y Total: por línea y promedio	$\leq 420V$
Fase caída	Cada medidor y Total: por línea y promedio	$\leq 390V$
Picos de corriente, posibles cortocircuitos	Cada medidor y Total: por línea y promedio	(Depende del tablero)
Sobre-corriente	Cada medidor y Total: por línea y promedio	(Depende del tablero)
Factor de potencia menor a 0,89: Recargo por consumo de E. Reactiva	Cada medidor y Total: por línea y promedio	$\leq 0,89$
E. Reactiva mayor que 50% de E. Activa: Recargo por consumo de E. Reactiva	Cada medidor y Total	E. Reactiva $\geq 0,5 * E.$ Activa
Bajo factor de potencia	Cada medidor y Total: por línea y promedio	$\leq 0,7$
Transitorios presentes: THD alto	Cada medidor: por línea	$> 30\%$
Alta velocidad línea Slitter Cincinnati	Slitter Cincinnati	$> 160m/min$
Baja velocidad Slitter Cincinnati	Slitter Cincinnati	$< 5m/min$ (produciendo)
Producción ineficiente, alto Kw/Ton	Slitter Cincinnati	(Reserva de Sigmasteel S.A.)
Baja Producción de Ton/h	Slitter Cincinnati	(Reserva de Sigmasteel S.A.)
Parada de emergencia presionada	Slitter Cincinnati	0 (OFF)
Falla de Comunicación	Slitter Cincinnati/ Cada medidor	0 (OFF)

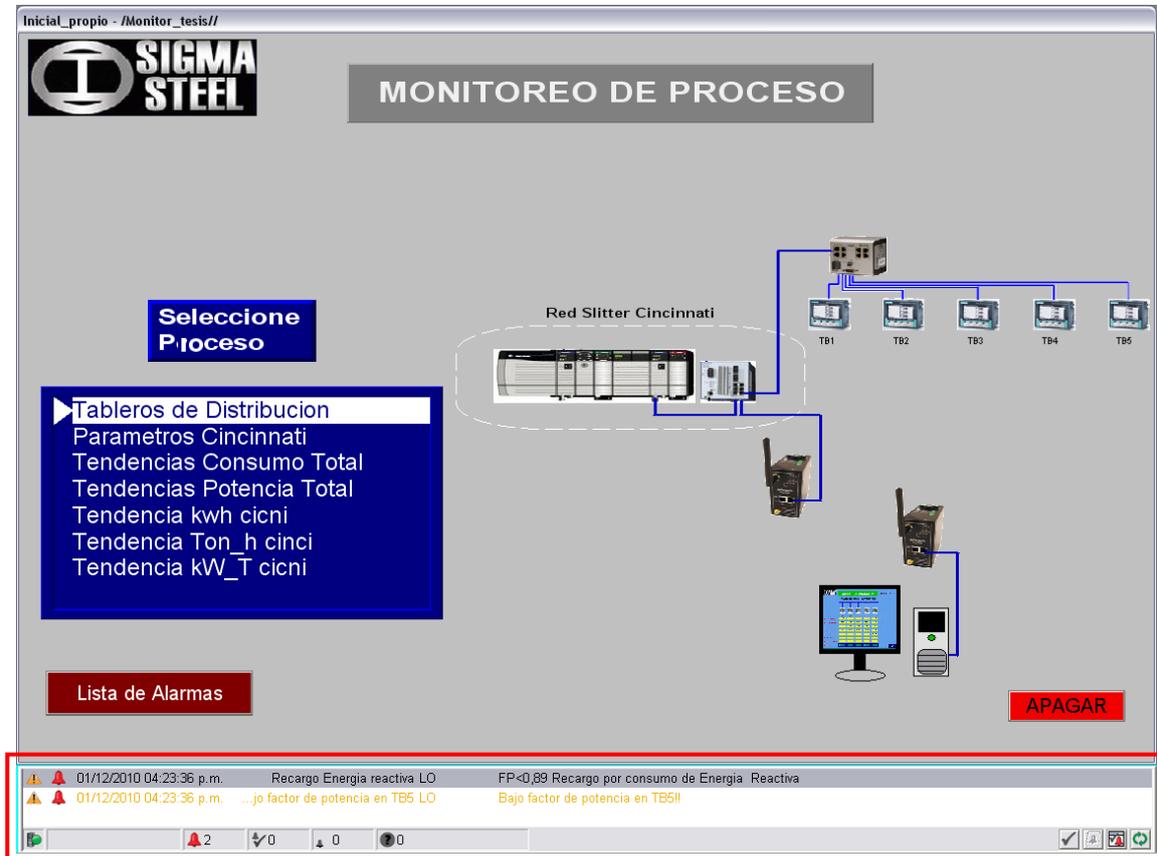
En la ventana Lista de Alarmas se muestran cronológicamente el nombre de la alarma activada junto con un mensaje descriptivo y un valor numérico actual del tag asociado a la alarma como aparece en la figura 71.

Figura 71. Ventana Lista de Alarmas



El Banner de alarmas es una ventana que se muestra en la parte inferior con información relevante sobre alarmas y eventos ocurridos (ver figura 72).

Figura 72. Ventana Banner de Alarmas



4.2. Conexión con Base de Datos

FactoryTalk SE permite exportar datos de Eventos y Alarmas al sistema de gestión de base de datos relacional SQL Server (en su versión Express o completa). Para establecer esta asociación, desde la ventana Explorer se ingresa a pestaña *Database* y de aquí a *New Database* (ver figura 73).

Figura 73. Ruta de Asociación de Alarmas y Eventos con base de datos



Se abre una sub ventana de propiedades de la base de datos, se introduce un nombre de la definición, tipo, nombre computador y de usuario, una clave y finalmente el nombre de la base de datos previamente creada (ver figura 74).

Figura 74. Propiedades de base de datos de Alarmas y Eventos

The image shows a dialog box titled "Alarm and Event Historian Database Properties" with three tabs: "General", "Size Management", and "Advanced". The "General" tab is selected. The following fields are visible and highlighted with red boxes:

- Definition name: Historico monitor
- Type: Microsoft SQL Server Express (selected), Microsoft SQL Server (unselected)
- Computer name: MONPROCESOS
- Database user name: monitor
- Database password: *****
- Database name: base de datos historico

At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Aceptar", "Cancelar", and "Ayuda". A "Show Usage..." button is also present near the bottom left.

Con esto, se completa la asociación del sistema supervisorio a una base de datos.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El sistema de monitoreo de consumo de energía permite visualizar de manera numérica y gráfica la distribución y costo del uso de la energía eléctrica en tiempo real y de manera continua, permitiendo observar el estado y evolución de las variables eléctricas asociadas, específicamente conocer periodos de altos y bajos consumos, y detalles de variables eléctricas asociadas.

Mediante la implementación del supervisor se puede tener el costo del consumo por horas pico, fuera de pico y por sanción de energía reactiva, justo como lo hace la empresa electrificadora lo que consiguiendo con esto garantizar fidelidad en las lecturas mostradas para control interno de costos en la empresa.

El sistema de alarmas indica de manera rápida y sólida la existencia de fallas en la distribución de energía eléctrica en la empresa para toma de decisiones que resguarden la integridad del personal y los equipos.

Los parámetros de producción de la máquina Slitter Cincinnati brinda al departamento de producción la información precisa para efectos de análisis y estadísticas; corroborar las cantidades de material usado y horas de trabajo de la maquina por turno, respecto a lo programado, de la misma manera que habilita la medida de eficiencia de producción considerando el costo de energía en kWh que requiere el corte de determinada cantidad de toneladas de laminas de una colada especifica y obtener así índices de producción para la evaluación de calidad y el mejoramiento continuo del departamento.

A través de la visualización de los consumo de energía y parámetros de producción se logra el mejoramiento de la coordinación, reducción de tiempos y costos con el área de mantenimiento.

La instrumentación seleccionada le otorga robustez a la red ante un ambiente industrial, precisión en la medida de variables y escalabilidad para futuras ampliaciones bajo Ethernet Industrial tales monitoreo de consumo de energía por líneas de producción mediante conexión inalámbrica o alambrada, control de la iluminación de la planta o control automático de bancos de condensadores.

6. RECOMENDACIONES

Es crucial para adquisición de los datos de consumo de energía, la adecuada configuración de acceso y decodificación de datos (figuras 41 y 42), como el direccionamiento Modbus en el servidor OPC KEPServer (tabla 21). Así por ejemplo, se debe comprobar que el valor leído del voltaje Va-b en la ventana del servidor OPC sea próximo a 460V y corresponda con el valor instantáneo mostrado en el display del medidor SENTRON PAC3200 para este mismo voltaje. Para lo anterior, es recomendable el establecimiento de la comunicación directa de un medidor SENTRON PAC3200 con el PC en donde se implementen y prueben dichas configuraciones antes de la instalación final de la red.

Las variables de energía activa y reactiva a extraer del medidor SENTRON PAC3200 deben ser en ambos casos del tipo importada ya que éstas son los valores de energía activa y reactiva consumida mientras que las de tipo exportada indican la energía que se regenera a la red, caso que no aplica en la empresa pues no se cuenta con generadores o módulos de freno regenerativo para motores.

En cuanto a la selección de transformadores de corriente, se debe considerar además de los requerimientos de la norma NTC 5019, que el espacio del orificio sea de suficiente área para ser atravesado por los cables o barras de la instalación en ese punto.

Es necesaria la creación previa de una base de datos en SQL Server a la cual asociar las Alarmas y Eventos del supervisorio con nombre de usuario y clave correspondientes con los mostrados en la figura 74.

BIBLIOGRAFÍA

- Linares Escobar, Javier. Diseño de Subestación de Media Tensión. Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali. 2009.
- Minor en Automatización Industrial, Módulo de redes industrial partes 1 y 2. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2009.
- Ruiz Olaya, Andrés. Implementación de una red Modbus TCP/IP. Universidad del Valle. Santiago de Cali. 2002.
- Garavito Vásquez, Morgan. Redes Industriales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2009.
- J, Lemos; D, Miranda. OPC Como Alternativa a las Tecnologías Propietarias de Comunicación Industrial. Universidad de San Buenaventura. Medellín. Junio 2006.
- Rockwell Automation. FactoryTalk View Site Edition: User's Guide. PUBLICATION VIEWSE-UM006E-EN-E. Junio 2009.
- Kepware Technologies. KEPServerEX Client Connectivity Guide for Rockwell Software's FactoryTalk View Studio, V. 1. Abril 2010.
- Transmisión de Datos Industriales, Ethernet Industrial. Manual Westermo 5.0. Westermo Teleindustri AB. Suecia. 2004.
- J. David Irwin. The Industrial Information Technology Handbook. Auburn University. CRC Press LLC. South San Francisco. 2005.
- Network Infrastructure for Ethernet /IP: Introduction and Considerations. Publication number: PUB00035R0. Open DeviceNet Vendor Association, Inc. ODVA. 2007.
- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5019: Selección de Equipos de Medición de Energía Eléctrica. Bogotá. 2007.

- ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano. Bogotá. 2002.
- <http://www.modbus.org/>
- <http://www.disa.bi.ehu.es/>
- <http://www.opcdatahub.com/>
- <http://www.opcfoundation.org/>
- <http://www.ccontrols.com/pdf/Extv6n1.pdf>
- www.automation.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentcenter/lv/Documentsu20Brochures/e20001-a112-l300-x-7800.pdf
- <http://www3.sea.siemens.com/step/pdfs/busway.pdf>

ANEXOS

Anexo A

Lista de variables medibles por SENTRON PAC3200

Name	Abb. EN + IEC	Abb. EN + NAFTA	Format	Unit	Value range	Access
Voltage V_{a-n}	V_{L1-N}	V_{a-n}	Float	V	-	R
Voltage V_{b-n}	V_{L2-N}	V_{b-n}	Float	V	-	R
Voltage V_{c-n}	V_{L3-N}	V_{c-n}	Float	V	-	R
Voltage V_{a-b}	V_{L1-L2}	V_{a-b}	Float	V	-	R
Voltage V_{b-c}	V_{L2-L3}	V_{b-c}	Float	V	-	R
Voltage V_{c-a}	V_{L3-L1}	V_{c-a}	Float	V	-	R
Current a	I_{L1}	I_a	Float	A	-	R
Current b	I_{L2}	I_b	Float	A	-	R
Current c	I_{L3}	I_c	Float	A	-	R
Apparent Power a	VA_{L1}	VA_a	Float	VA	-	R
Apparent Power b	VA_{L2}	VA_b	Float	VA	-	R
Apparent Power c	VA_{L3}	VA_c	Float	VA	-	R
Active Power a	$\pm W_{L1}$	$\pm W_a$	Float	W	-	R
Active Power b	$\pm W_{L2}$	$\pm W_b$	Float	W	-	R
Active Power c	$\pm W_{L3}$	$\pm W_c$	Float	W	-	R
Reactive Power a	$\pm var_{L1}$	$\pm var_a$	Float	var	-	R
Reactive Power b	$\pm var_{L2}$	$\pm var_b$	Float	var	-	R
Reactive Power c	$\pm var_{L3}$	$\pm var_c$	Float	var	-	R
Power Factor a	$ PF_{L1} $	$ PF_a $	Float	-	0 ... 1	R
Power Factor b	$ PF_{L2} $	$ PF_b $	Float	-	0 ... 1	R
Power Factor c	$ PF_{L3} $	$ PF_c $	Float	-	0 ... 1	R
THD-R Voltage a	$THD-V_{L1}$	$THD-V_a$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R Voltage b	$THD-V_{L2}$	$THD-V_b$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R Voltage c	$THD-V_{L3}$	$THD-V_c$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R Current a	$THD-I_{L1}$	$THD-I_a$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R Current b	$THD-I_{L2}$	$THD-I_b$	Float	%	0 ... 100	R
THD-R Current c	$THD-I_{L3}$	$THD-I_c$	Float	%	0 ... 100	R
Frequency	f	f	Float	Hz	45 ... 65	R
Average Voltage V_{ph-n}	$V_{L-L AVG}$	$V_{ph-n AVG}$	Float	V	-	R
Average Voltage V_{ph-ph}	$V_{L-L AVG}$	$V_{ph-ph AVG}$	Float	V	-	R
Average Current	I_{AVG}	I_{AVG}	Float	A	-	R
Total Apparent Power	Total VA	Total VA	Float	VA	-	R

Name	Abb. EN + IEC	Abb. EN + NAFTA	Format	Unit	Value range	Access
Total Active Power	Total W	Total W	Float	W	-	R
Total Reactive Power	Total var	Total var	Float	var	-	R
Total Power Factor	Total PF	Total PF	Float		-	R
Amplitude Unbalance - Voltage	Unbal. V	Unbal. V	Float	%	0 ... 100	R
Amplitude Unbalance - Current	Unbal.. A	Unbal. A	Float	%	0 ... 100	R
Maximum Voltage V_{a-n}	▲ V_{L1-N}	▲ V_{a-n}	Float	V	-	R
Maximum Voltage V_{b-n}	▲ V_{L2-N}	▲ V_{b-n}	Float	V	-	R
Maximum Voltage V_{c-n}	▲ V_{L3-N}	▲ V_{c-n}	Float	V	-	R
Max. Voltage V_{a-b}	▲ V_{L1-L2}	▲ V_{a-b}	Float	V	-	R
Max. Voltage V_{b-c}	▲ V_{L2-L3}	▲ V_{b-c}	Float	V	-	R
Max. Voltage V_{c-a}	▲ V_{L3-L1}	▲ V_{c-a}	Float	V	-	R
Maximum Current a	▲ I_{L1}	▲ I_a	Float	A	-	R
Maximum Current b	▲ I_{L2}	▲ I_b	Float	A	-	R
Maximum Current c	▲ I_{L3}	▲ I_c	Float	A	-	R
Maximum Apparent Power a	▲ VA_{L1}	▲ VA_a	Float	VA	-	R
Maximum Apparent Power b	▲ VA_{L2}	▲ VA_b	Float	VA	-	R
Maximum Apparent Power c	▲ VA_{L3}	▲ VA_c	Float	VA	-	R
Maximum Active Power a	▲ $\pm W_{L1}$	▲ $\pm W_a$	Float	W	-	R
Maximum Active Power b	▲ $\pm W_{L2}$	▲ $\pm W_b$	Float	W	-	R
Maximum Active Power c	▲ $\pm W_{L3}$	▲ $\pm W_c$	Float	W	-	R
Maximum Reactive Power a	▲ $\pm var_{L1}$	▲ $\pm var_a$	Float	var	-	R
Maximum Reactive Power b	▲ $\pm var_{L2}$	▲ $\pm var_b$	Float	var	-	R
Maximum Reactive Power c	▲ $\pm var_{L3}$	▲ $\pm var_c$	Float	var	-	R
Maximum Power Factor a	▲ $ PF_{L1} $	▲ $ PF_a $	Float		0 ... 1	R
Maximum Power Factor b	▲ $ PF_{L2} $	▲ $ PF_b $	Float		0 ... 1	R
Maximum Power Factor c	▲ $ PF_{L3} $	▲ $ PF_c $	Float		0 ... 1	R
Maximum THD-R Voltage a	▲ $THD-V_{L1}$	▲ $THD-V_a$	Float	%	0 ... 100	R
Maximum THD-R Voltage b	▲ $THD-V_{L2}$	▲ $THD-V_b$	Float	%	0 ... 100	R
Maximum THD-R Voltage c	▲ $THD-V_{L3}$	▲ $THD-V_c$	Float	%	0 ... 100	R
Maximum THD-R Current a	▲ $THD-I_{L1}$	▲ $THD-I_a$	Float	%	0 ... 100	R
Maximum THD-R Current b	▲ $THD-I_{L2}$	▲ $THD-I_b$	Float	%	0 ... 100	R
Maximum THD-R Current c	▲ $THD-I_{L3}$	▲ $THD-I_c$	Float	%	0 ... 100	R
Max. Frequency	▲ f	▲ f	Float		45 ... 65	R
Max. Average Voltage V_{ph-n}	▲ $V_{L-N MW}$	▲ $V_{ph-n AVG}$	Float	V	-	R
Max. Average Voltage V_{ph-ph}	▲ $V_{L-L MW}$	▲ $V_{ph-ph AVG}$	Float	V	-	R
Max. Average Current	▲ I_{AVG}	▲ I_{AVG}	Float	A	-	R
Max. Total Apparent Power	▲ Total VA	▲ Total VA	Float	VA	-	R
Max. Total Active Power	▲ Total W	▲ Total W	Float	W	-	R
Max. Total Reactive Power	▲ Total var	▲ Total var	Float	var	-	R
Maximum Total Power Factor	▲ Total PF	▲ Total PF	Float		-	R
Minimum Voltage V_{a-n}	▼ V_{L1-N}	▼ V_{a-n}	Float	V	-	R

Name	Abb. EN + IEC	Abb. EN + NAFTA	Format	Unit	Value range	Access
Minimum Voltage V_{b-n}	▼ V_{L2-N}	▼ V_{b-n}	Float	V	-	R
Minimum Voltage V_{c-n}	▼ V_{L3-N}	▼ V_{c-n}	Float	V	-	R
Min. Voltage U_{L1-L2}	▼ V_{L1-L2}	▼ V_{a-b}	Float	V	-	R
Min. Voltage U_{L2-L3}	▼ V_{L2-L3}	▼ V_{b-c}	Float	V	-	R
Min. Voltage U_{L3-L1}	▼ V_{L3-L1}	▼ V_{c-a}	Float	V	-	R
Minimum Current a	▼ I_{L1}	▼ I_a	Float	A	-	R
Minimum Current b	▼ I_{L2}	▼ I_b	Float	A	-	R
Minimum Current c	▼ I_{L3}	▼ I_c	Float	A	-	R
Minimum Apparent Power a	▼ VA_{L1}	▼ VA_a	Float	VA	-	R
Minimum Apparent Power b	▼ VA_{L2}	▼ VA_b	Float	VA	-	R
Minimum Apparent Power c	▼ VA_{L3}	▼ VA_c	Float	VA	-	R
Minimum Active Power a	± W_{L1}	▼ ± W_a	Float	W	-	R
Minimum Active Power b	± W_{L2}	▼ ± W_b	Float	W	-	R
Minimum Active Power c	± W_{L3}	▼ ± W_c	Float	W	-	R
Minimum Reactive Power a	▼ ± var_{L1}	▼ ± var_a	Float	var	-	R
Minimum Reactive Power b	▼ ± var_{L2}	▼ ± var_b	Float	var	-	R
Minimum Reactive Power c	▼ ± var_{L3}	▼ ± var_c	Float	var	-	R
Minimum Power Factor a	▼ $ PF_{L1} $	▼ $ PF_a $	Float	-	0 ... 1	R
Minimum Power Factor b	▼ $ PF_{L2} $	▼ $ PF_b $	Float	-	0 ... 1	R
Minimum Power Factor c	▼ $ PF_{L3} $	▼ $ PF_c $	Float	-	0 ... 1	R
Min. Frequency	▼ f	▼ f	Float	Hz	45 ... 65	R
Min. Average Voltage V_{ph-n}	▼ $V_{L-N MW}$	▼ $V_{ph-n AVG}$	Float	V	-	R
Min. Average Voltage V_{ph-ph}	▼ $V_{L-L MW}$	▼ $V_{ph-ph AVG}$	Float	V	-	R
Min. Average Current	▼ I_{AVG}	▼ I_{AVG}	Float	A	-	R
Min. Total Apparent Power	▼ Total VA	▼ Total VA	Float	VA	-	R
Min. Total Active Power	▼ Total W	▼ Total W	Float	W	-	R
Min. Total Reactive Power	▼ Total var	▼ Total var	Float	var	-	R
Minimum Total Power Factor	▼ Total PF	▼ Total PF	Float	var	-	R
Limit Violations	-	-	Unsigned long	-	Byte 3 Bit 0 Limit 0	R
Device Diagnostics and Device Status	-	-	Unsigned long	-	Byte 0 System status	R
Status of the Digital Outputs	-	-	Unsigned long	-	Byte 3 Bit 0 Output 0	R
Status of the Digital Inputs	-	-	Unsigned long	-	Byte 3 Bit 0 Input 0	R
Active Tariff	-	-	Unsigned long	-	-	R
Working Hours Counter	-	-	Unsigned long	s-	0 ... 999999999	RW
Universal Counter	-	-	Unsigned long	-	0 ... 999999999	RW

Name	Abb. EN + IEC	Abb. EN + NAFTA	Format	Unit	Value range	Access
Relevant Parameter Changes Counter	-	-	Unsigned long	-	-	R
Counter All Parameter Changes	-	-	Unsigned long	-	-	R
Counter Limit Violations	-	-	-	-	-	R
Demand Active Power - Import	-	-	Float	W	-	R
Demand Reactive Power - Import	-	-	Float	var	-	R
Demand Active Power - Export	-	-	Float	W	-	R
Demand Reactive Power - Export	-	-	Float	var	-	R
Maximum Active Power Reading during the period	-	-	Float	W	-	R
Minimum Active Power Reading during the period	-	-	Float	W	-	R
Maximum Reactive Power Reading during the period	-	-	Float	var	-	R
Minimum Reactive Power Reading during the period	-	-	Float	var	-	R
Demand Period	-	-	Unsigned long	s	-	R
Time Since Start of the active demand period	-	-	Unsigned long	s	-	R
Active Energy Import Tariff 1	-	-	Double	Wh	Overflow 1.0e+12	RW
Active Energy Import Tariff 2	-	-	Double	Wh	Overflow 1.0e+12	RW
Active Energy Export Tariff 1	-	-	Double	Wh	Overflow 1.0e+12	RW
Active Energy Export Tariff 2	-	-	Double	Wh	Overflow 1.0e+12	RW
Reactive Energy Import Tariff 1	-	-	Double	varh	Overflow 1.0e+12	RW
Reactive Energy Import Tariff 2	-	-	Double	varh	Overflow 1.0e+12	RW
Reactive Energy Export Tariff 1	-	-	Double	varh	Overflow 1.0e+12	RW
Reactive Energy Export Tariff 2	-	-	Double	varh	Overflow 1.0e+12	RW
Apparent Energy Tariff 1	-	-	Double	VAh	Overflow 1.0e+12	RW
Apparent Energy Tariff 2	-	-	Double	VAh	Overflow 1.0e+12	RW

Abbrev.: Abbreviation

R Read; read access

W Write; write access

RW Read Write; read and write access

ANEXO B

Lista de códigos de índice de protección IP

First number (Protection against solid objects)	Definition	Second number (Protection against liquids)	Definition
0	No protection	0	No protection
1	Protected against solids objects over 50mm (e.g. accidental touch by hands)	1	Protected against vertically falling drops of water
2	Protected against solids objects over 12mm (e.g. fingers)	2	Protected against direct sprays up to 15° from the vertical
3	Protected against solids objects over 2.5mm (e.g. tools and wires)	3	Protected against direct sprays up to 60° from the vertical
4	Protected against solids objects over 1mm (e.g. tools, wires and small wires)	4	Protected against sprays from all directions - limited ingress permitted
5	Protected against dust - limited ingress (no harmful deposit)	5	Protected against low pressure jets if water from all directions - limited ingress permitted
6	Totally protected against dust	6	Protected against strong jets of water e.g. for use on shipdecks - limited ingress permitted
		7	Protected against the effects of temporary immersion between 15cm and 1m. Duration of test 30 minutes
		8	Protected against long periods of immersion under pressure

ANEXO C

Hoja de características de medidor SENTRON PAC3200

Entadas de medida

Sólo para la conexión a sistemas de corriente alterna			
Frecuencia de la onda fundamental		50/60 Hz Ajuste automático	
Frecuencia de medición			
	Energía	permanente (Zero Blind Measuring)	
	Corriente, tensión	permanente	
		Actualización de los valores en pantalla, al menos 1 vez por segundo	
	Forma de onda	Senoidal o distorsionada	
Entrada tensión alterna			
	Modelo con fuente de alimentación multirango Tensión de fase U_{L-N} Tensión compuesta U_{L-L}	AC 3~ 400 V (+ 20 %), máx. 347 V para UL AC 3~ 690 V (+ 20 %), máx. 600 V para UL	
	Modelo con fuente de alimentación de muy baja tensión Tensión de fase U_{L-N} Tensión compuesta U_{L-L}	AC 3~ 289 V (+ 20 %) AC 3~ 500 V (+ 20 %)	
	Tensión de entrada mín. U_{L-N}	AC 3~ 40 V	
	Categoría de medida	(según IEC / UL 61010 Parte 1)	
		Tensión de entrada U_E	
		U_E hasta 230 V (U_{L-N})	CAT III
		U_E hasta 400 V (U_{L-L})	CAT III
		U_E hasta 289 V (U_{L-N})	CAT III
		U_E hasta 500 V (U_{L-L})	CAT III
		U_E hasta 400 V (U_{L-N}), máx. 347 V para UL (no para modelo con fuente de alimentación de muy baja tensión)	CAT III
		U_E hasta 690 V (U_{L-L}), máx. 600 V para UL (no para modelo con fuente de alimentación de muy baja tensión)	CAT III
		Tensiones superiores únicamente mediante transformador de tensión	
	Resistencia de entrada (L-N)	1,05 M Ω	
	Consumo de potencia por fase	220 mW	
Entrada corriente alterna			
Sólo para conexión a transformadores de corriente externos			
	Corriente de entrada I_E	AC 3~ x / 1 A (+ 20 %, máx. 300 V) ó AC 3~ x / 5 A (+ 20 %, máx. 300 V)	
	Sobrecarga de choque soportable	100 A durante 1 s	
	Consumo de potencia por fase	4 mVA a 1 A 115 mVA a 5 A	

Precisión de medida

		U _E hasta 400 V (UL-N), máx. 347 V para UL (no para modelo con fuente de alimentación de muy baja tensión)	CAT III
		U _E hasta 690 V (UL-L), máx. 600 V para UL (no para modelo con fuente de alimentación de muy baja tensión)	CAT III
		Tensiones superiores únicamente mediante transformador de tensión	
	Resistencia de entrada (L-N)	1,05 MΩ	
	Consumo de potencia por fase	220 mW	
Entrada corriente alterna			
Sólo para conexión a transformadores de corriente externos			
	Corriente de entrada I _E	AC 3~ x/ 1 A (+ 20 %, máx. 300 V) ó AC 3~ x/ 5 A (+ 20 %, máx. 300 V)	
	Sobrecarga de choque soportable	100 A durante 1 s	
	Consumo de potencia por fase	4 mVA a 1 A 115 mVA a 5 A	

En caso de medición a través de transformadores de corriente o tensión externos, la precisión de media depende de la calidad de dichos transformadores.

Entrada digital

Número	1 entrada	
Tensión de entrada		
	Valor nominal	24 V DC
	Tensión de entrada máx.	30 V DC
	Umbral de conexión señal "1"	DC > 11 V
Corriente de entrada		
	Para señal "1"	típ. 7 mA

Salida digital

Número	1 salida	
Tensión de alimentación externa		
	12 ... 24 V DC	
	Tensión máx. de salida conmutada	30 V DC
Corriente de salida		
	Para señal "1"	10 ... 27 mA
	Carga continua	máx. 100 mA
	Sobrecarga breve	máx. 300 mA durante 100 ms
	Carga resistiva	100 mA
	Para señal "0"	máx. 0,2 mA
Frecuencia de conmutación		
	17 Hz	
Protección contra cortocircuitos		
	Sí	

Alimentación

Fuente de alimentación multirango AC / DC

Rango nominal	95 ... 240 V AC (50 / 60 Hz) o 110 ... 340 V DC
Área de trabajo	± 10 % del rango nominal AC ± 10 % del rango nominal DC
Consumo	Típico 8 VA (con módulo de ampliación opcional).
Categoría de sobretensión	CAT III

Fuente DC de muy baja tensión

Rango nominal	24 V, 48 V y 60 V DC ó 22 ... 65 V DC
Área de trabajo	± 10 % del rango nominal DC
Consumo	Típico 8 VA (con módulo de ampliación opcional).
Categoría de sobretensión	CAT III

ANEXO D

Características de Blindo-barras LXA/LXC

		LXA/LXC	LDA/LDC
Rated operational voltage U_e	VAC	690	1000
Standard degree of protection		IP54	IP34 ¹⁾
Rated current I_e	A	800 – 6300	1100 – 5000
Permissible load (I_e) depending on			
Mounting position			
Horizontal edgewise	%	100	100
Horizontal, flat	%	100	59 – 68
Vertical	%	100	76 – 88
IP54 protection	%	100	64 – 82
Rated short-time withstand current I_{cw} (1 s)	kA	25 – 150	55 – 116
Conductor configurations			
L1, L2, L3, PE = Enclosure		K	–
L1, L2, L3, m PEN		–	K
L1, L2, L3, PEN		K	K
L1, L2, L3, N, PE = Enclosure		K	–
L1, L2, L3, m N, PE = Enclosure		–	K
L1, L2, L3, N, PE		K	K
L1, L2, L3, 2 N, PE = Enclosure		K	–
L1, L2, L3, 2 N, PE		K	–
L1, L2, L3, N, (PE) ²⁾ , PE = Enclosure		K	–
L1, L2, L3, 2 N, (PE) ²⁾ , PE = Enclosure		K	–
Dimensions width x height			
Al systems/1000 A and Cu systems/1250 A	mm x mm	145 x 137	180 x 180
Al systems/1250 A and Cu systems/1600 A	mm x mm	145 x 162	180 x 180
Al systems/1600 A and Cu systems/2000 A	mm x mm	145 x 207	180 x 180
Al systems/2500 A and Cu systems/3200 A	mm x mm	145 x 287	240 x 180
Al systems/3200 A and Cu systems/4000 A	mm x mm	145 x 439	240 x 180
Al systems/4000 A and Cu systems/5000 A	mm x mm	145 x 599	240 x 180
Fire load			
Tap-off unit without tap-off point	kWh/m	1.83 – 16.32	4.16 – 8.83
Per tap-off point	kWh/m	2.9	7.8 – 10.8

1) Taking current reduction into account also available with IP54 protection

2) (PE) = Additional insulated PE conductor (clean earth)

3) Voltage drop in millivolts per 1 m per ampere, 3-phase 50Hz, $\cos \phi = 0.9$, with a fully symmetrical load, concentrated load tap-off and supply from one end

4) Magnetic field values given in microtesla with a fully symmetrical load at a distance of 0.5 m from the busbar system (the measuring points are in the axis from direction 3 and direction 7 h see chapter Further Information under Magnetic Fields)

		LXA/LXC	LDA/LDC
Voltage drop³⁾			
Al systems/1250 A	mV/A/m	0.127	0.116
Al systems/2500 A	mV/A/m	0.051	0.068
Al systems/4000 A	mV/A/m	0.03	0.043
Cu systems/2000 A	mV/A/m	0.064	0.089
Cu systems/5000 A	mV/A/m	0.02	0.03
Magnetic fields⁴⁾			
Al systems/1600 A	mT	10.84	10.60
Al systems/2500 A	mT	20.54	9.00
Al systems/4000 A	mT	30.62	13.00
Cu systems/2000 A	mT	11.66	9.70
Cu systems/5000 A	mT	37.22	14.40
Max. fixing intervals			
Al systems	m	2 – 3	5 – 6
Cu systems	m	2 – 3	2 – 3
Tap-off units can be changed when system is live	A	80 – 630	80 – 1250
Maximum number of tap-offs with pluggable tap-off units over 3 m length when using tap-off units			
From 80 to 125	A	6	3
From 160 to 630	A	4	3
From 800 to 1250	A	0	2
Tap-off units with fuses	A	100 – 630	80 – 630
Rated conditional short-circuit current I_{cf}	kA	100 (80)	120
IEC standard		K	K
BS standard		K	–
NF standard		K	–
Tap-off units with circuit-breaker	A	80 – 1250	80 – 1250
Rated conditional short-circuit current I_{cc}			
For size 1 to 125 A	kA	65	100
For size 2, 3, 4 to 630 A	kA	65	100
For size 5 to 1250 A	kA	85 (100)	100
Manual operation		K	K
Remote operation		–	K

ANEXO E

Características de transformadores de corriente IMSd

Type	Class	I _{pn}	I _{sn}	FS safety coefficient										Rated operational current		Maximum permissible voltage U _m	Rated test voltage U _p	Weight (approx.)	
				Burden										short-time thermal I _{th}	peak I _{dyn}				
				5	7,5	10	15	20	30	45	60	90	120						kA
IMSD	0.2S	2500	5		10										62,5	156,5	0,72	3	1,8
		3000						5; 10								75			
	0.5S	1000	5		10										37,5	100			
		1600			5; 10										40	105			
		2000			5; 10	5; 10	5; 10	5; 10							50	125			
		2500			10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10						62,5	156,5			
		3000			5; 10	5; 10	5; 10	5; 10							75	187			
		4000						5; 10	5; 10	5; 10					100	250			
		5000						5; 10											
	0.2	1000	5		10										37,5	100			
		1200		10															
		1500	5 or 1	10	5; 10										40	105			
		1600		10	5; 10										50	125			
		2000		10	5; 10	5; 10	5; 10								62,5	156,5			
		2500		10	10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10						75	187			
		3000		10	10	10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10					100	250			
	4000	5				10	5; 10	5; 10	5; 10					100	250				
	5000						10	5; 10	5; 10	5; 10									
	0.5	500	5 or 1	10											30	75			
		600		10	10	5; 10									36	90			
		750		10	10	5; 10									37,5	100			
		800		10	10	5; 10													
		1000		10	5; 10	5; 10	5; 10												
		1200		10	5; 10	5; 10	5; 10												
		1500		10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10							40	105			
		1600		10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10					50	125			
		2000		10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10				62,5	156,5			
		2500		10	10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10				75	187			
		3000		10	10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10				100	250			
		4000		5				10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10			100			
5000						10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10									
1; 3	500	5 or 1	10											30	75				
	600		10	10	5; 10									36	90				
	750		10	10	5; 10									37,5	100				
	800		10	10	5; 10														
	1000		10	5; 10	5; 10	5; 10													
	1200		10	5; 10	5; 10	5; 10													
	1500		10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10						40	105				
	1600		10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10					50	125				
	2000		10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10				62,5	156,5				
	2500		10	10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10				75	187				
	3000		10	10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10				100	250				
	4000		5				10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10			100	250			
5000						10	5; 10	5; 10	5; 10	5; 10									

* It is possible to order transformers of other parameters after prior arrangement with the manufacturer

ANEXO F

Características de Switch Ethernet



Benefits

- Industrial operating temperature range (0°C to +60°C)
- IGMP Snooping & Query Functionality
- RapidRing™ Redundant Ring Technology (recovery time less than 300 ms)
- Virtual LAN support (Port VLAN and 802.1Q)
- Quality of Service (QoS) support (802.1p, DiffServ, TOS, Port-based, MAC-based)
- Port Mirroring
- Rate Limiting (broadcast storm control)
- Configurable via a web browser or terminal emulation
- Trunking for high-speed backbone and redundancy (less than 10 ms recovery)
- Port Security
- Programmable fault relay
- Managed via the SNMP protocol
- Field-upgradable firmware
- Auto-crossover (Auto-MDIX) on twisted-pair ports
- 10BASE-T/100BASE-TX compliant
- Choice of auto-negotiated or static data rate, duplex and flow control
- Wide-range, low-voltage AC or DC powered
- Provision for redundant power connections
- LEDs for link/activity, data rate, power and status
- Easy panel or DIN-rail installation
- Industrial environment EMC compatible
- CE Mark
- UL 508 Listed
- C-UL Listed, CSA C22.2 No. 14-M91, Industrial Control Equipment

SPECIFICATIONS

Electrical	DC	AC
Input voltage	10–36 Volts	8–24 Volts
Input power (max)	6 W (copper) 10 W (fiber)	6 VA (copper) 10 VA (fiber)
Input frequency	N/A	47–63 Hz
Fault relay contact	24V AC or DC, 500 ma	
Environmental		
Operating temperature	0°C to +60°C	
Storage temperature	–40°C to +85°C	
Relative humidity	10–95% non-condensing	
Protection	IP30	
Functional		
LED indicators	POWER—green DATA RATE: yellow = 10 Mbps and green = 100 Mbps ACTIVITY—flashing	
Flow control ¹	Half-Duplex—backpressure Full-Duplex—IEEE 802.3x PAUSE scheme	
Aging	Factory default (300 sec.) Configurable (1 sec. to 12.1 days)	
Transceiver	Twisted Pair	Fiber Optics
Signaling	10BASE-T/100BASE-TX	100BASE-FX (1300 nm)
Number of ports	8 or 6	0, 1 or 2
Data rate	10/100 Mbps	100 Mbps ²
Port connectors	Shielded RJ-45	SC or ST
Segment length	100 m (max)	2 km (max) ³
Approvals	CE Mark, UL 508 Listed, C-UL Listed, CSA C22.2 No. 14-M91 Industrial Control Equipment	

¹Data rates, duplex and 802.3x flow control are auto-negotiated on twisted-pair ports.

²100/full-duplex (no auto-negotiation) on fiber ports

³Full-duplex mode only

MDI-X ¹³ 10BASE-T/100BASE-TX	
RJ-45	Usage
1	TD+
2	TD-
3	RD+
4	Not Used
5	Not Used
6	RD-
7	Not Used
8	Not Used

⁴ This product implements the crossover function internally allowing straight-through cables to connect to network interface modules.

Console Port—EIA 232C ⁵	
Male D-Sub	Usage
1	Not Used
2	RX
3	TX
4	Not Used
5	Gnd
6	Not Used
7	Not Used
8	Not Used
9	Not Used

⁵ Console is port wired as a DTE and therefore requires a null modem cable to a terminal or terminal emulation workstation.

Electromagnetic Compatibility			
Standard	Test Method	Description	Test Levels
EN 55024	EN 61000-4-2	Electrostatic Discharge	6 kV Contact
EN 55024	EN 61000-4-3	Radiated Immunity	10 Vm 80 MHz to 1 GHz
EN 55024	EN 61000-4-4	Fast Transient Burst	1 kV Clamp & 2 kV Direct
EN 55024	EN 61000-4-5	Voltage Surge	1 kV L to L & 2 kV L to Earth
EN 55024	EN 61000-4-6	Conducted Immunity	10 Volts (rms)
EN 55024	EN 61000-4-11	Voltage Dips & Interruptions	1 Line Cycle @ 100 Dip 1 to 5 Seconds @ 100% Dip
EN 55022	CISPR 22	Radiated Emissions	Class B
EN 55022	CISPR 22	Conducted Emissions	Class B
CFR 47: 15	ANSI C63.4	Radiated Emissions	Class A

Ordering Information	
Model	Description
EICP8M-100T	Eight-port 10BASE-T/100BASE-TX compact managed switching hub
EICP8M-100T/FC	Six-port 10BASE-T/100BASE-TX/two-port 100BASE-FX (multimode) compact managed switching hub w/ SC connectors
EICP8M-100T/FT	Six-port 10BASE-T/100BASE-TX/two-port 100BASE-FX (multimode) compact managed switching hub w/ ST connectors
EICP8M-100T/FCS	Six-port 10BASE-T/100BASE-TX/two-port 100BASE-FX (single-mode) compact managed switching hub w/SC connectors

Accessories	
Model	Description
AI-XFMR	Wall-mount plug-in transformer 120V AC (nom) input/24V AC (nom) output
AI-XFMR-E	Wall-mount plug-in transformer 230V AC (nom) input/24V AC (nom) output

ANEXO G

Características de Wireless Access Point

WiFi Access Point, 2-port Ethernet Bridge & WDS repeater for industrial automation



Top "C-Key" for
quick configuration
Save & Restore

- WiFi IEEE 802.11 a/b/g/h & super AG, up to 108 Mbps
- Security : WEP, WPA-PSK, WPA2-PSK & IEEE 802.1x RADIUS
- Web based configuration, SNMP administration
- Auto-sensing 10/100 Base TX network interface
- Dual DC power supply input (+9VDC to +36VDC), POE IEEE 802.3af for /NP
- Shockproof & vibration proof IP30 metal enclosure, DIN rail or panel mounting

TECHNICAL CHARACTERISTICS OVERVIEW

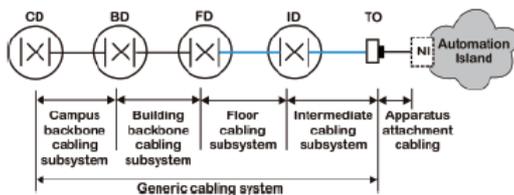
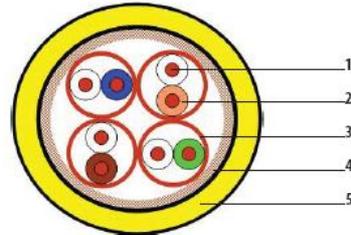
Ethernet link	2-port Ethernet 10/100 auto-sensing; RJ45 connectors; plug & play mode & auto MDI/MDIX cross-over
WiFi network	Compliant to the IEEE 802.11a/b/g/h 2.4 / 5 / 5.4 GHz standards, multi-country Roaming support (IEEE 802.11d); Dynamic Frequency Selection (DFS) support provides flexible selection of best frequency to allow mobility among all existing IEEE 802.11a/b/g/h networks; "ClearVoice" band provides non-overlapping channels for fast-speed data transmission; Transmission Power Control (TPC) offers flexibility to adjust RF output power, based on the Atheros AR5414 (AR5006XS) chip set
Radio data rate	Up to 108 Mbps (Super AG mode), TCP user data rate up to 44 Mbps
Channels	13 channels (b/g modes), 8 channels (a mode), 11 channels (h mode) Number of channels may vary depending on local laws.
Output power	Transmitter +20 dBm (Optional 26 dBm)
Sensitivity	Receiver -92 dBm for IEEE 802.11 a/g and -95 dBm for IEEE 802.11b
Antenna	One 2dBi 2.4 / 5 GHz antenna (RP-SMA connector) + one RP-SMA connector for an additional antenna (diversity mode)
Modulation	OFDM: BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK
Security	64/128 bits WEP, WPA-PSK, WPA2-PSK, IEEE 802.1x (RADIUS supplicant & authenticator), MAC addresses filtering, SSID broadcast control
Modes	Access point to build a WiFi network infrastructure, Bridge to connect any Ethernet equipments to this network and MODBUS/TCP wireless gateway, repeater (WDS), infrastructure, AD-HOC, bridge router & rapid roaming (less than 50 ms) modes are supported
Administration	Built-in WEB interface; SNMP V2c agent; ACKSYS NDM (Networking Device Manager). ACKSYS unique "C-Key" allows for quick and easy on-site replacement of the WLg-IDA unit, eliminating the need to reconfigure the replacement part or to use any other equipment (optional)
Operating systems	Windows, Linux, UNIX as well as any operating system supporting TCP/IP
Protocols	Ethernet TCP/IP & UDP, MODBUS/TCP, Ethernet/IP, PROFINET ...
Signalling	Led display for power supplies, LAN on each port & WLAN activity, radio receive level
Alarms	Relay output warning: power failure, LAN or WLAN connection failure, Watchdog. 1 FORM B solid state relay, 60V 0.15A, contacts on removable clamp cage terminal
Power supply	Dual input, +9 to +36VDC, removable clamp cage terminal, POE IEEE 802.3af for the /NP model
Consumption	4.5 Watts typical
Dimensions & weight	Shockproof & vibration proof metal enclosure (L: 110 x W: 150 x H: 120 mm), 570 g
Standards	MIL-STD-810F, 514.5 & 516.5 methods (shocks & vibrations) EN 301489-17 & EN 61000-6-2 (EMC)
Environment	Operating temperature: -20°C to +70°C (-4°F to 158°F), storage: -65°C to +100°C (-85°F to 212°F), Humidity: 5% to 95% (non-condensing), IP 30 seal rating

ANEXO H

Características de cable STP

MegaLine® F10-130 S/F Vö

Installation cable Cat. 7, FRNC with reinforced outer sheath,
1300 MHz, 4x2xAWG 22/1 pimf



Structure:

- 1 Conductor: bare Cu wire, AWG 22/1
- 2 Insulation: cell PE, wire Ø: nominal value 1.6 mm
Stranding element: pair
- 3 Individual shield: aluminium-clad polyester film,
metal side on outside (pimf)
Stranding: 4 pairs
- 4 Overall shield: tinned copper braid
- 5 Outer sheath: halogen-free, flame-retardant compound

Product description

- Installation cable for industrial premises and plants
- Reinforced outer sheath FRNC
- Halogen-free according to IEC 61034
- Flame-retardant according to IEC 60332-3-24
- Oil-resistant according to ICEA 5-82-552 (60 °C)
- Sheath colour: yellow (RAL 1021)
- Performance exceeds Cat. 7
- Field of application: IEEE 802.3; 10BASE-T; 100BASE-T;
1000BASE-T, 10GBASE-T
- Delivered on disposable 1000 m reel
- Weight: 84 kg

Order no	Designation of article
7KS70089	MegaLine® F10-130 S/F Vö

ANEXO H

Características de conector RJ45

VS-08-RJ45-5-Q/IP20

Order No.: 1656725



<http://eshop.phoenixcontact.de/phoenix/treeViewClick.do?UID=1656725>

RJ45 connector, IP20, CAT5e, 8-pos., with QUICKON fast connection technology, for 1-wire and 7-wire conductors AWG 26 ... 22, for cable diameter of 4.5 mm ... 8.0 mm, TIA 568 B labeling, color: gray

Ethernet

Commercial data

GTIN (EAN)	4046356030045
sales group	D512
Pack	1 pcs.
Customs tariff	85366990
Weight/Piece	0.01226 KG
Catalog page information	Page 192 (PC-2009)

Product notes

WEEE/RoHS-compliant
since: 01/01/2003



<http://www.download.phoenixcontact.com>
Please note that the data given here has been taken from the online catalog. For comprehensive information and data, please refer to the user documentation. The General Terms and Conditions of Use apply to Internet downloads.

Technical data

Mechanical characteristics

Number of positions	8
Connection profile	RJ45
Insertion/withdrawal cycles	≥ 1000
Type of connection	IDC fast connection
Conductor cross-section	0.13 mm ² ... 0.32 mm ² (solid) 0.14 mm ² ... 0.36 mm ² (7-wire)
Connection cross-section AWG	26 ... 22 (solid) 26 ... 22 (7-wire)
External cable diameter	4.5 mm ... 8 mm
Cable exit	Straight
Color	Military gray RAL 7042
Ambient temperature (operation)	-20 °C ... 70 °C

Material data

Inflammability class acc. to UL 94	V0
Housing material	PA
Contact carrier material	PC
Contact material	Copper alloy
Contact surface material	Gold over nickel
Degree of protection	IP20

Electrical characteristics

Number of positions	8
Transmission characteristics (category)	CAT5 (IEC 11801:2002), CAT5e (TIA 568B:2001)
Rated current	1.75 A
Surge voltage category	I
Pollution degree	1

Certificates / Approvals



Certification

CUL Listed, GL, UL Listed

Accessories

Item	Designation	Description
------	-------------	-------------

Marking

1658202	VS-08-RJ45-Q-COD-BK	Coding rings, for color coding of the RJ45 QUICKON plug connector, consisting of 10 color rings, color: Black
---------	---------------------	---