

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica

**Red LAN para supervisión remota y mantenimiento
preventivo en la planta de producción**

**Informe de Proyecto de Graduación para optar al título de Ingeniero en
Electrónica con el grado académico de Licenciatura/Bachillerato**

Carlos MI. Hernández Gutiérrez 9929664

Cartago, 6 de abril de 2006

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

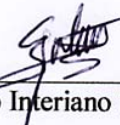
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

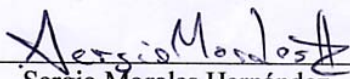
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.


Miembros del Tribunal


Eduardo Interiano Salguero

Profesor lector


Sergio Morales Hernández

Profesor lector


Faustino Montes de Oca

Profesor asesor



Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, 20 de abril de 2006

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente en el informe final.

Cartago, 6 de Abril 2006



Carlos Manuel Hernández Gutiérrez

Céd: 1-1031-0474

Resumen del Proyecto

El propósito del presente proyecto consiste en mejorar la eficiencia del servicio de mantenimiento en la planta de los Laboratorios Stein. Esto permitirá no solo un ahorro considerable de recursos para la empresa, sino asegurará una mejor calidad de producción.

Existe un incremento en el uso de instrumentación con capacidad para entregar información bajo condiciones de tiempo real empleando, en los últimos 15 años, sensores ultrasónicos e infrarrojos entre otros. Usualmente, el equipo de mantenimiento de una empresa lleva los medidores y/o sensores al lugar de la medición para luego descargar los datos en el sistema de mantenimiento. Estos dispositivos de medición han sido instalados dentro de las mismas máquinas y los datos son enviados a través de la red al servidor dedicado a la recolección y manejo de los mismos. Los dispositivos cuentan con aplicaciones que tienen capacidad de alertar al personal de mantenimiento y operación acerca de variaciones en el funcionamiento, las cuales pueden bajar la producción y/o la calidad del producto. Este tipo de tecnologías y capacidades que predicen tanto a nivel de *software*, como de *hardware* le han dado valor agregado a los procesos de mantenimiento permitiendo que se ahorre mucho dinero a las empresas.

Se diseñó una red escalable de PLC capaz de llegar a abarcar todas las máquinas críticas de la planta, al mismo tiempo se programó una aplicación encargada de la toma de datos en tiempo real y de decisiones con base en éstos. El programa indica cuando las máquinas están por llegar a puntos críticos y deben recibir mantenimiento. El programa contiene alarmas que indican cuando las máquinas llegan a sus valores críticos, además, envían un correo electrónico al encargado de la misma. Los datos obtenidos serán guardados en una base de datos de Oracle, para análisis posteriores.

Palabras Claves: Monitoreo Remoto, PLC, Ethernet Industrial, SCADA

Abstract

The last 15 year have yielded an increase in the use of measurement instruments with real-time data delivery capabilities. Examples of these are ultrasonic sensors, infrared sensors etc. Usually the equipment used in a company needs that the sensors and/or measuring tools be taken to the machine itself to take the data and then later download it into the maintenance system. These new devices are embedded and installed directly into the machines themselves and the data is sent through a dedicated industrial Ethernet network with a server in charge of collecting and handling said data. These devices are attached to applications capable of alerting the maintenance personnel about every small variation in the machine, which could have an impact on the production and/or quality of the final product. These types technologies and predictive capabilities on the *software* level as well as the *hardware* level, give an added value to maintenance processes because it allows the companies to save a substantial amount of money.

The purpose of this project consists of improving the efficiency of the maintenance service in the plant of the Stein Laboratories. This will allow not only a considerable saving of resources for the company, but it will also assure a better production quality.

A scalable network of PLC was designed capable of reaching all the machines in the plant. An application in charge of measuring data in real time and making decisions based on the data was programmed. The program indicates when the machines are about to arrive at critical points and require maintenance. The program contains alarms that indicate when the machines arrive at their critical values, aside from sending an e-mail to the person in charge of that specific machine. The data will be stored in a data base from Oracle, for later analysis.

Keywords: Remote Monitoring, Industrial Ethernet, PLC, SCADA

Dedicatoria

A mi abuelo Carlos José Gutiérrez una de las más inteligentes, cultas y bondadosas personas que he conocido. Lamentablemente no pudo estar para ver este momento, sin embargo siempre me acompañó en espíritu. Te extraño mucho y espero hacerte sentir orgulloso.

A mi tío Jairo Hernández por su bondad, entusiasmo y espíritu. Murió antes de tiempo, pero siempre te recuerdo.

A mi familia, mis padres Rubén y Laura y mi hermano José María por su apoyo constante, su amor incondicional, su dedicación continúa y su paciencia infinita hacia este individuo tan peculiar.

Finalmente a mi abuela Flora por impulsarme a siempre ir hacia adelante y seguir mis sueños, sin importar que tan locos sean.

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría agradecer a todos mis compañeros de Laboratorios Stein cuyo apoyo permitió llevar a cabo este proyecto. A Freddy Picado y Jorge Campos por su ayuda tan valiosa en la obtención de materiales y por todos sus consejos y sobre todo su amistad. Al Ing Wagner Sibaja por la orientación y apoyo brindado como jefe del departamento al inicio del proyecto. A Edgar Chinchilla y Laura Espinoza por su disponibilidad y apoyo en las partes finales del proyecto. A todos los mecánicos del departamento Juan Carlos, Marden, Sergio, Olger, Carlos y Hermes por su ayuda en comprender el funcionamiento de las máquinas. A Don Isaac Wasserstein por proponer el proyecto y darle su respaldo. Finalmente agradecimiento especial Geovanny Vega por toda la ayuda brindada a lo largo del proyecto, sin su ayuda, conocimiento y amistad no se habría podido completar.

A Amanda, mi hermanita (no pongo prima porque la verdad no te veo así) gracias por ser siempre tan especial conmigo te quiero montones.

A Manfred Sauter por su amistad, su apoyo y sobretodo por sus sabios consejos en los momentos más difíciles.

A mis amigos José Antonio Castro y Alexis González por su amistad a través de estos años y en los primeros años de la carrera. Lastima, par de boludos que no se quedaron hasta el final con nosotros. Me alegro que hayan encontrado lo que realmente les gusta. A Nicohl Kikut por ser tan hermosa persona, por su apoyo y por ser tan especial. A Sergio Sciuto grazie di tutto, grazie per l casini per lasciarmi stare sempre a casa tua e per la tua amicizia (Forza Lazio!).

A Adrián Bonilla, Diego Borràs, Viviana Artavia, Ariel Sánchez y Gillbert Segura por compartir estudiadas (casi siempre donde Vivi, gracias a tu mamá por los almuerzos), palmadas(SIEMPRE donde Vivi aún después de un concierto de los Red Hot), trabajos (Adrián siempre de alguna terminaba como saludo conmigo, hasta que llego Gillbert y lo salvó), exámenes(Ariel es el único que sabe cuando retirarse y no continuar haciendo el ridículo como los demás que no aceptábamos cuando no habíamos estudiado suficiente), fiestas(tranquilos mis labios están sellados), tomadas de birra (Gillbert este departamento te pertenece!! Aunque los demás no son santos...Diego?), sufridas (¿quien no?), colerones con profesores, en fin todo lo que conlleva haber estudiado en nuestra escuela, pero sobretodo por su amistad. Me alegra haberlos conocido a todos.

Finalmente Marcelo Carvajal por ser el cómplice principal a través de todo esto. Por todas las veces que trabajamos juntos (constantemente), discutimos (ocasionalmente), que me salvó (una que otra), que lo embarque (jamás!). Por las estudiadas, planes (realizados y no), discusiones, salidas etc. Pero sobretodo por ser un gran amigo siempre.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA EXISTENTE E IMPORTANCIA DE SU SOLUCIÓN.....	1
1.2 SOLUCIÓN SELECCIONADA	2
CAPÍTULO 2: META Y OBJETIVOS.....	6
2.1 META	6
2.2 OBJETIVO GENERAL.....	6
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO	7
3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO A MEJORAR	7
3.2 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	7
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PRINCIPIOS FÍSICOS, DE SOFTWARE Y/O ELECTRÓNICOS RELACIONADOS CON LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	8
CAPÍTULO 4: PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	14
4.1 RECONOCIMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	14
4.2 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	14
4.3 EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS Y SÍNTESIS DE LA SOLUCIÓN	14
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	14
4.5 REEVALUACIÓN Y REDISEÑO.....	15
CAPÍTULO 5: DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN	16
5.1 ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y SELECCIÓN FINAL.....	16
5.2 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE.....	17
5.2.1 Módulo de Tableteras	18
5.2.2 Módulo de Compresores.....	21
5.2.3 Módulo de Blisteras	24
5.3 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE	26
5.3.1 Software PLC.....	26
5.3.2 Software PC.....	29
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
3.1 RESULTADOS.....	43
3.2 ANÁLISIS.....	49
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
7.1 CONCLUSIONES	53
7.2 RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54
APÉNDICES.....	56
A.1 GLOSARIO, ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	56
A.2 MANUAL DE USUARIO	58
A.2.1 Inicio y pantalla principal	58
A.2.2 Configuración.....	58
A.2.3 Tableteras.....	59
A.2.4 Compresores.....	61
A.2.5 Blisteras.....	62
A.2.6 Alarmas	63
A.3 INFORMACIÓN SOBRE LA EMPRESA.....	63
A.3.1 Descripción de la empresa	63
A.3.2 Descripción del departamento o sección en la que se realizó el proyecto	63
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO	3
FIGURA 1.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA SOLUCIÓN	5
FIGURA 3.1 MODELO DE CAPAS DE ETHERNET	10
FIGURA 3.2 MODELO DE CAPA 7 PARA MODBUS-TCP	11
FIGURA 3.3 TRAMA TCP DE MODBUS	12
FIGURA 5.1 CLIT PRESS-II GMP SQUARE	18
FIGURA 5.2 MÓDULO DE TABLETERAS	19
FIGURA 5.3 SENSOR CAPACITIVO.....	20
FIGURA 5.4 MÓDULO DE COMPRESORES.....	22
FIGURA 5.5 CIRCUITO INTERNO DE SENSOR DE PRESIÓN.....	24
FIGURA 5.6. MÓDULO <i>BLISTERAS</i>	25
FIGURA 5.7. <i>BLISTERA</i> EN FUNCIONAMIENTO	25
FIGURA 5.8 PANTALLA PRINCIPAL.....	30
FIGURA 5.9 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN	31
FIGURA 5.10 PANTALLA DE TABLETERAS GENERAL	32
FIGURA 5.11 PANTALLA DE INGERSOLL RAND.....	33
FIGURA 5.12 PANTALLA COMPRESOR QUINCY.....	34
FIGURA 5.13 PANTALLA DE BLISTERAS.....	35
FIGURA 5.14 PANTALLA DE ALARMAS EN MODO EN LÍNEA.....	36
FIGURA 5.15 PANTALLA DE ALARMAS EN MODO EN LÍNEA.....	37
FIGURA 5.18 ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN POR INTRANET	42
FIGURA 6.4 TABLA DE HISTÓRICO DE ALARMAS.....	44
FIGURA 6.5 TABLA DE HISTÓRICOS DE SEGURIDAD	45
FIGURA 6.6 MENSAJE DE ADVERTENCIA DE CLAVE INVÁLIDA	45
FIGURA 6.7 MENSAJE DE SEGURIDAD DE CLAVE BLOQUEADA AUTOMÁTICAMENTE	46
FIGURA 6.8 CORREOS DE ALARMAS	46
FIGURA 6.11 SERVIDOR TCP/IP	48
FIGURA 6.12 APLICACIÓN EN INTERNET	48
FIGURA 6.13 PANTALLA COMPRESOR QUINCY EN INTRANET.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 5.1 PROTOCOLOS DE ETHERNET INDUSTRIALES PRINCIPALES	17
TABLA 5.2 COMPOSICIÓN, RANGO DE TEMPERATURAS, DIÁMETROS DE ALAMBRE APROPIADO Y FUERZAS ELECTROMOTRICES (FEM) CORRESPONDIENTES A DISTINTAS TERMOCUPLAS.	23
TABLA 5.3 MAPA DE ENTRADAS Y SALIDAS PARA PLC TABLETERAS	27
TABLA 5.4 CONFIGURACIÓN DE ENVIÓ DE CORREOS ELECTRÓNICOS.....	37

Capítulo 1: Introducción

1.1 Problema existente e importancia de su solución

Los Laboratorios Stein manufacturan gran variedad de medicamentos para el mercado nacional. La producción consta de pastillas, cápsulas, líquidos y cremas, entre otros. Las máquinas que intervienen en el proceso de fabricación son indispensables para el mismo. Éstas se deben mantener en óptimo estado para poder asegurar una producción ininterrumpida.

Cuando una máquina deja de funcionar por alguna razón, el departamento de mantenimiento es el encargado de atenderla y ponerla a trabajar nuevamente. Sin embargo, la razón por la cual la máquina no es operacional, no siempre se relaciona con buen mantenimiento o falta de él. En ocasiones, los encargados del departamento de calidad están realizando una prueba con la misma o a veces, el desperfecto es de operación. Este último caso puede darse por algún cambio realizado dentro del departamento de producción. Las pérdidas ocasionadas por el desuso temporal de estas máquinas, son cargadas en su totalidad al departamento de mantenimiento. Se vuelve necesario por lo tanto, mejorar el proceso de reparación, para tener un mayor control de qué realmente está influyendo en la pérdida. Además, se quiere que el proceso de reparación sea más rápido y eficiente para disminuir estos tiempos muertos de las máquinas. El diagrama de flujo de este procesamiento de mantenimiento se puede observar en la figura 1.1.

Existen varias máquinas que forman parte del proceso de manufactura y están sujetas a mantenimiento como las siguientes: las tableteras, que son las encargadas de comprimir el polvo para hacer las pastillas, éstas necesitan de aire para funcionar, el cual es proporcionado por dos compresores localizados en la parte trasera de la planta. Se debe asegurar cuánto es el consumo de tensión y corriente de los mismos.

Las máquinas empacadoras se encargan de empacar las pastillas y/o cápsulas. Una vez que las pastillas son selladas dentro del empaque, van al cortador, el cual separa los *blisters*. Luego pasan por un sensor para comprobar que el *blister* no venga vacío, es decir, que realmente se haya logrado introducir una pastilla o cápsula dentro. Si encuentra que está vacío, es descartado automáticamente. Finalmente, los que pasan la prueba son enviados a la banda transportadora para ser empacados en las cajas.

La posibilidad de contar con un tipo de monitoreo permite aumentar los tiempos de producción de la empresa, tener un mejor control sobre el funcionamiento de las máquinas y optimizar su mantenimiento. Los llamados tiempos muertos de las mismas causan pérdidas en la producción de la empresa. Reducir estas pérdidas monetarias es una de las principales prioridades para la compañía. Mejores tiempos muertos implican, más producción y por ende, más ganancias. Se logra así una reducción de costos y un incremento en la eficiencia de su ciclo productivo. Los principales beneficios serían:

- Reducción del desperdicio de la materia prima que se usa para la elaboración de productos.
- Mejoría de la calidad, evitando los costos de productos defectuosos y reducción de los márgenes de error.
- Incremento del volumen de producción.

1.2 Solución seleccionada

El presente proyecto es la primera etapa de uno mayor, concebido por la empresa a realizarse dentro de un período de aproximadamente dos años. Esta primera parte debe reunir los siguientes requisitos.

Se debe:

- implementar el programa que permita supervisar las variables de las máquinas.
 - permitir el encendido y apagado de las mismas.
 - poder realizar el monitoreo de forma remota, a través de intranet y/o internet.
 - hacer el mayor uso posible de los recursos ya presentes en la empresa.
 - escoger los PLC e interfaces para las tableteras y los compresores
- También:
- Dicho *software* debe tener diferentes niveles de acceso, como medida de seguridad.
 - La aplicación debe enviar la información a una base de datos Oracle, para que sea registrada.
 - La red debe quedar montada en su totalidad, para que en etapas posteriores solo sea necesario conectar las otras máquinas y comprar sus respectivas interfaces.
 - El programa supervisará los compresores de aire, las máquinas tableteras y las máquinas empacadoras.

- La parte de la aplicación para vigilar las otras máquinas se agregará en la siguiente etapa del proyecto.
- El programa asignará a cuál departamento le corresponde atender el problema.
- La aplicación generará alarmas automáticamente y enviará correos electrónicos a los encargados de darle mantenimiento a la máquina específica.

La solución consiste en colocar una computadora central, para almacenar los datos y distribuirlos a lo largo de las otras computadoras según lo pidan. Todas las máquinas de producción de la planta se conectarán a esta red para enviar las variables deseadas en tiempo real. El programa toma estos datos y los envía a la base de datos Oracle que ya se encuentra activa en la empresa. Además, toma los datos y los organiza en gráficos. A esta red se puede acceder desde la red de administración que ya existe en la empresa. La aplicación cuenta con diferentes niveles de acceso. Dependiendo del usuario solo se podrá supervisar algunos datos y también variará cuáles datos son los que cada usuario puede observar. Para niveles de acceso más alto, las tableteras y los compresores pueden ser puestos en marcha y/o apagados a discreción del usuario. También permite programarle alarmas de mantenimiento. La red es escalable para ser capaz de adaptarse a un crecimiento posterior. Al tratarse de un proyecto tan grande, en la primera etapa solo se anexarán los dos compresores, las seis tableteras y las dos blisteras a la red. El montaje físico del cableado será realizado por uno de los técnicos de la empresa. En la figura 2 se encuentra el diagrama de bloques de la solución propuesta.

La comunicación entre las máquinas y la red se realiza a través de PLC los cuales recolectan la información y las respectivas interfaces de la misma. De las diferentes máquinas que se conectaron, solo las empacadoras cuentan con PLC. Estas son las dos envasadoras de *blister*, ambas con el mismo tipo de PLC, el TS Micros, lo cual permite obtener de sus sensores internos, la velocidad del motor, las temperaturas de formado y sello y una cuenta de las pastillas que salen empacadas. Las máquinas tableteras son modelo Clit press-II GMP Square Model, se cuenta con 6 de ellas. En éstas se desea llevar un control de los niveles de tolva, un contador de la cantidad de pastillas que salen y un apagado de las mismas en caso de alarma

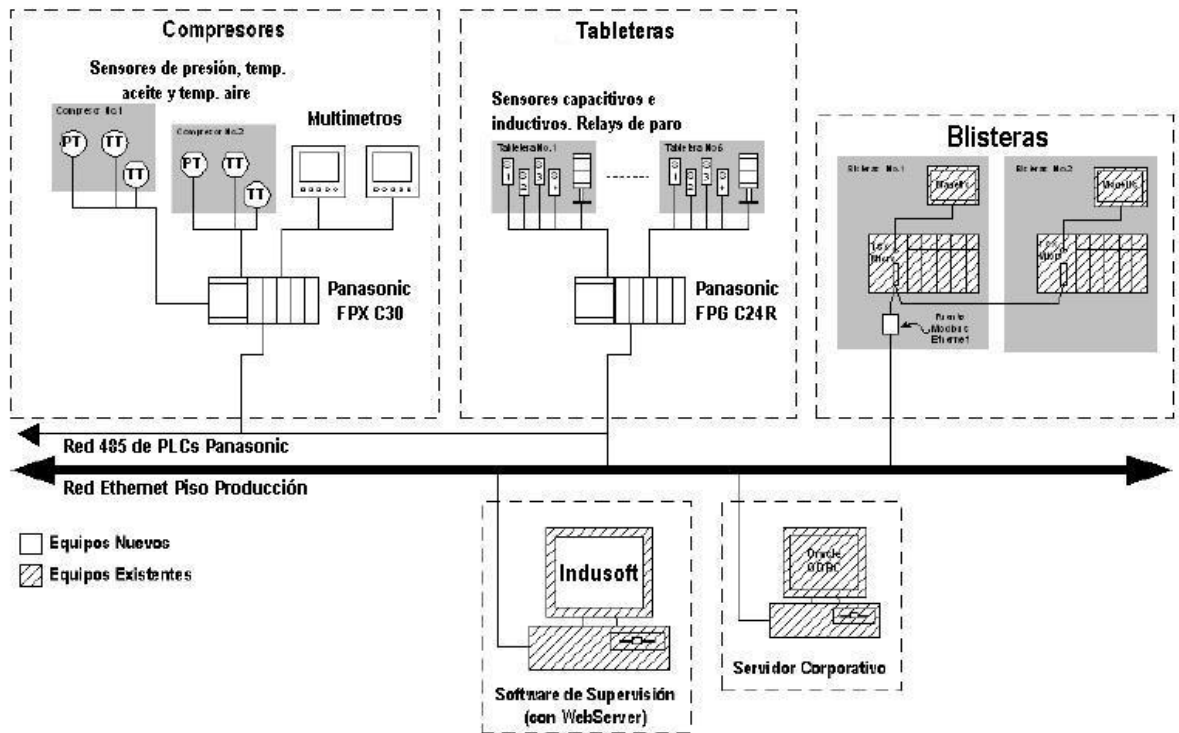


Figura 1.2. Diagrama de bloques de la solución

Existen dos compresores de diferentes marcas, en éstos se desea llevar un control de la temperatura del aceite y el aire de salida. También se quiere saber el tensión y la corriente de cada uno. Finalmente, hay que tener mediciones de la presión ejercida por cada uno y conocer la posibilidad de poder apagar y encender los compresores desde el programa.

Capítulo 2: Meta y objetivos

2.1 Meta

Perfeccionar el rendimiento del departamento de mantenimiento a través de un mejor control de los gastos, presupuesto y control de los tiempos de mantenimiento.

2.2 Objetivo General

Diseñar e implementar una red y una interfaz gráfica para el registro y adquisición de datos en tiempo real de las máquinas de la planta y mejorar el mantenimiento preventivo de las mismas.

2.3 Objetivos Específicos

- Escoger el software SCADA apropiado que llene los requisitos necesarios para realizar la aplicación.
- Escoger los sensores, PLC y demás componentes de hardware necesarios con base en sus características de funcionamiento.
- Crear una aplicación que supervise las máquinas y registre los valores de sus sensores.
- Instalar los sensores en las tableteras y los compresores.
- Elaborar un manual de usuario, que le permita a éste conocer la adecuada operación del sistema.
- La red debe quedar montada para permitir la conexión de todas las máquinas a monitorear.
- La interfaz debe quedar funcional para los compresores de aire, las máquinas empacadoras y las máquinas tableteras.
- El programa debe tener acceso desde Internet.
- El programa debe enviar correos electrónicos de advertencia en caso de que se active alguna alarma.

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar

Actualmente este proceso se subdivide en tres formas de mantenimiento: preventivo, correctivo de emergencia y correctivo programado y de mejora continua. En el diagrama de flujo de la figura 1.1 se puede observar cómo se procede en cada caso. Primero se debe realizar la solicitud de trabajo de forma escrita. Luego se establece cuál trabajo recibirá prioridad. Se envía a los mecánicos para verificar si la reparación es factible, es decir, si la misma se puede realizar. Dependiendo del desperfecto, se pide el repuesto a la bodega y si el trabajo es de mejora se hace la factura de compra y se emite la orden de pago. Cuando la correctiva es programada se debe asegurar primero que exista presupuesto para poder realizarla. Una vez que se ha aplicado la corrección se da el visto bueno para cerrar la orden de trabajo y archivarla.

La supervisión de las máquinas en la empresa se realiza de forma manual. Todos los días los técnicos utilizan medidores de PH para controlar los niveles del agua desionizada. Dependiendo de estos resultados, se limpian los filtros y se le da el mantenimiento necesario. Las otras máquinas tienen un proceso similar. Todas reciben mantenimiento cuando dejan de funcionar, por cualquier tipo de desperfecto. Además, tienen un mantenimiento periódico, éste varía dependiendo de la máquina. Cada vez que se realiza algún tipo de reparación en ellas, se debe emitir una orden de trabajo por escrito. Una vez que se le entrega al técnico, éste se encarga de la reparación del aparato correspondiente.

3.2 Antecedentes Bibliográficos

Para el planteamiento de este proyecto se hizo un estudio bibliográfico con el fin de conocer el estado de las tecnologías actuales respecto a las redes Ethernet industriales. La revista "Control Engineering" muestra mes a mes los últimos productos producidos precisamente para este campo. La oferta de PLC e interfaces para este tipo de aplicaciones es vasta. Sin embargo, por razones económicas la búsqueda se debe centrar en productos de fácil adquisición en el país. Por esa razón se consultó los catálogos de los diferentes proveedores nacionales, para determinar con cuáles suministros se cuenta.

Buscando familiarizarse con los estándares de redes Ethernet industriales actuales se hizo una investigación a través de Internet por varios sitios, de los cuales se hace referencia en la bibliografía.

3.3 Descripción de los principales principios físicos, de *software* y/o electrónicos relacionados con la solución del problema

Para la solución de este proyecto se pueden implementar dos tipos de protocolos: el Ethernet/IP o el protocolo MODBUS, ambos son utilizados extensamente en la industria como estándares de comunicación para monitoreo y control. Los dos ofrecen diferentes características, ventajas y desventajas uno respecto al otro sin embargo, también comparten varias similitudes. La razón principal de porqué se escogió estos dos protocolos es debido a su escalabilidad. El tamaño de la red es prácticamente ilimitado mientras que otros protocolos, como por ejemplo DeviceNet o FIPIO no son escalables ya que tienen un número máximo de nodos que pueden ser utilizados.

“No existe un protocolo de aplicación que sea considerado el estándar en la industria en este momento. Aun así, existen tres tipos considerados como los principales debido a su uso extenso: EtherNet/IP (de ODVA), ProfiNet (de PNO), Modbus-TCP (de Modbus/IDA group).

A pesar de tener diferencias en la capa 7, todos tienen características en común. Esto incluye estándares bien establecidos para las capas 1 a 4, como lo son: tecnología de transmisión de datos Ethernet IEEE 802.3 en la capa 1, acceso por medio de un bus (CSMA/CD, capa 2), protocolo Internet (IP, capa 3) y los protocolos TCP y UDP (capa 4). La capa 7 también contiene ciertos elementos en común. Por ejemplo los protocolos *Hypertext Transfer Protocol* (http), *File Transfer Protocol* (FTP) y *Simple Network Management protocol* (SNMP) son aceptados.

Las diferencias se encuentran en la arquitectura del sistema de comunicación, los protocolos industriales de aplicación de capa 7, el modelado de los objetos y el modelo de ingeniería para la configuración del sistema. Los diferentes conceptos se pueden subdividir sistemas de encapsulado como Ethernet/IP, Fieldbus Foundation HSE o Modbus-TCP.”¹

¹ HMS. Connecting Automation Devices. Ethernet for industrial automation < <http://www.anybus.com/eng/technologies/ethernet.asp> > [Consulta: 14 set. 2005]

El término *encapsular* se refiere encajar o empaquetar tramas en un contenedor TCP o UDP. Un ejemplo típico de este método es EtherNet/IP, el cual fue desarrollado por Rockwell Automation y el ODVA, la tecnología de alta velocidad de Ethernet (HSE) de la fundación de Fieldbus y Modbus-TCP/IP. Con todos estos conceptos, la trama más o menos sin cambios de Fieldbus se encaja como "datos del usuario" en un marco de TCP/UDP antes de enviarla a través de Ethernet. La ventaja de este método es que Ethernet es un medio de comunicación de gran alcance y escalable en el cual se puede combinar perfectamente con la solución existente relacionada de Fieldbus sin la necesidad de cambiar la filosofía total de la comunicación o las herramientas de ingeniería.

Ethernet/IP

EtherNet/IP está basado en la familia del protocolo de TCP/IP y adopta así las 4 capas más bajas del modelo de capa de OSI en forma inalterada. Todos los módulos estándares de comunicación Ethernet tales como tarjetas de interfaz de la PC, cables, conectores, *hubs* y *switches* se pueden utilizar con EtherNet/IP. Sobre la capa de transporte está el protocolo de encapsulado con el cual el protocolo industrial común (CIP) es agregado al TCP/IP y al UDP/IP. El CIP, como estándar independiente de red, se ha utilizado ya por muchos años con ControlNet y DeviceNet. ControlNet, DeviceNet y EtherNet/IP tienen y utilizan de esta forma el mismo protocolo y pueden por lo tanto utilizar perfiles comunes de dispositivos y bibliotecas de objetos. Estos objetos permiten que exista una interoperabilidad de tipo "*plug and play*" entre los dispositivos complejos de diversos fabricantes.

Los medios físicos de Ethernet: el cable y los conectores utilizados por los PCs en las oficinas, impresoras y demás dispositivos periféricos, trabajan con una gama de protocolos de comunicación tales como IP (Protocolo Internet), TCP (Protocolo de Control de Transmisión) y muchos otros protocolos de envío de información por red. Estos tipos de protocolos van muy bien con el ambiente de oficina. Permiten que los usuarios compartan archivos, accedan a impresoras, envíen e-mails, naveguen por Internet y realicen todo tipo de comunicación normal en un ambiente de oficina. Sin embargo, las necesidades de la fábrica son mucho más exigentes y demandan la adecuación de algunos requerimientos especiales. A pie de fábrica, los controladores tienen que acceder a datos en los mismos sistemas operativos, estaciones de trabajo y dispositivos I/O. En una situación normal, el software deja al usuario esperando mientras realiza su tarea. Pero en planta todo es distinto. Aquí el tiempo es crucial y ello requiere una comunicación en tiempo real. Parar un robot soldador o la operación de rellenar una botella en su tiempo justo requiere un ajuste de tiempo

sumamente preciso, comparativamente a lo que se exige para acceder a un archivo en un servidor remoto o sencillamente hojear un Web por Internet.²

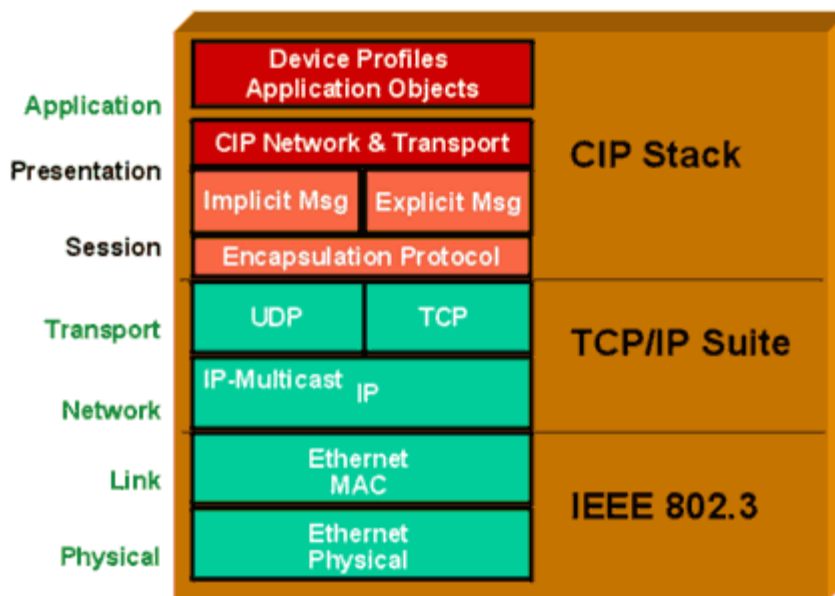


Figura 3.1 Modelo de capas de Ethernet

EtherNet/IP se ideó para el uso en aplicaciones de control de redes en tiempo real. Con la integración de Ethernet hasta el nivel del dispositivo (la capa física) por medio del CIP, el usuario tiene un número de ventajas. Configuración universal, recolección y control de datos a través de varios niveles de red, y los gracias a la conexión de TCP/IP a Internet o redes internas (Intranets) hacen un flujo de información continuo posible en todos los niveles de trabajo. Ofrece un acceso consistente a las aplicaciones físicas, lo que significa que se puede utilizar una sola herramienta para configurar dispositivos CIP en distintas redes desde un único punto de acceso sin la necesidad de software propietario. Ethernet/IP disminuye el tiempo de respuesta e incrementa la capacidad de transferencia de datos respecto al DeviceNet o al ControlNet. A través de un mismo medio de interconexión, Ethernet/IP conecta distintos mecanismos industriales con el control de planta y con la gestión central, mediante una interfaz consistente con las aplicaciones.

MODBUS-TCP

Modbus-TCP no es realmente un protocolo nuevo. Fue necesario crearlo para aprobar Ethernet-TCP/IP como tecnología adicional de la

²SIEMON. Ethernet/IP <http://www.siemon.com/us/white_papers/03-03-25-ethernet-ip.asp> [Consulta: 14 set. 2005]

transmisión de datos para el protocolo de Modbus, que ha estado disponible desde 1979. Los servicios de Modbus y el modelo de objeto, el cual ha estado disponible desde la versión original del protocolo de Modbus está sin cambios, y se ha adaptado simplemente a TCP/IP como el protocolo de transmisión de datos. Esto extiende a familia de Modbus con una gama de producto adicional, que ahora consiste en el Modbus-RTU clásico (transmisión de datos asincrónicos vía Rs-232 o Rs-485), Modbus-Ma's (comunicación de alta velocidad vía una red que pasa simbólica) y Modbus-TCP (comunicación client/server de Ethernet-TCP/IP-based). Todas estas versiones comparten el mismo protocolo de uso, que especifica un módulo de objeto universal para los datos del usuario y los servicios de la comunicación.

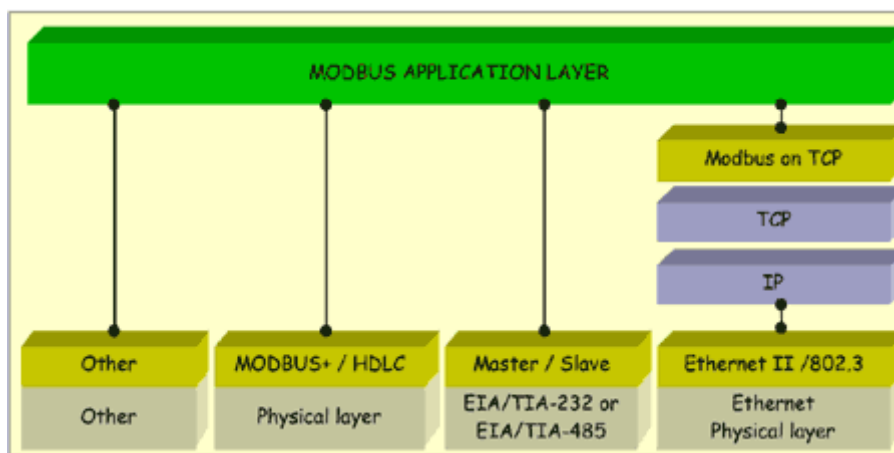


Figura 3.2 Modelo de capa 7 para MODBUS-TCP

El funcionamiento de una red de Modbus-TCP es altamente dependiente del tipo y el diseño de la red de Ethernet que se utiliza y en el funcionamiento de los procesadores en los interfaces de comunicaciones de los dispositivos respectivos. La eficacia del protocolo de Modbus-TCP es relativamente alta en aproximadamente 60%. Esto es porque el protocolo de aplicación permite la transmisión de varios valores de registro en cada trama de TCP/IP, y el protocolo mismo agrega solamente algunos octetos adicionales de *overhead*.³

Modbus-TCP es una forma para utilizar Ethernet como medio de transmisión de datos para aplicaciones en la automatización. Los costos adicionales de la infraestructura de la red (topología de la estrella con los interruptores inteligentes) se pueden justificar por las ventajas de Ethernet

³ HMS. Connecting Automation Devices. Modbus-IDA
 <<http://www.anybus.com/eng/technologies/modbustcp.asp>> [Consulta: 14 set. 2005]

tales como gran número de estaciones en una red y por las ventajas substanciales debido a funciones adicionales de TI (transferencia encajada del Internet, del e-mail y de archivo) que pueden utilizar el mismo medio.

Modbus-TCP encaja básicamente una trama de Modbus en un marco del TCP de una manera simple. Ésta es una transacción orientada a conexión que significa que cada pregunta (Query) cuenta con una respuesta.

La técnica de pregunta/respuesta cabe bien con la naturaleza maestro/esclavo de Modbus, agregando a la ventaja determinista que Ethernet variada ofrece a usuarios industriales. El uso de OPEN Modbus dentro de la trama del TCP proporciona una solución totalmente escalable de diez a diez mil nodos sin el riesgo del comprometer que otras técnicas de *multicast* dan.

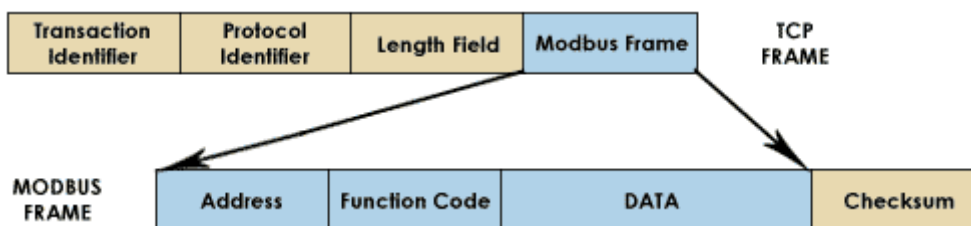


Figura 3.3 Trama TCP de MODBUS

El rendimiento depende básicamente de la red y del hardware. Utilizar Modbus-TCP/IP sobre el Internet, no conseguirá nada mejor que tiempos de reacción típicos de Internet. Sin embargo, para comunicarse con propósitos de mantenimiento y *debugging*, éste puede ser perfectamente adecuado para ser manejado remotamente.

Para un Intranet de alto rendimiento con *switches* Ethernet de alta velocidad que garantiza el funcionamiento, la situación es totalmente diferente. En la teoría Modbus TCP/IP lleva datos hasta una eficiencia del 60% cuando transfiere registros en masa, y puesto que 10 Base T Ethernet lleva cerca de 1,25 Mbytes/sec, la tasa de transferencia teórica es: $1.25M/2 * 60\% = 360000$ registros por segundo y la velocidad de 100 Base T es 10 veces mayor.

HMI

Las HMI permiten que los operarios supervisen el estado actual de una máquina, sin embargo, la mayoría de la interacción del operador con el sistema es conducida por un sistema de alarmas. Las alarmas son las condiciones anormales automáticamente detectadas en el equipo de la planta

que requieren la atención del operador para que puedan continuar funcionando normalmente. Los HMI surgen de la necesidad de crear una interfaz para controlar el PLC. Mientras que un PLC proporciona control preprogramado y automatizado sobre un proceso, este es típicamente una caja en blanco llena de dispositivos y no ofrece ninguna indicación de la condición o estado del equipo, ni la capacidad para acceder fácilmente a sus comandos de programa. Un HMI exhibe generalmente la información del sensor en su contexto físico, dentro de una representación gráfica del sistema de tuberías o el sistema eléctrico en el cual reside, permitiendo que el operador "observe lo que está haciendo el PLC" hasta un cierto grado. Un HMI sofisticado se puede también ligar a una base de datos para proporcionar gráficos de tendencia, datos de diagnóstico, procedimientos de mantenimiento programados, la información logística, los diagramas esquemáticos detallados para un sensor o una máquina particular, y guías de localización de averías.

Capítulo 4: Procedimiento Metodológico

4.1 Reconocimiento y definición del problema

- Entrevistar a las personas involucradas en el proyecto. Se contó con la asesoría de los ingenieros de la empresa, para explicar el funcionamiento de las máquinas. Además ellos definieron cuáles son las variables que se deben supervisar.
- Visitas a la planta para observar de cerca las máquinas y determinar con cuales sensores y PLC se cuenta.
- Visita a la planta para determinar la ubicación de las máquinas y esbozar plano de la red.

4.2 Obtención y análisis de información

- Entrevistas con proveedores. Se contactó a varios de ellos para llegar a tener un conocimiento de las ofertas en el mercado costarricense y a partir de ahí escoger el equipo que presente la mayor ventaja con respecto a costo y eficiencia. Se llamó a representantes de Siemens, Allen Bradley, Schneider y Panasonic
- Investigación de lenguajes de programación que existen en el mercado para escoger el que mejor se adapte a las necesidades. Se consideró Wonderware, RS View, LabView e Indusoft.
- Consulta de los manuales de las máquinas con las cuales se trabajará, para un mejor entendimiento del funcionamiento de cada una de ellas.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución

- Investigación bibliográfica y en Internet acerca de diferentes tipos de redes implementadas en otras plantas.
- Estudio de estándares para determinar protocolos alternativos de comunicación.
- Investigación acerca de los protocolos MODBUS, FIELDBUS, FIELDNET, PROFIBUS y sus ventajas y desventajas con respecto a robustez, precio, eficiencia y facilidad de uso.

4.4 Implementación de la solución

- Programación de los PLC de área tabletas y área compresores para que cumplan las funciones deseadas
- Programación de la aplicación con el programa tipo SCADA Indusoft

- Pruebas con los sensores realizadas en mesa de trabajo. Una vez superadas estas se pasó a pruebas con los sensores conectados a las máquinas mismas.
- Pruebas de conexión ethernet con PLC en la mesa de trabajo.
- Pruebas de conexión ethernet de PC con red de PLC
- Configuración de servidor para lograr acceso remoto.
- Conexión al programa por medio de internet

4.5 Reevaluación y rediseño

- Se realizó una red de PLC por medio de RS485. Esto fue necesario porque no se le podía agregar un adaptador de red a cada PLC si son de la misma marca, debido a restricciones del software SCADA.

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

5.1 Análisis de soluciones y selección final

Como se indicó en las secciones anteriores el deseo de que el sistema implementado fuera escalable para permitir su continuo crecimiento. Durante el desarrollo se tomó en cuenta los dos tipos de redes posibles para así poder cumplir con los objetivos.

La primera opción, la más utilizada en la industria hoy en día, es la de una red de PLC con conexiones por medio de interfaces RS232 o RS485. Esta última es la preferida debido a que trabaja con base a la diferencia de tensión entre sus dos cables, se vuelve prácticamente inmune a la interferencia electromagnética producida por motores y otra maquinaria pesada. Utilizando diferentes tipos de protocolos de comunicación (Profibus, Modbus RTU, DeviceNet, etc.) los diferentes PLC comparten datos y toman decisiones basadas en la información recibida. Son redes abiertas, estándares e independientes de cualquier fabricante, cuentan con varios perfiles y se adaptan a las condiciones de las aplicaciones de automatización industrial. Este tipo de redes trabajan con nodos maestros, llamados también activos y nodos esclavos, conocidos igualmente como pasivos.

La segunda opción es el uso de Ethernet industrial. Este es el nombre utilizado para el uso de los protocolos Ethernet en un ambiente industrial para la automatización y control de equipos. El sistema emplea Ethernet como su protocolo de comunicaciones de capa 2, mientras que se utiliza los protocolos anteriormente mencionados como protocolos de capa de aplicación. El uso de este método tiene sus ventajas:

- Sube la velocidad de 9.6 kbit/s con RS232 hasta 1 Gbit/s con IEEE 802.3 con cable Cat5e/Cat6 o fibra óptica.
- Mayor distancia de comunicación entre los equipos.
- Capacidad de utilizar *routers, switches, hubs, access points*, cables y fibra óptica, los cuales son mucho mas baratos que sus equivalentes en conexiones seriales.
- Capacidad de tener mas de dos nodos conectados, cosa que si es posible con RS485 pero no con RS232
- Arquitectura *peer-to-peer* permite sustituir arquitectura maestro esclavo.
- Mejor interoperabilidad

Las posibles desventajas son:

- Cambiar el sistema existente al protocolo nuevo.
- Aplicaciones de tiempo real pueden sufrir problemas con protocolos que utilicen TCP (se recomienda UDP en estos casos)

Tabla 5.1 Protocolos de Ethernet Industriales principales

Versión Serial	Versión Ethernet	Protocolo	Estándares
Modbus-RTU	Modbus-TCP	TCP/IP	IEC 61158 y IEC 61784
Profibus	PROFINET IO	Isochronous real time protocol (IRT), Real time protocol (RT), Real time over UDP protocol (RTU)	IEC 61158 y IEC 61784
DeviceNet	CIP (Ethernet/IP)	IP	IEC 61158 y IEC 61784
Foundation Fieldbus H1	Foundation Fieldbus High Speed Ethernet (HSE)	SP50(no es estándar) ⁴	

En la empresa no existía un sistema previo al que se instaló por lo que no había problema de migrar de un protocolo a otro. Por ello se decidió utilizar protocolos ethernet. La planta ya contaba con algunas máquinas con PLC. Las blisteras, las cuales forman parte del proyecto, tienen un PLC cada una de marca Schneider Electric modelo Modicon TSX Micro. Estos trabajan con el protocolo Modbus-RTU y por lo tanto al pasarlo a Ethernet trabajan con Modbus-TCP. Se necesita por lo tanto un *software* y PLC capaces de comunicarse por medio de este proceso. Pensando a futuro, los mezcladores tienen PLC marca Allen Bradley los cuales se pueden comunicar por MODBUS-TCP o Ethernet/IP.

Se necesita comprar nuevos PLC para las máquinas que no los tienen, por lo que se concluye, que la aplicación deberá estar en grado de manejar mínimo dos y máximo tres marcas diferentes de PLC.

5.2 Descripción del Hardware

Como se puede observar en la figura 1.2 se cuenta en este proyecto con tres módulos de hardware bien definidos. El módulo de las tableteras, el

⁴ Overview and Geographic Impact of Current Process Fieldbus Technologies < <http://www.imc.org.nz/fieldbus.html> > [Consulta: 8 ene. 2006]

de los compresores y el de las blisteras. A continuación se explicará cada uno en detalle

5.2.1 Módulo de Tableteras

Este módulo consiste en un PLC con sensores inductivos y capacitivos conectados a seis máquinas que se encargan de producir tabletas de diferentes tipos. Para comprender las diversas necesidades de la empresa y las decisiones que llevaron a la escogencia de los materiales utilizados, es importante comprender primero la función de las máquinas tableteras.

Las tableteras modelo Clit press-II GMP Square están encargadas de comprimir el polvo previamente tratado y darle la forma correspondiente a la tableta o pastilla. Para esto, el polvo es introducido en la parte superior de la máquina donde se ubican dos tolvas. Por ellas baja el producto a una "galleta" de diámetro variable según la máquina. Conforme se mueva la galleta, dos punzones se juntan comprimiendo el polvo. Estos punzones se cambian dependiendo de la forma que se le quiere dar al producto final. Una vez que los punzones se retiran, la pastilla baja por una rampa hasta un contenedor. La figura 5. muestra una foto de uno de estos aparatos. Las especificaciones indican que su producción es de aproximadamente de entre 90.000 y 120.000 pastillas por hora



Figura 5.1 Clit press-II GMP Square

En la figura 5.2 se puede apreciar los componentes que conforman este módulo.

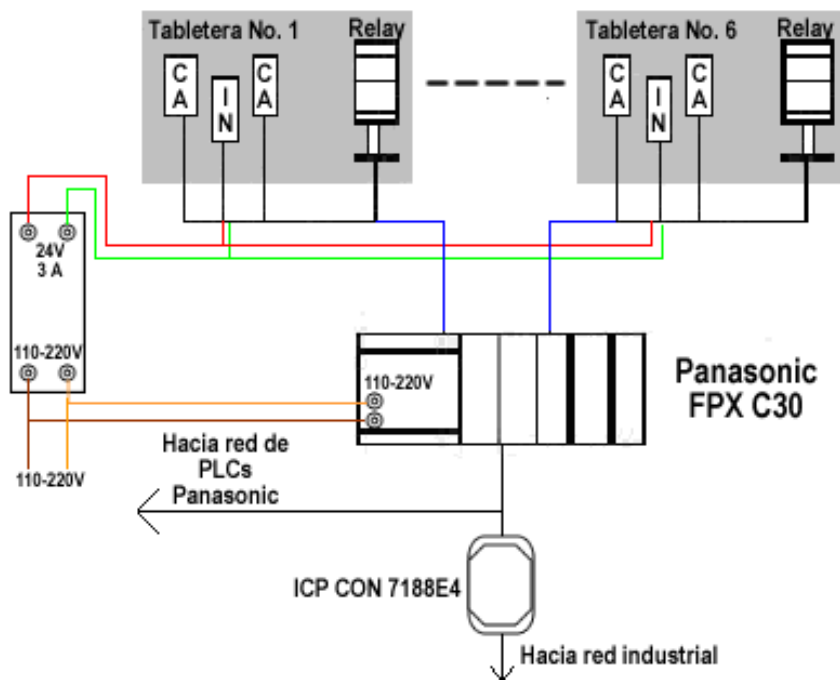


Figura 5.2 Módulo de Tableteras

El PLC es un Panasonic modelo FPX C30. Cuenta con 16 entradas digitales e igual cantidad de salidas. Además tiene un módulo de expansión FP-X E16 el cual proporciona 8 salidas y ocho entradas adicionales. Las razones por las cuales se escogió mencionado PLC fueron varias. Para esta parte del proyecto se necesita medir once tolvas y seis contadores: ello representa 17 entradas digitales. Además, cada vez que se active una alarma de tolva el PLC debe activar los relays de salida para apagar la máquina, además de encender una luz de paro; por lo que llegan a ser un total de 12 las salidas precisas. El PLC por lo tanto, cumple con lo requerido, el módulo de expansión fue necesario por la entrada adicional. Las entradas y salidas extra se pueden aprovechar para futuras mediciones de las máquinas. Otra ventaja que ofrece este modelo es que su alimentación es de 110-220V. Esto elimina la necesidad de una fuente de alimentación de una corriente más alta. La velocidad del procesador y de la comunicación serial permite el rápido intercambio y toma de los datos pertinentes. Finalmente, cuenta con dos puertos de comunicación uno serie Standard y otro llamado *tool port*. Ambos se comunican por protocolo RS-232. Esto permite que se pueda tomar datos del PLC mientras que el mismo puede gobernar la máquina. El factor monetario también influyó en la elección: de los PLC evaluados que contaban con las características anteriores se optó por este gracias a su precio inferior a los demás.

Para determinar los niveles de polvo en la tolva se seleccionaron sensores capacitivos de proximidad CT1-AN-2A. Estos sensores son los encargados de enviar una señal cuando el nivel de polvo en la tolva está por ser insuficiente como para garantizar que el peso de la pastilla será el correcto. Esto sucede cuando queda poco material en la tolva y la caída del mismo deja de ser uniforme por lo que las últimas tabletas producidas no llegan a ser útiles al carecer de la cantidad de producto necesario para cumplir con los requisitos. Si estas tabletas llegan a ser producidas, es necesario que un operario, manualmente, extraiga las pastillas equivocadas. Esto es un consumo de tiempo y dinero innecesario. Además, en caso de que la tolva se vacíe, y la máquina continúe funcionando, representa un gasto de electricidad. El sensor escogido tiene un rango de sensado de 2 a 30mm y es de tipo NPN, normalmente abierto. En la figura 5.3 se observa el diagrama interno del sensor además de su forma de conectar. Es necesario una resistencia entre dos de sus terminales para obtener una señal que pueda ser leída por el PLC. Al funcionar este último con 24V en las entradas, el valor de las resistencias para obtener esa tensión es de 3.3kΩ.

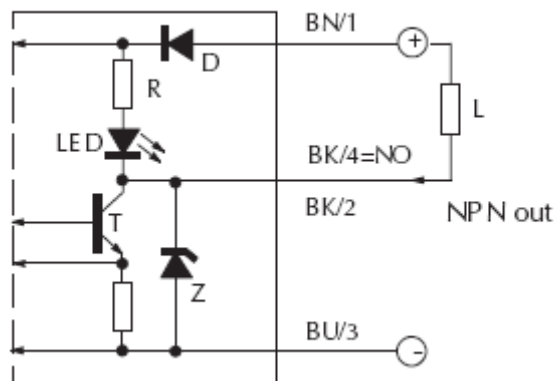


Figura 5.3 Sensor Capacitivo

El sensor cuenta además con un LED para indicar si algo es detectado o no. Su escogencia se debió a dos factores principales. En primer lugar cuenta con una amplia área de sensado, aproximadamente unos 30mm. Esto permitirá abarcar la parte delgada de la tolva y así asegurar un mejor control sobre el nivel. La otra razón y la más importante puesto que será utilizado para medir el nivel de polvo, el sensor debe estar protegido para evitar que dañe por sí mismo. Esta clase de sensor es el recomendado en este tipo de aplicaciones.

Inicialmente se pensó en contadores de fibra óptica para contar la cantidad de pastillas producidas, ya que son los utilizados regularmente en la industria farmacéutica. Estos se colocan en los bajantes de la salida de las

pastillas. Cada vez que una pastilla corta los rayos de luz de los sensores, un pulso es enviado y se incrementa el conteo. Este sistema se encuentra funcionando en las encapsuladoras de la empresa. Sin embargo, hay varias razones por las cuales se decidió escoger sensores inductivos de proximidad en su lugar. Los de fibra óptica tienen un máximo de distancia entre sus terminales para que la señal pueda ser detectada. En las tableteras se producen diferentes tamaños de pastillas razón por la cual los sensores deben ser reajustados constantemente. Además, al tener cada tabletera dos salidas se necesitarían 10 de estos sensores. Su costo es alto por lo que se prefería una solución de más bajo costo, esta consiste en ubicar un sensor inductivo posicionado de manera que detecte los punzones conforme estos suben, cada vez que bajan se produce una pastilla y al contar las veces que sube un punzón, se utiliza un contador y no dos; además su costo es mucho menor. Cuenta también con un LED indicador y son de tipo NPN, normalmente abierto. Su diagrama interno es similar al del Sensor capacitivo.

Tanto los sensores inductivos como los capacitivos son alimentados por una fuente independiente de 24 voltios y 5 amperios. Esto asegura que la señal enviada por ellos sea de 24V, por lo que será reconocida por el PLC. Esta fuente también alimentará unos relays que son los encargados de sacar de funcionamiento a las tableteras una vez que la alarma se haya activado.

Finalmente, en este módulo se encuentra el adaptador de red ICP I-7188E4 *Internet Communications Controller*, encargado de pasar la red de PLC Panasonic a la red industrial de Ethernet. Esto permite tener conectadas hasta 256 estaciones y darles una dirección IP en la red. Funciona como un convertidor de RS232 a *Ethernet*. Se le programa la dirección IP y se le mapea un puerto para que sea reconocido por una PC - en este caso se asignó la dirección 10.10.3.253 y el puerto COM3 - . Lo anterior ofrece la gran ventaja de que permite ser utilizado como *Device Server* y por lo tanto, puede ser conectado a la red independientemente del protocolo con el cual se utilice. Tiene un sistema operativo propio que se adapta al protocolo que se implemente en la red.

5.2.2 Módulo de Compresores

Este módulo es el encargado de la supervisión de los dos compresores de aire de la empresa. Esta constituido por un PLC, sensores de presión, temperatura, corriente y tensión, una fuente de de 24V 5A y seis relays. Lo pueden observar en la figura 5.4.

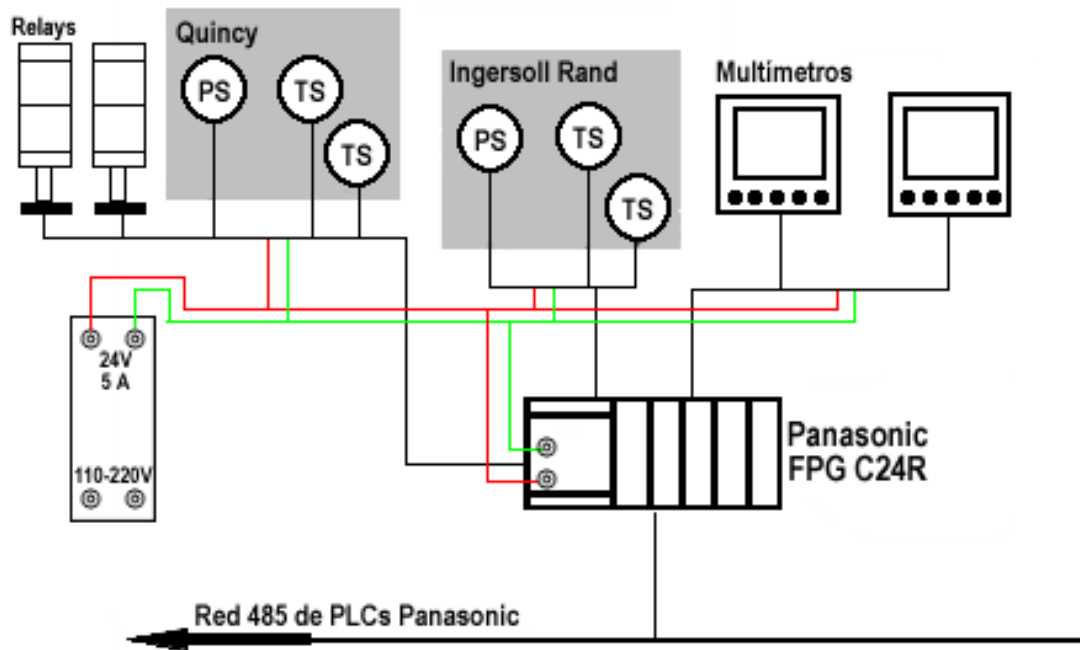


Figura 5.4 Módulo de compresores

La mayoría de las máquinas de la planta necesitan de aire comprimido para su funcionamiento. Los compresores son parte de los equipos más importantes de la empresa, dado que sin ellos la totalidad de la producción prácticamente se debe parar. Son modelos diferentes: un Ingersoll-Rand y un Quincy.

Se utiliza un PLC FPG C24R que cuenta con 16 entradas y ocho salidas digitales. Además tiene la posibilidad de agregar hasta 7 unidades de expansión, Las mediciones que se harán en los compresores son estrictamente análogas por lo que la cantidad de entradas digitales no es importante. Tiene también una unidad de expansión FP0-TC4 de cuatro canales para medición de temperatura. Acepta cualquier tipo de termocuplas y puede ser configurado para que envíe los datos en grados centígrados o grados Fahrenheit. Finalmente cuenta con un módulo de entradas analógicas para recibir los datos de los sensores de corriente, tensión y presión. Es de un tamaño reducido lo cual lo hace idóneo para ser colocado en un lugar pequeño. Su alimentación es de 24V al igual que todos los módulos. Cuenta también con dos puertos de comunicación: el puerto serie estándar para comunicación RS-232, además del *tool port* también de protocolo RS-232. Se tuvo que agregar el cassette de comunicación RS 485 para lograr la red de PLC.

Para la medición de las temperaturas se debe escoger el tipo de termocupla a utilizar. Existen 7 tipos, sin embargo, solo los tipos J, K, R y T son compatibles con el módulo de temperatura. Todos son idóneas para mediciones en ambientes oxidantes como el de los compresores. En la tabla 5.2 se aprecia un cuadro comparativo entre los cuatro tipos.

Tabla 5.2 Composición, rango de temperaturas, diámetros de alambre apropiado y fuerzas electromotrices (fem) correspondientes a distintas termocuplas.⁵

Tipo	Denominación	Composición y símbolo	Rango de temperaturas (1)	Diámetro del alambre apropiado (2)	F.e.m.en mV (3)
J	Hierro vs. constatán	Fe - CuNi	-200 ... 700 (900) -200 ...600(800)	3 mm 1mm	7.89 ... 39,13 (51,875)
K	Niquel-cromo vs. níquel (Chromel vs. Alumel)	NiCr - Ni	0...1000(1.300) 0... 900 (1.200)	3 ó 2 mm 1,38.mm	0...41,269 (52,398) 0...37,325 (48,828)
R	Platino-rodio 13% vs. platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
T	Cobre vs. constatán	Cu - CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)

Notas:

- (1) Los valores entre paréntesis son los admitidos en intervalos cortos (no permanentes)
- (2) Los diámetros de alambres no son indicativos
- (3) Valores de fem (mV) en función de ° C, referencia junta fría 0° C.

Las termocuplas tipo R fueron descartadas puesto que no deben ser insertadas en ningún tipo de vaina o tubo metálico y la temperatura del aire se mide al interior de un tubo metálico. Las de tipo T no sirven porque no deben someterse a ciclos por encima de 370° C, aún durante cortos períodos de tiempo. Entre las termocuplas J y K se prefiere la de tipo K para usos en la industria debido a su capacidad de resistir mayores temperaturas. Por lo tanto, se escogieron las termocuplas tipo K modelo 56200.

⁵ Medición y control industrial. Como seleccionar sensores de Temperatura.
< http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas.htm>
[Consulta: 1 ene. 2006]

Para medir la presión del aire a la salida se utilizan sensores DP2-22F de SunX., estos permiten un sensado de hasta 1Mpa o lo que es igual, 150 psi. La presión que usualmente se maneja es de 120 y 125 psi, lo que da un rango adecuado de medición. Este módulo cuenta además con una pantalla tipo LCD. Esta es útil ya que en el área de los compresores no se cuenta con una computadora cerca, así, la pantalla permite controlar la presión en el sitio. El módulo ofrece tres tipos de salida diferentes: una analógica y dos comparativas para cuando trabaja en modo de histéresis. La figura 5.5 muestra el circuito interno de este sensor.

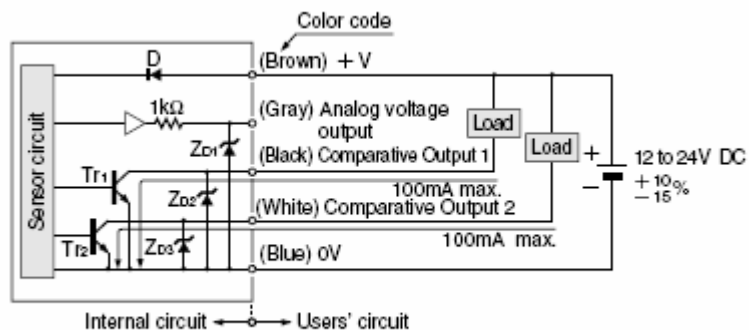


Figura 5.5 Circuito interno de sensor de presión

La salida analógica es la que se toma para obtener las lecturas para el sensor.

Los relays se colocan en la alimentación de los bornes de ambos arranques. La configuración es delta-estrella. Por lo tanto, son necesarios seis en cada compresor para poder meter y sacar las fases en el orden correcto y de este modo lograr el arranque y su paro.

Finalmente se cuenta con una fuente de 24 V y 5^a para alimentar todo el circuito. A diferencia del módulo de las tableteras el PLC también tiene que ser alimentado por esta fuente, por lo que se suprime la necesidad de una conexión a 110V.

5.2.3 Módulo de *Blisteras*

Este módulo está formado por un adaptador de red, una fuente y dos PLC Modicon TSX Micro. Los PLC ya estaban presentes en las máquinas por lo que no fue necesario su compra y programación. Solo se necesita

extraer los datos y enviarlos al programa. En la figura 5.6 se ve este módulo en detalle. En la figura 5.7 se ve una de las blisteras

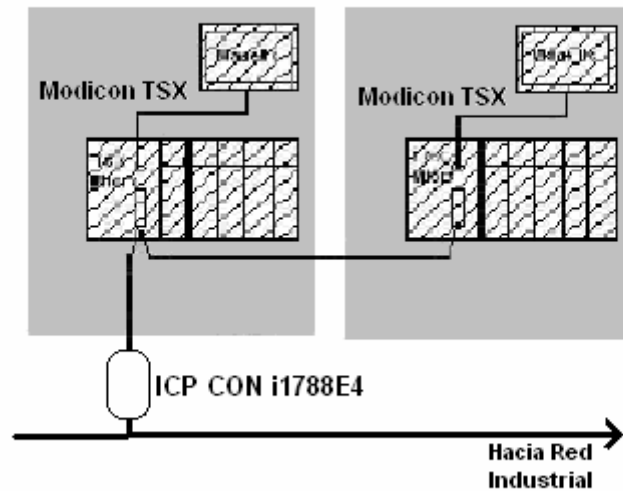


Figura 5.6. Módulo *Blisteras*



Figura 5.7. *Blistera* en funcionamiento

El funcionamiento del adaptador es el mismo que el que se utilizó en el módulo de las tableteras, por lo que aquí la explicación no se considera necesaria. La fuente es de 24V y 2A para la alimentación del puente y futuros

sensores que pueden ser agregados según las necesidades de la empresa. Igualmente estos dos PLC están conectados entre sí por medio de RS485 para formar una red de PLC's Schneider. Le fue asignada la dirección de red 10.10.3.252.

5.3 Descripción del Software

El Software que se utilizará en este proyecto consta de dos partes: la aplicación para la computadora y la programación de los PLC.

5.3.1 Software PLC

Todos los PLC que deben ser programados son marca Panasonic, por lo que se utilizó el programa FPWIN GR2. Esto permite una programación tipo escalera además de la posibilidad de poder simular los programas. El funcionamiento del PLC es posible verlo en línea, es decir, comprobar el comportamiento del mismo bajo condiciones de trabajo reales. Se puede además forzar valores en los diferentes contactores para simular entradas y observar el comportamiento de las salidas.

Tableteras

El PLC de las tableteras tiene cuatro subrutinas principales. Para cada una hay diferentes entradas y salidas asignadas. En la tabla 5.3 se puede ver el mapeo de éstas y su función.

Tabla 5.3. Mapa de entradas y salidas para PLC Tableteras

Entrada	Función	Relay interno	Salida	Registro interno
X0	Nivel de Tolva	R101	Y2	----
X1	Contador	R11	----	DT101
X2	Nivel de Tolva	R102	Y3	----
X3	Contador	R13	----	DT103
X4	Nivel de Tolva	R103	Y4	----
X5	Contador	R15	----	DT105
X6	Nivel de Tolva	R104	Y5	----
X7	Contador	R17	----	DT107
X8	Nivel de Tolva	R105	Y6	----
X9	Contador	R19	----	DT109
XA	Nivel de Tolva	R106	Y7	----
XB	Contador	R1B	----	DT111
XC	Nivel de Tolva	R107	Y8	----
XE	Nivel de Tolva	R108	Y9	----
X0 (Unidad de Expansión)	Nivel de Tolva	R301	Y1 (Unidad de Expansión)	----
X2 (Unidad de Expansión)	Nivel de Tolva	R302	Y2 (Unidad de Expansión)	----
X4 (Unidad de Expansión)	Nivel de Tolva	R304	Y4 (Unidad de Expansión)	----
----	Relay	R2A	YA	----
----	Relay	R2B	YB	----
----	Relay	R2C	YC	----
----	Relay	R2D	YD	----
----	Relay	R305	Y5 (Unidad de Expansión)	----
----	Relay	R307	Y7 (Unidad de Expansión)	----

La primera subrutina se encarga de realizar los conteos de las pastillas cada vez que se reciba un pulso de los sensores. Las entradas

correspondientes las incrementa un contador con cada pulso. El valor de este contador queda grabado en el registro interno correspondiente. De estos registros la aplicación lee el valor para el monitoreo. Existen relays internos que se encargan de resetear estos contadores, asignándoles el valor cero a los registros. Este reseteo se hace desde la PC, quien envía la señal de cerrar el contacto y efectuar el reseteo.

La segunda es la que detecta el nivel bajo de tolva. Cuando el sensor envía el pulso al PLC el cual activa las salidas que van hacia unas luces indicadoras. La aplicación lee este estado y activa la alarma correspondiente. Además, mientras el estado se encuentre activo la tercera subrutina arranca. Esta inicia un timer de tres minutos. Una vez que expira, activa el relay que corta la corriente a la máquina, apagándola. Esto para evitar que la máquina gaste energía innecesariamente mientras sus tolvas están vacías.

La velocidad de transferencia de los datos fue programada a través del puerto serie fuera 19200bps y que su número de estación fuera 1. La razón de utilizar esta velocidad de transmisión es que todos los PLC en la red deben tener la misma velocidad, y aunque esté en grado de mayor velocidad, el PLC de los compresores no sobrepasa esa velocidad.

Compresores

El PLC de los compresores tiene tres subrutinas separadas. Una se encarga de las lecturas de los valores analógicos, otra de las temperaturas y la última del arranque de los compresores. Cada una de ellas controla un módulo de expansión diferente.

La subrutina de valores analógicos es la más simple, se limita a tomar los valores de presión, corriente y tensión además los guardar en un registro. El escaneo se hace cada cien mili segundos y es variable. El hecho de que los sensores sean de diferentes tipos no afecta la forma de la medición puesto que la salida de todos es una señal con un valor analógico.

La subrutina de la medición de temperaturas es similar a la anterior pero con algunas ligeras variaciones. El módulo permite escoger el tipo de termocupla a utilizar; si los valores se desean en grados centígrados o Fahrenheit y la cantidad de canales que se quiere activar; por medio de un DIP Switch. Además tiene ya unos contactores predefinidos que sirven para activar los canales. Estos se alternan su activación en forma automática, dando como resultado una lectura alternativa de dos canales por lectura. Se

leen los canales 1 y 2 y después los canales 3 y 4. Se programó el uso de estos contactores para leer los cuatro canales, además de hacer la corrección en caso de que el valor leído de temperatura sea positivo o negativo. Se debe hacer una comparación dado que el bit más significativo es el que indica si el valor es positivo o negativo. El valor final es almacenado en un registro para su posterior lectura por parte de la aplicación.

La subrutina encargada del arranque de los compresores recibe la señal lo cual activa los relays del arranque delta. Se activa un timer el cual después de 20s saca una de las fases del arranque delta y mete la fase estrella. Este segundo no entrará hasta que el primero no se halla desconectado por razones de protección del equipo. Primero entran los dos contactores de conexión delta. Una vez que el motor alcanza su máxima cantidad de revoluciones, sale de funcionamiento uno de ellos y se conecta el tercero para obtener la conexión estrella. Este cambio de contactores esta manejado por un timer interno.

5.3.2 Software PC

En el programa de supervisión se analizaron diferentes paquetes SCADA y comparando sus utilidades con el fin de escoger el más apropiado para resolver las necesidades de la empresa. El software llamado Indusoft permite alcanzar todos los objetivos. Se evaluaron otros paquetes que ofrecían las mismas características sin embargo, este tenía el mejor precio en comparación con la cantidad de *tags* o variables que permite usar. En los softwares para aplicaciones SCADA las variables que el usuario utiliza para programar se denominan *tags*. Dependiendo del paquete que se compre variará la cantidad de los mismos que permite utilizar. Como es de esperar a mayor número de *tags*, mayor es el precio del software. Esta versión de Indusoft permite el uso de hasta 1500, lo suficiente como para realizar el programa deseado y además dejando variables extras para eventualmente abarcar toda la planta.

La aplicación tiene una pantalla principal como se observa en la figura 5.8. Lo primero que el programa pide es que el usuario ingrese su nombre y su clave. La pantalla está programada de manera que no se puede acceder a ninguno de sus menús si no se ha ingresado al sistema. La pantalla cuenta con cuatro menús activos y las previstas para las demás áreas. Al arrancar esta pantalla se inicializa la subrutina de envío de correo. Sucede de este modo porque de lo contrario solo enviaría los correos cuando ingresan en las pantallas correspondientes. La idea es que sin importar en cuál parte del programa se encuentre el usuario, los correos electrónicos de alarmas serán enviados apenas se active una alarma.



Figura 5.8 Pantalla Principal

Configuración

La pantalla de configuración permite controlar el estado de varios aspectos del programa. En primer lugar envía información acerca de la aplicación misma; el lugar donde se encuentra ubicada en la computadora, las versiones del programa en la que se esta corriendo y su dirección IP. Además, permite recolectar información de las direcciones IP de las otras máquinas que están conectadas a su red. El programa lee la información del componente INI del programa para obtener la información. Se actualiza al oprimir el botón de *Refresh*. La Pantalla se puede ver en la figura 5.9.

En esta pantalla además está el control sobre los usuarios. Se pueden crear usuarios nuevos, cambiar claves, bloquear y/o borrar usuarios existentes. El sistema de seguridad es manejado por medio de tablas que contienen la información. Cada línea de información tiene el nombre completo de la persona, del usuario, su clave y nivel de acceso. De momento existen tres niveles diferentes: operarios, mantenimiento e ingeniero.

El primer nivel solo permite observar los datos, es decir accesarlos pero no manipularlos de ninguna forma. El nivel de mantenimiento permite apagar y encender las máquinas remotamente y además manipular datos y alarmas según sea necesario. El nivel de ingeniero permite además de todo lo anterior, cambiar aspectos de la aplicación misma, tales como características de las pantallas, acceso a internet y base de datos. Con este nivel es con el que se pueden crear usuarios nuevos y borrar existentes. El sistema de seguridad cuenta con la característica llamada *e-signature* requerida por la FDA para cumplir con sus regulaciones: aún cuando un usuario se encuentra logueado, el sistema le pedirá reintroducir su nombre y clave si desea activar un sistema sensible como el arranque de una máquina. Asimismo el sistema automáticamente bloqueará una cuenta después de tres intentos en que la clave o nombre sean ingresados incorrectamente. Solo un usuario con nivel de seguridad 3(ingeniero) podrá desbloquear nuevamente al usuario.

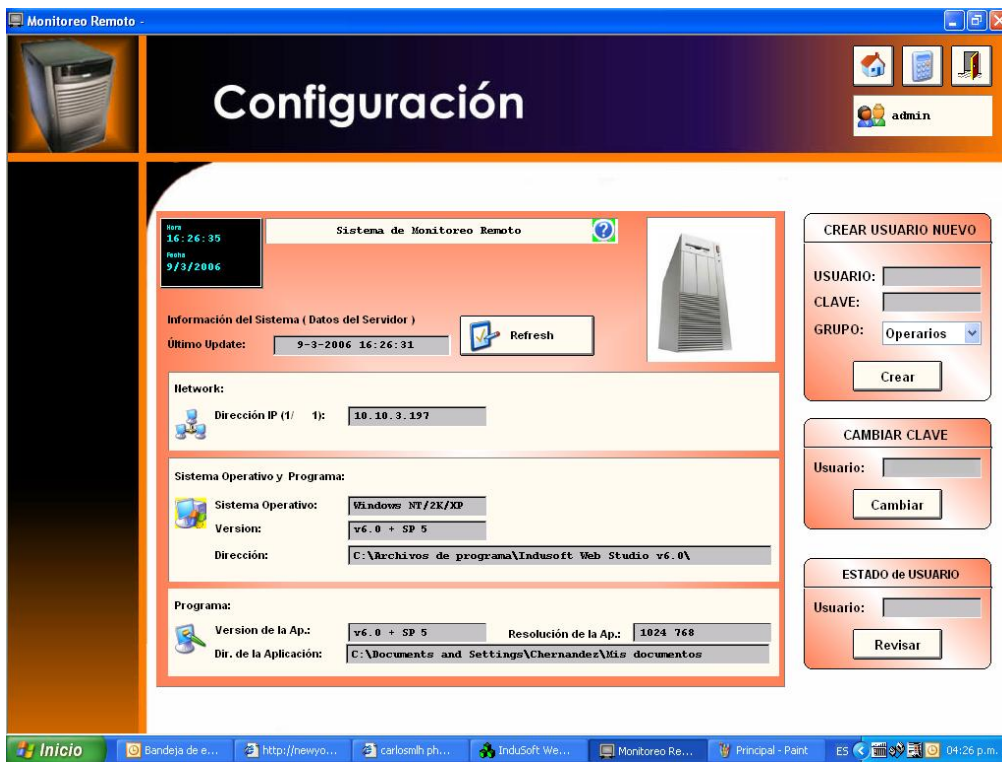


Figura 5.9 Pantalla de Configuración

Tableteras

La pantalla de tableteras sirve para llevar un control del área dentro de la empresa. En ella se observa en tiempo real el valor de los contadores de todas las máquinas simultáneamente. También el nivel de tolva, cuando se encuentra bajo, el cambio de valor de la variable hace que se despliegue el

mensaje de tolva bajo, además de activar la alarma correspondiente. Accediendo el botón de históricos, se despliegan los gráficos en tiempo real o como históricos de la producción de tabletas por cubículo. En la pantalla también se tiene la posibilidad de resetear manualmente los contadores. Finalmente, existe la posibilidad de ver el video de la producción de tabletas en cada equipo con fines didácticos para nuevos operarios. La figura 5.10 muestra la pantalla general.



Figura 5.10 Pantalla de Tableteras General

Compresores

El monitoreo de los dos compresores cuenta con pantallas separadas. Cada una cuenta con las mismas características por lo que no se explicarán por separado. La pantalla muestra los valores de presión de aire, temperatura aire y aceite, tensión en sus fases y corriente en sus líneas. Si se desea ver los históricos de la variable escogida solo es necesario hacer *click* sobre la variable deseada. La única diferencia con la pantalla de despliegue de gráficos de los compresores consiste en que los valores no pueden ser reseteados. Finalmente se tiene la opción de activar estas máquinas o sacarlas de funcionamiento en forma automática o manual. Si se realiza manualmente hay que ingresar el nombre y la clave para verificar si cuenta

con los permisos necesarios para realizar la función El apagado automático sucede cuando alguno de los valores que están siendo medidos sobrepasan el valor máximo bajo el cual la máquina opera en condiciones seguras. En ambos casos de apagado la aplicación activa el relay interno correspondiente del PLC que inicia la secuencia de arranque o apague del compresor que corresponda. Las figuras 5.11 y 5.12 muestran las dos pantallas de estos compresores.

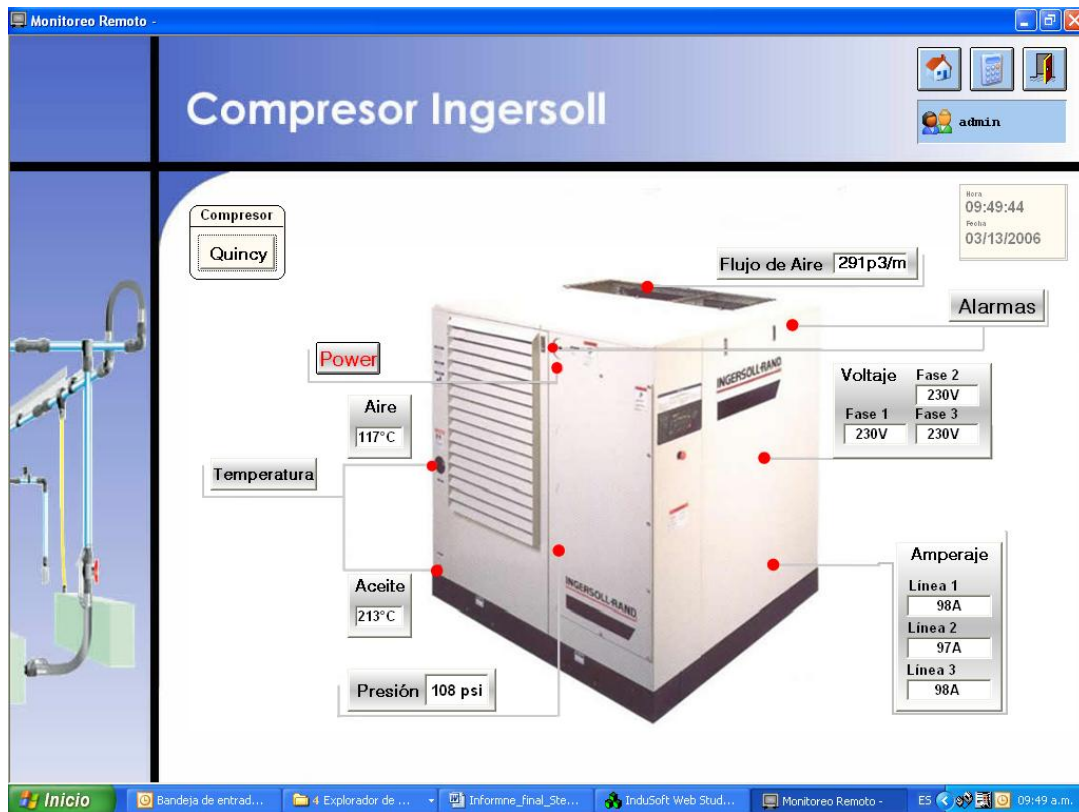


Figura 5.11 Pantalla de Ingersoll Rand.

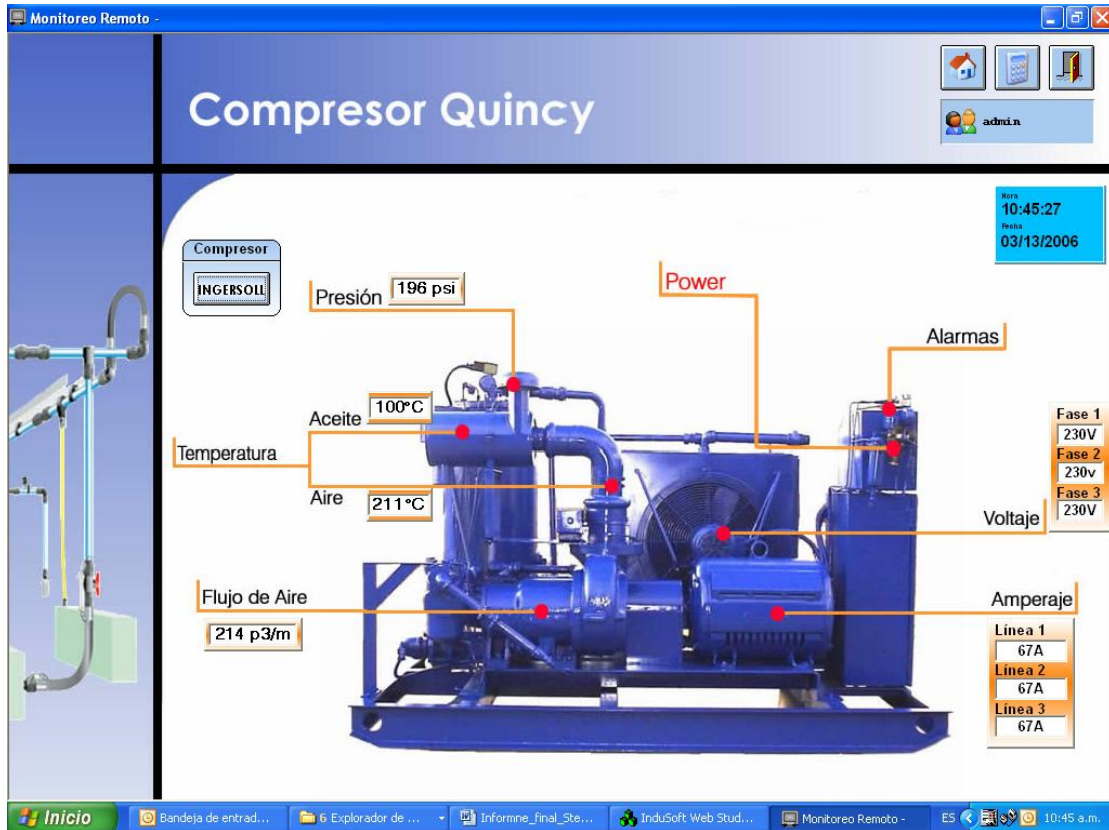


Figura 5.12 Pantalla compresor Quincy

Blisteras

La pantalla de monitoreo de las blisteras ofrece opciones similares a las de los compresores con la excepción de que no se tiene la posibilidad de arranque y paro remoto. Despliega el valor de la velocidad de los motores en RPMs y la cantidad de blisters en producción. Además activa las alarmas cuando el valor de la velocidad asciende por encima de su valor máximo permitido.

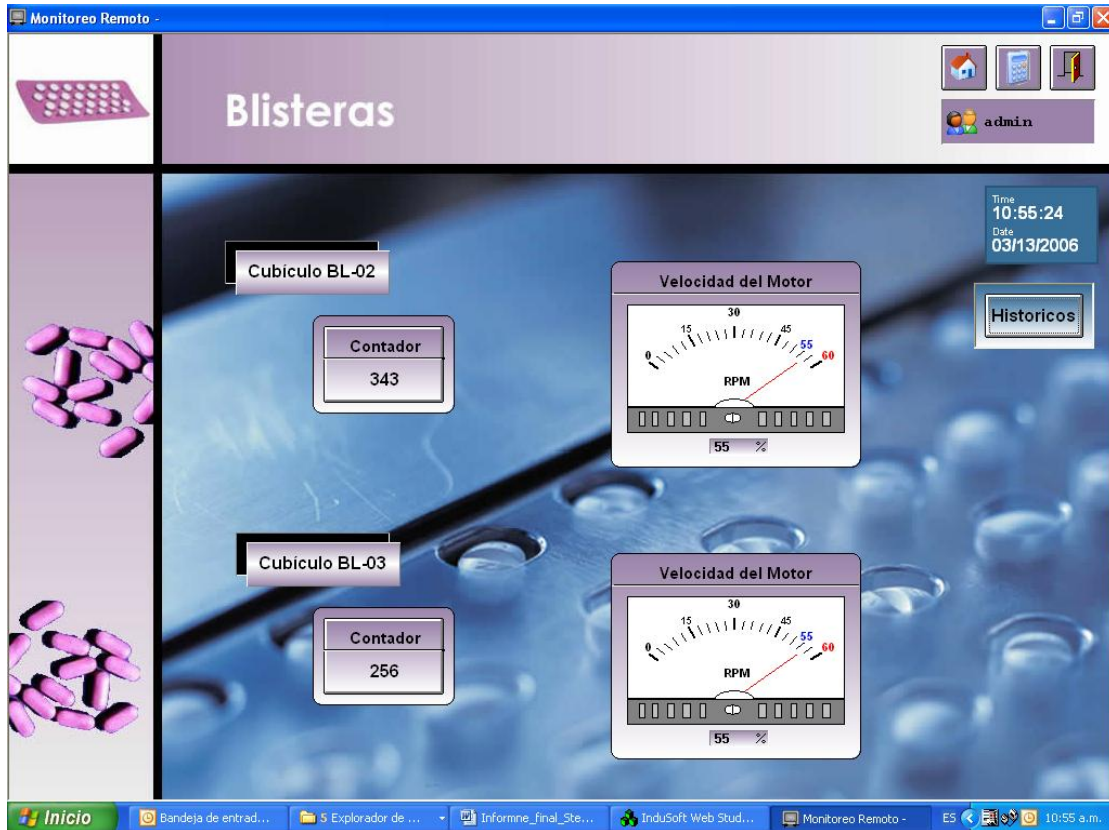


Figura 5.13 Pantalla de Blisteras

Alarmas

Esta contiene la información vital para la protección de las máquinas. Aquí se observan tres tablas diferentes, pero no de forma simultánea. Están las alarmas en línea, las históricas y las alertas seguridad. Toda tabla cuenta con la posibilidad de escoger la columna que se desea ver desplegadas. Además cuenta con la posibilidad de utilizar un filtro el cual encuentra la alarma deseada según los parámetros elegidos para dicho filtro. La tabla de alarmas en línea además cuenta con los botones de reconocimiento de las mismas. Estos se utilizan para indicarle al sistema de que el usuario ha visto la alarma y se le dará su debida atención. Esto sirve para poder llegar a calcular los tiempos de respuesta del equipo de mantenimiento hacia las eventuales fallas. Siempre se podrá ver la hora y la fecha en que se dio la alarma, además de un mensaje que indica cuál es la variable que se vio afectada y su ubicación.

En el caso de la tabla de seguridad está guarda la información de cada vez que alguien ingreso al sistema, cuando se creo un usuario nuevo o se borro, cuando se bloqueo una cuenta y porque motivo. Aquí también es donde se puede observar cuando se activo uno de los equipos sensibles. El sistema registra el usuario que realizo la acción, la cuenta que se altero, la

hora y fecha en que se hizo el cambio y la computadora desde la cuál se realizó el cambio.

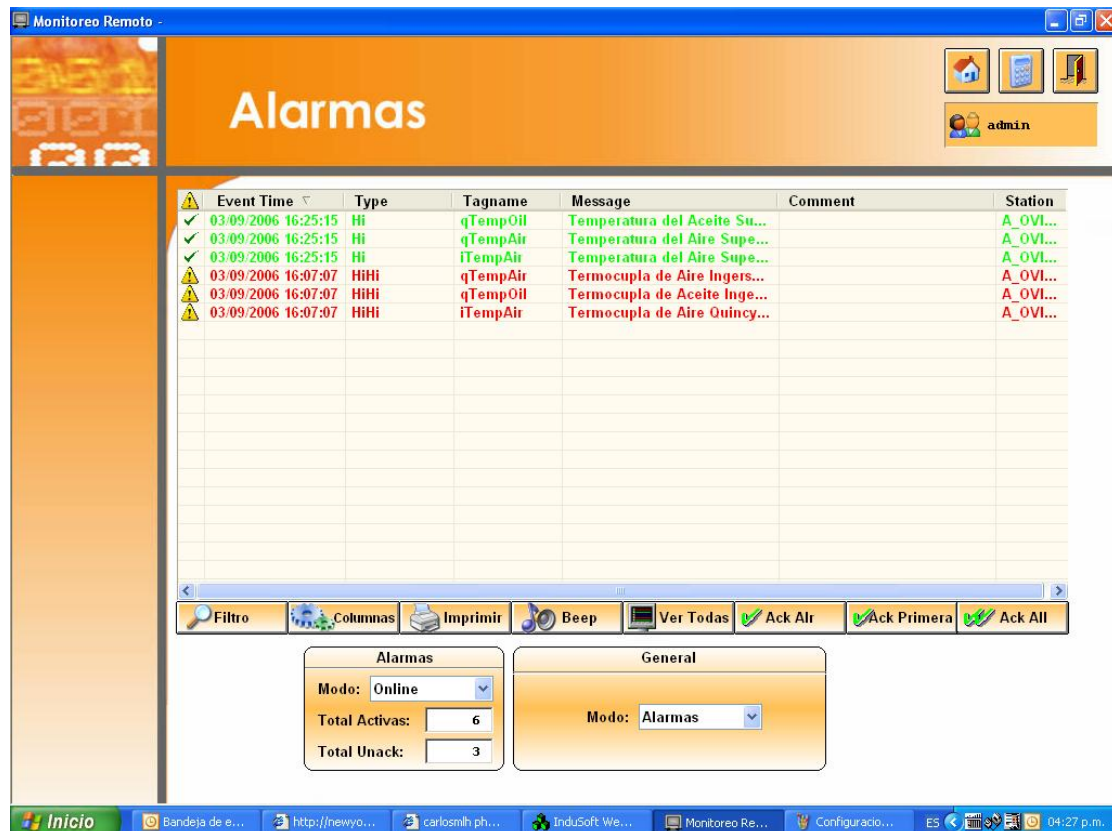


Figura 5.14 Pantalla de Alarmas en modo en línea

Las alarmas se activan siempre y cuando el valor máximo especificado para cada variable sea sobrepasado. En este caso la información aparecerá en color rojo. Una vez que la alarma ha sido atendida esta cambia a color verde y se pasa a la tabla de históricos. Si el nivel de variable se normaliza antes de que la alarma sea atendida, el color cambia a azul para que la diferencia sea notable.

Correos electrónicos

El sistema esta programado con una subrutina que envía un correo electrónico al encargado de la máquina que presenta el programa. El programa al detectar la alarma envía el correo al persona indicada, con el título y mensaje correcto. Una vez enviado no se vuelve a activar a menos de que el valor baje y se reactive la alarma. Esto se hace para evitar que la aplicación envíe constantemente correos mientras El diagrama de flujo que

muestra la correlación de este proceso con las alarmas se ve en la figura 5.15.

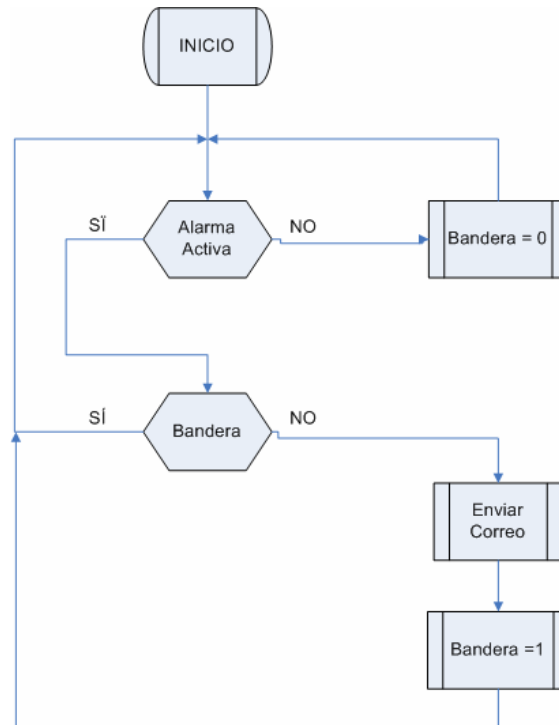


Figura 5.15 Pantalla de Alarmas en modo en línea

En envío de los correos electrónicos esta sujeto a una conexión de red presente y de que la computadora esta habilitada con un puerto SMTP. La siguiente tabla contiene la información necesaria para la configuración de los correos.

Tabla 5.4 Configuración de envío de correos electrónicos

Nombre	Valor
Dirección IP del servidor SMTP	10.10.3.5
Dirección de sender	mante@labstein.com
Dirección IP de servidor POP3	10.10.3.5
Nombre de la cuenta	mante
Clave de la cuenta	*****

Comunicación ODBC

Los datos de las alarmas y actividades de seguridad quedan grabados en una base de datos Oracle para que puedan ser utilizados para analices posteriores. Estas junto con los valores obtenidos por cada medición de tendencia se guardan en tablas separadas localizadas en la base de datos

principal. Utilizando el *Microsoft OLE DB Provider for Oracle* se establece la conexión de la computadora con el servidor que contiene la base de datos. A la aplicación se le indica de conectarse a la base de datos por medio del Gateway 10.10.3.9 y el puerto 1521. El programa crea automáticamente las tablas nuevas. Estas se crean por día y tiene un periodo de caducidad. Es decir en la aplicación se especifica cuanto tiempo se desea que se guarden estas tablas antes de ser borradas. El programa compara la fecha en que fue creada la tabla y si es más vieja del tiempo deseado la borra. Este tiempo puede ser ajustado desde dentro de la aplicación.

Drivers

Los *Drivers* vienen incluidos con la aplicación. Estos permiten la comunicación con los diversos tipos de PLC. Para poder hacerlos funcionar es necesario crear los llamados *Worksheets*. En estos primero se debe especificar si son de lectura o de escritura. Luego se realiza una lista de las variables que se asociaran con los registros o relays del PLC. Finalmente se debe indicar con cual de las estaciones de la red se desea comunicar. Para asignar variables a los valores de los contactos o de los registros lo primero es escribir el encabezado el cual indica si se realiza una lectura o una escritura y si es hacia un relay o un registro. La última parte del encabezado indica la memoria inicial a partir de la cual se leerán los registros o relays. Es decir el programa automáticamente comenzará la lectura de los registros a partir de esta dirección ahorrando tiempo de búsqueda. Si se quiere que la búsqueda se haga desde el principio se escribe 0000 en el encabezado, como en la figura 5.16.

Description:
 Increase priority

Read Trigger: Enable Read when Idle: Read Completed: Read Status:

Write Trigger: Enable Write on Tag Change: Write Completed: Write Status:

Station: Header: Min:
 Max:

	Tag Name	Address	Div	Add
1	ResetPill[0]	1.1		
2	ResetPill[1]	1.3		
3	ResetPill[2]	1.5		
4	ResetPill[3]	1.7		
5	ResetPill[4]	1.9		
6	ResetPill[5]	1.B		

Figura 5.16 Worksheet Matsuhita

Acceso Remoto

El programa puede ser accedido remotamente a través de un web browser como Explorer o Netscape. Las pantallas son salvadas en formato *html* y colocadas en el computador que hará la función de Web Server. Desde la estación de cliente no solo se puede visualizar las pantallas del servidor, sino también cambiar y enviar información. Todos los llamados *background tasks* son ejecutados únicamente en el servidor. El cliente carga la interfaz gráfica del servidor (pantallas con objetos y dinámicas) y despliega los valores de los *tags* en línea del servidor, así como los datos de los históricos (Alarmas, eventos y gráficos).

El componente *ISSymbol* es el componente que permite el despliegue de las pantallas creadas con Indusoft y el intercambio de datos entre el Web Browser y el módulo del servidor TCP/IP de Indusoft. *ISSymbol* funciona como una capa de control entre la aplicación y el navegador de Internet, esto es equivalente al *Java Virtual Machine* para aplicaciones basadas en lenguaje Java. Este método permite un alto nivel de seguridad debido a que el *ISSymbol* no autoriza que la aplicación acceda el sistema operativo directamente.

El funcionamiento es el siguiente: primero habría que introducir la dirección de Web Server en el navegador (<http://10.10.3.14> en este caso). El cliente ejecutará los siguientes pasos:

1. El navegador baja la página HTML de la pantalla solicitada
2. El navegador revisa si el computador tiene el ISSymbol instalado. Si no lo encuentra lo intenta bajar de una página web, la cual fue previamente asignada en la aplicación. Una vez que lo haya cargado el ISSymbol se encarga de la comunicación con el *Server* y el navegador sirve solo *host* del *ISSymbol*.
3. ISSymbol se conecta con el Data Server. La dirección IP de esta última se especifica previamente en el programa.
4. ISSymbol activa una ventana dentro del browser que pide el nombre del usuario y la clave antes de ingresar al sistema. Los datos son encriptados y enviados al Server. Esta última revisa la validez de los datos enviados y si el usuario cuenta con los permisos necesarios para poder visualizar esa pantalla. En caso afirmativo el proceso continúa, de lo contrario aparece un mensaje de error, indicándole al usuario ingresar los datos nuevamente.
5. ISSymbol descarga los archivos necesarios para visualizar la pantalla escogida (gráficos, tags, etc.)
6. ISSymbol reconecta con el Data Server para obtener los valores actuales de los tags.
7. ISSymbol despliega los valores en la pantalla y actualiza los objetos en ella conforme varían los valores leídos. Cuando el valor de un tag de la pantalla abierta varía en el Data Server, el nuevo valor es enviado al cliente. Por lo tanto, no hay sondeo entre los clientes y el Server. Esto incrementa el rendimiento de la comunicación y optimiza el tráfico en la red.

Arquitectura del acceso remoto

Existen diferentes tipos de arquitecturas que se pueden utilizar para manejar la comunicación remota de la aplicación. Hay cuatro conceptos básicos y necesarios para comprenderlas.

- **Web Server:** Software que implementa el protocolo HTTP a través de TCP/IP
- **Web Server Station:** Computadora que corre un web Server. Los archivos html y gráficos necesarios son guardados en esta computadora.

- **Data Server Station:** Computadora que corre el programa principal. En está ubicado la aplicación principal.

Internet

La arquitectura para usuarios fuera de la red de la empresa es la que se puede ver en la figura 5.17.

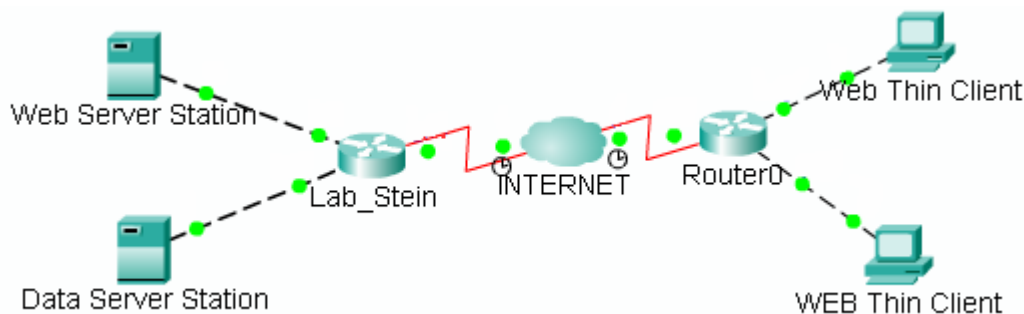


Figura 5.17 Arquitectura de comunicación por internet

En este caso el Web Server y el cliente se encuentran en diferentes redes. El Data Server no está conectado directamente a Internet por lo que carece de dirección IP en Internet y no puede ser accesada directamente a través de esta. Utilizar el método de Web Tunneling permite este tipo de comunicación y al mismo tiempo da más seguridad al sistema ya existente. El programa Web Tunneling Gateway(WTG) permite utilizar funciones de router para solucionar el problema, ya que actúa como un router entre el cliente (conectado a Internet) y el data Server (conectado a Intranet). La computadora que corre el WTG debe tener el Microsoft IIS Web Server instalado para funcionar.

Intranet

La segunda opción de conexión es para los usuarios que accedan al programa desde computadoras que se encuentren dentro de la misma red de la empresa. Esta arquitectura es la que aparece en la figura 5.18.

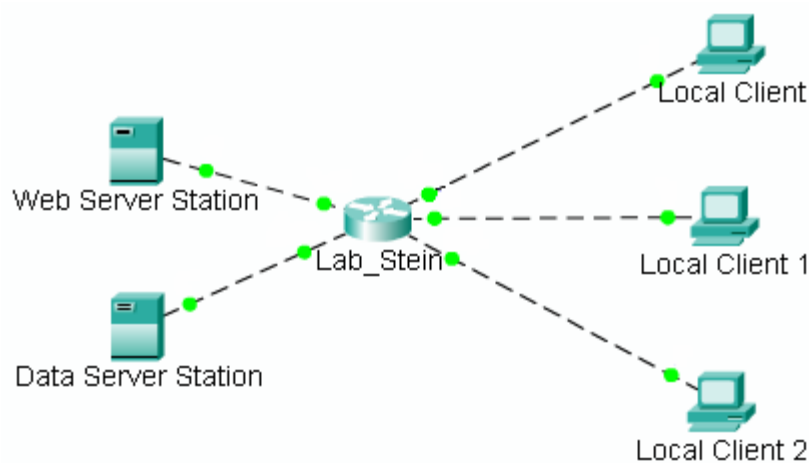


Figura 5.18 Arquitectura de comunicación por intranet

Esta arquitectura es utilizada por los siguientes motivos.

- Permite utilizar el *Web Server Station* ya existente en la empresa para comunicarse con todos los usuarios. Por razones de seguridad es mejor no tener la aplicación instalada en la misma computadora que tiene el *Web Server*. Por lo tanto, el programa se corre desde el *Data Server station* y en el *Web Server Station* se copia únicamente los componentes web en el folder correspondiente.
- Se puede usar un servidor Linux, en este caso se usa Apache. Esto porque no se instala el programa en la computadora con el servidor.
- Esconde la dirección IP del *Data Server Station* de los clientes conectados al programa. Al tener que escribir la dirección del *Web Server Station* los usuarios no pueden saber la dirección de la computadora que contiene la aplicación obteniendo así un grado mayor de seguridad.

Conexión física de la red

El diseño de las rutas de cableado está basado en los planos de la planta hechos en AUTOCAD. Se utiliza cable 10 Base T. Este pasa muy cerca de tuberías y cables de alta tensión por lo que la distancia máxima de 100 metros especificada por el estándar ANSI/TIA/EIA-568-B no es adecuada. La pérdida de señal es demasiado alta por lo que se prefiere utilizar una distancia máxima de 50m. el diagrama final el cableado se puede ver en los anexos de este informe.

Capítulo 6: Análisis de resultados

3.1 Resultados

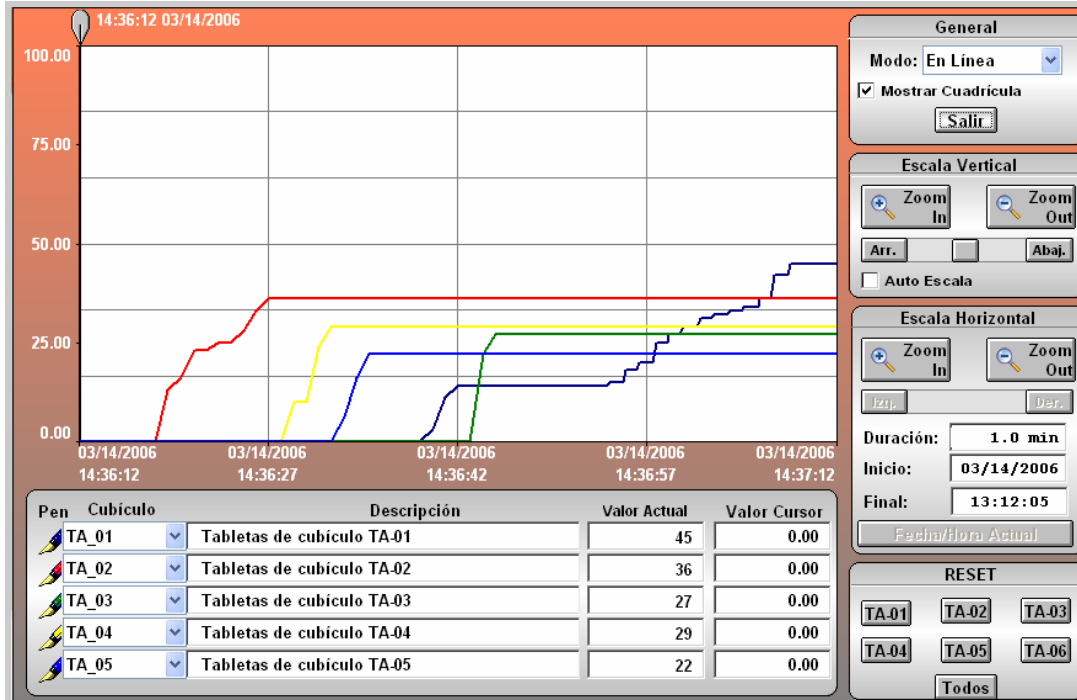


Figura 6.1 Gráfico de datos en línea de contadores de tableteras.

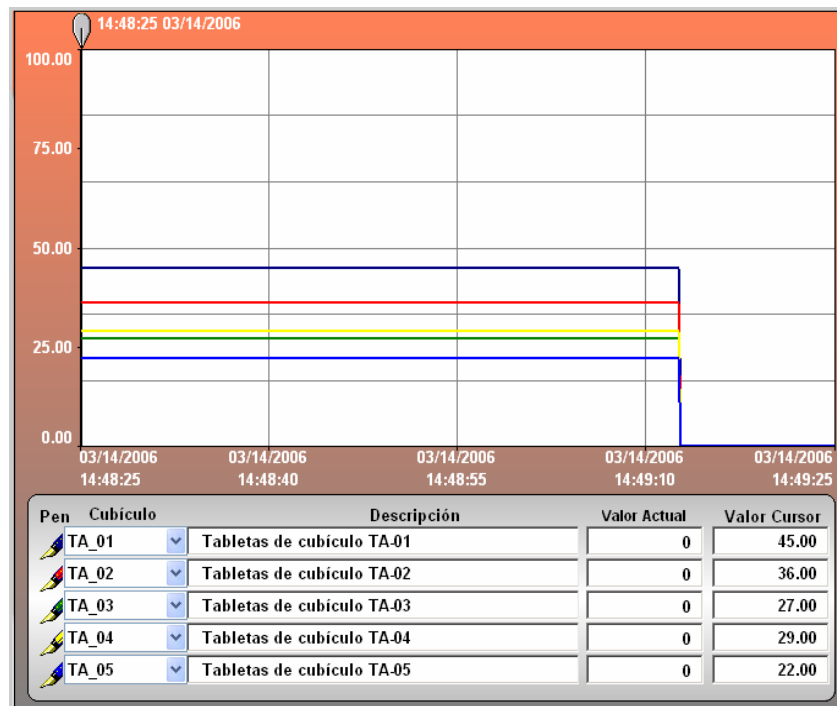


Figura 6.2 Reseteo de contadores de tableteras.

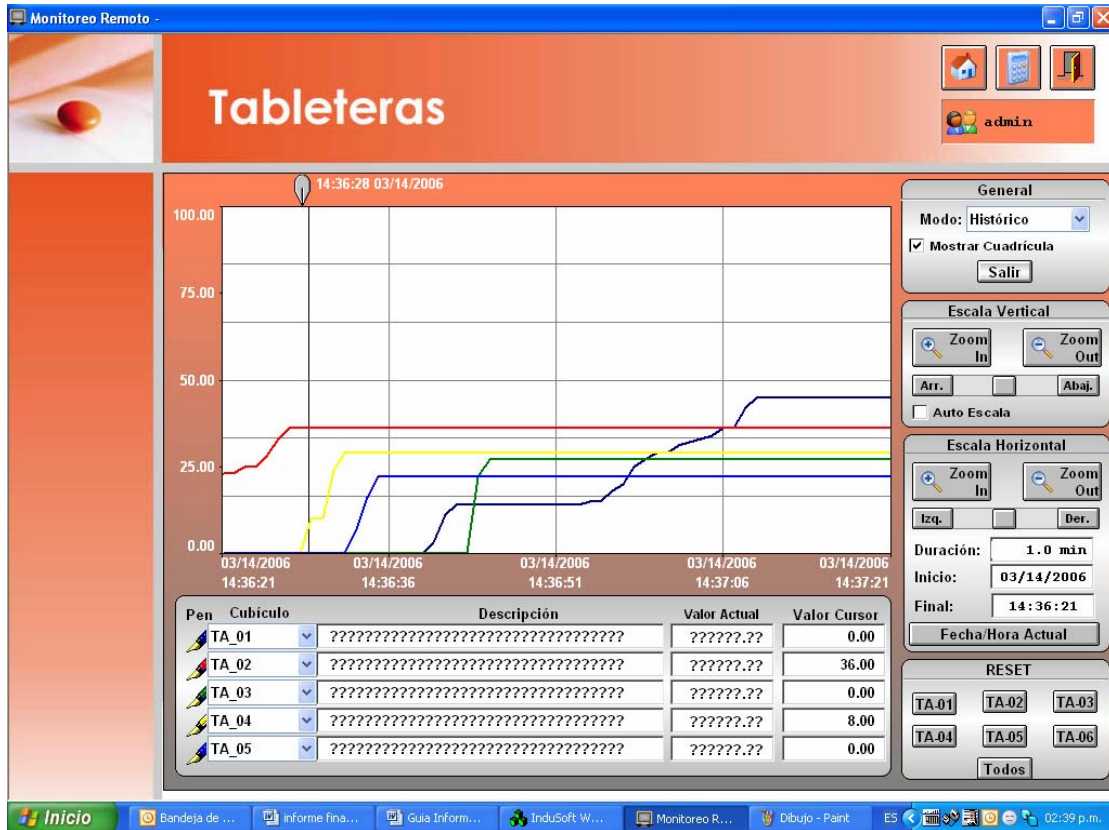


Figura 6.3 Gráfico de históricos de contadores de tableteras.

Event Time	Mensaje	Estación	Active Time	Ack Time	Norm Time	Gr
03/14/2006 16:09:00	Corriente en fase B mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:08:59		03/14/2006 16:09:00	Ala
03/14/2006 16:09:00	Corriente en fase A mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:08:59		03/14/2006 16:09:00	Ala
03/14/2006 16:09:00	Corriente en fase C mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:08:59		03/14/2006 16:09:00	Ala
03/14/2006 16:08:59	Corriente en fase C mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:08:59			Ala
03/14/2006 16:08:59	Corriente en fase B mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:08:59			Ala
03/14/2006 16:08:59	Corriente en fase A mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:08:59			Ala
03/14/2006 16:05:43	Corriente en fase B mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:05:43		03/14/2006 16:05:43	Ala
03/14/2006 16:05:43	Corriente en fase A mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:05:43		03/14/2006 16:05:43	Ala
03/14/2006 16:05:43	Corriente en fase C mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:05:43		03/14/2006 16:05:43	Ala
03/14/2006 16:05:43	Corriente en fase C mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:05:43			Ala
03/14/2006 16:05:43	Corriente en fase B mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:05:43			Ala
03/14/2006 16:05:43	Corriente en fase A mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:05:43			Ala
03/14/2006 16:05:20	Temperatura del Aire Supe...	A_OVI...	03/14/2006 14:48:23	03/14/2006 16:05:20		Ala
03/14/2006 16:05:20	Temperatura del Aceite Su...	A_OVI...	03/14/2006 14:48:23	03/14/2006 16:05:20		Ala
03/14/2006 16:03:12	Corriente en fase B mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:03:11		03/14/2006 16:03:12	Ala
03/14/2006 16:03:12	Corriente en fase A mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:03:11		03/14/2006 16:03:12	Ala
03/14/2006 16:03:12	Corriente en fase C mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:03:11		03/14/2006 16:03:12	Ala
03/14/2006 16:03:11	Corriente en fase C mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:03:11			Ala
03/14/2006 16:03:11	Corriente en fase B mayor ...	A_OVI...	03/14/2006 16:03:11			Ala

Figura 6.4 Tabla de Histórico de Alarmas

Event Time	Username	Station	Type	1	Message
03/14/2006 16:39:16	chernan...	A_OVIEDO	Security Sy...		User blocked: chernandez
03/14/2006 16:39:16	chernan...	A_OVIEDO	Security Sy...		Invalid attempt to log: chernandez
03/14/2006 16:39:07	chernan...	A_OVIEDO	Security Sy...		Invalid attempt to log: chernandez
03/14/2006 16:38:53	chernan...	A_OVIEDO	Security Sy...		Invalid attempt to log: chernandez
03/14/2006 16:38:45	chernan...	A_OVIEDO	Security Sy...		LogOn
03/14/2006 16:38:06	acalvo	A_OVIEDO	Security Sy...		LogOn
03/14/2006 16:37:42	admin	A_OVIEDO	Security Sy...		User unblocked: omena
03/14/2006 16:24:52	admin	A_OVIEDO	Security Sy...		User created: jgutierrez
03/14/2006 16:23:27	admin	A_OVIEDO	Security Sy...		User created: gvargas
03/14/2006 16:23:27	admin	A_OVIEDO	Security Sy...		LogOn
03/14/2006 16:21:00	chernan...	A_OVIEDO	Security Sy...		LogOn
03/14/2006 16:19:15	admin	A_OVIEDO	Security Sy...		LogOff
03/14/2006 16:15:41	admin	A_OVIEDO	Security Sy...		User blocked: apicado
03/14/2006 16:15:25	admin	A_OVIEDO	Security Sy...		Password changed [User: chernandez]

Filtro Columnas Imprimir Beep Ver Todas

Alarmas General

Modo: Historicos Total Activas: 0 Modo: Seguridad

Figura 6.5 Tabla de históricos de seguridad



Figura 6.6 Mensaje de advertencia de clave inválida

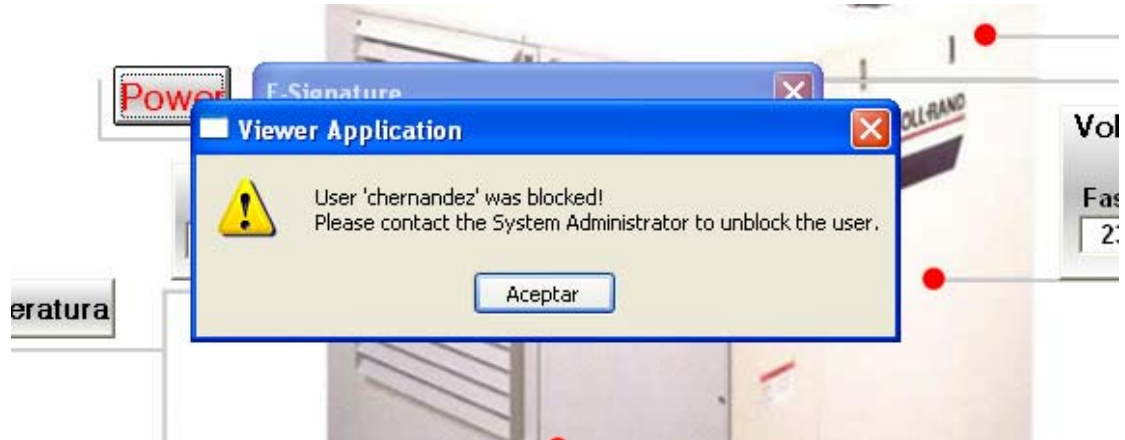


Figura 6.7 Mensaje de seguridad de clave bloqueada automáticamente

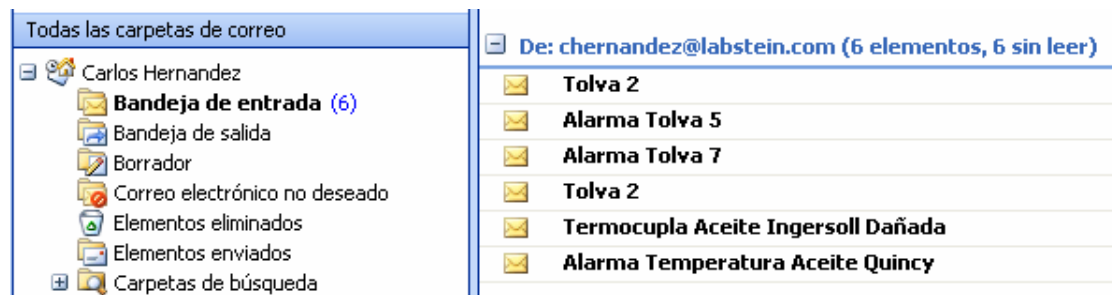


Figura 6.8 Correos de alarmas

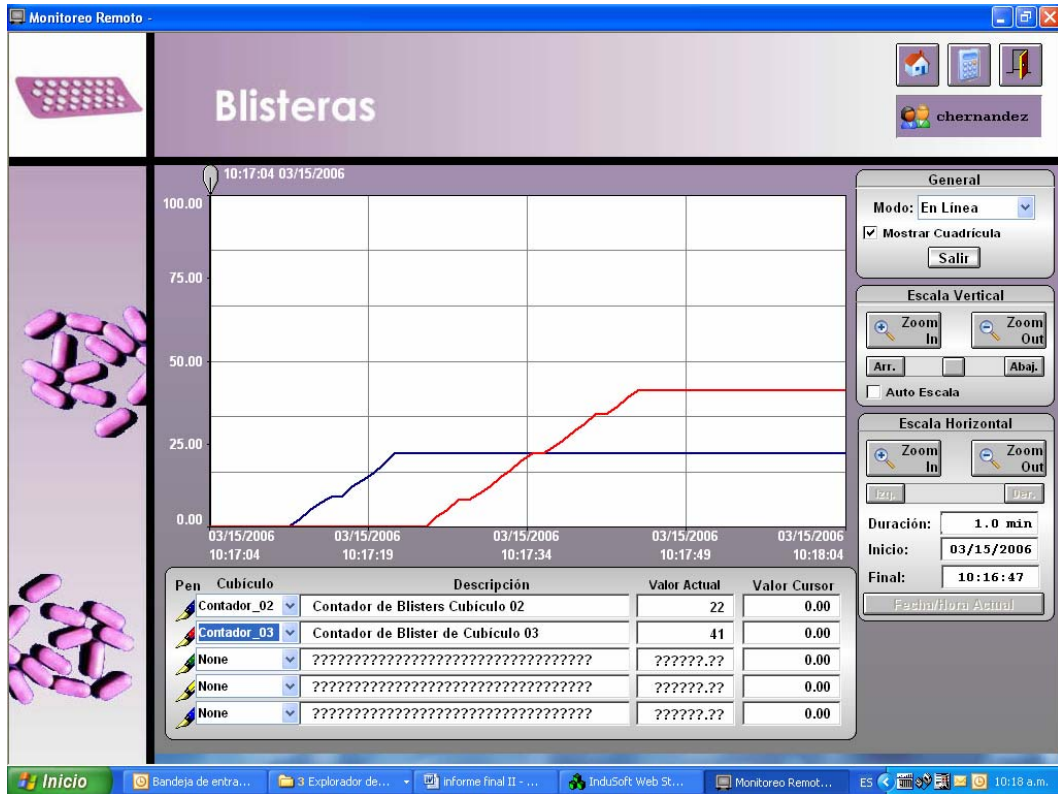


Figura 6.9 Gráfico de contador de blisteras

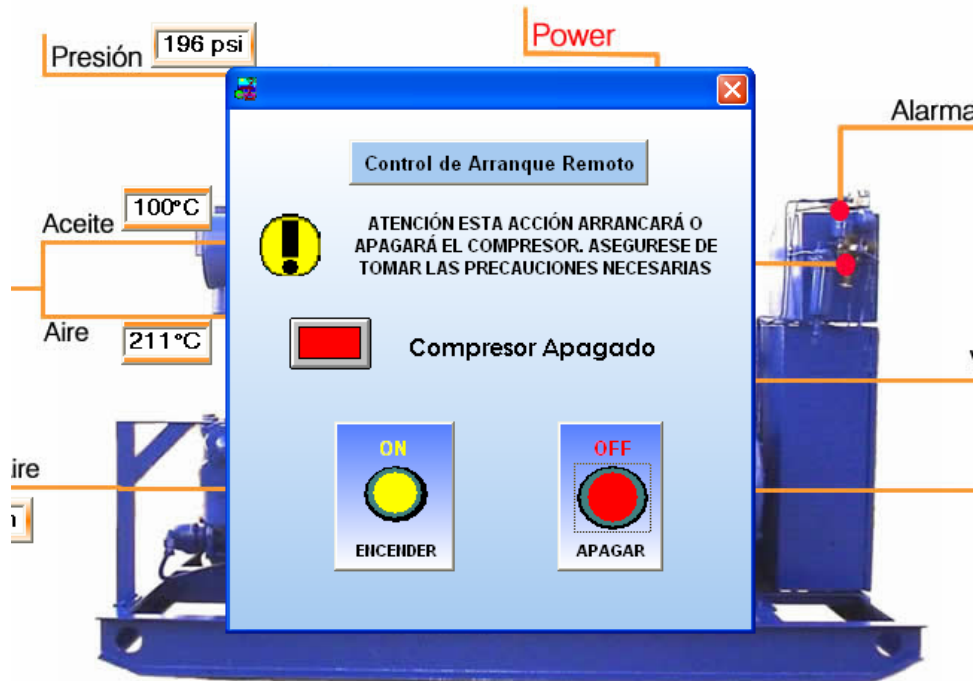


Figura 6.10 Gráfico de arranque de compresor Quincy

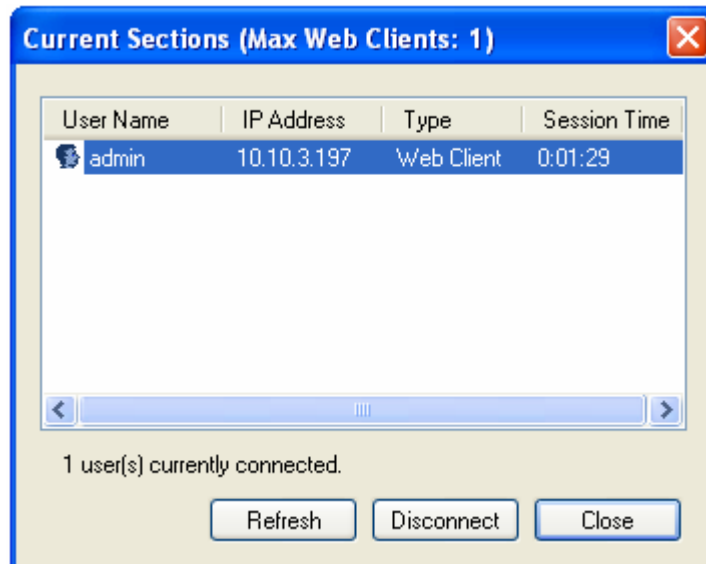


Figura 6.11 Servidor TCP/IP



Figura 6.12 Aplicación en Internet

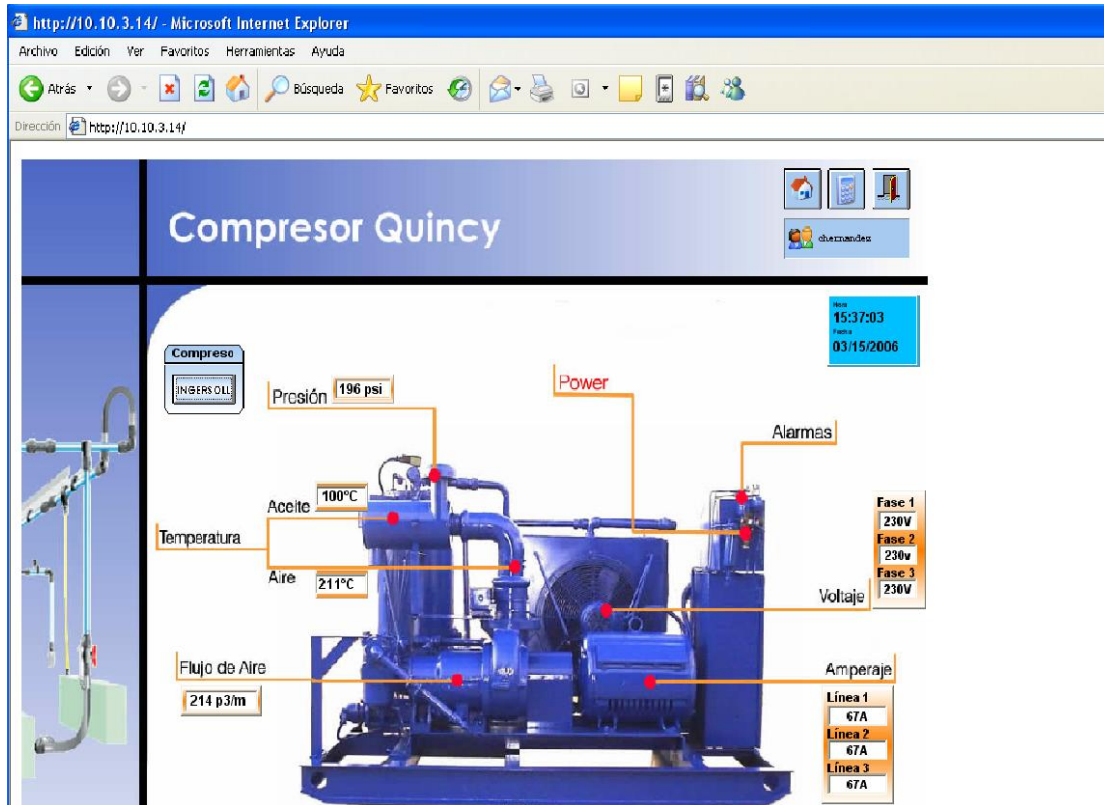


Figura 6.13 Pantalla compresor Quincy en intranet

3.2 Análisis

Los resultados obtenidos a partir de la aplicación realizada, demuestran que la herramienta cumple con todos los requerimientos planteados.

En primer lugar se logra la graficación de los valores leídos por los PLC en tiempo real. En las figuras 6.1 y 6.9 se ven los gráficos para producción de tabletas y blisters respectivamente. La posibilidad de observar hasta cinco señales simultáneamente permite realizar análisis comparativos en el momento. Por ejemplo, servirá para indicar si la producción de alguna máquina es significativamente menor a otra semejante, lo cual implica que tiene algún problema y debe ser revisada. De contarse con esta herramienta solo se podría dar cuenta del problema una vez terminado el proceso y después de una cuenta manual. Lo cual llevaría mucho tiempo y sería poco preciso. Al utilizar el programa, el problema se ve inmediatamente y puede ser programado el mantenimiento de la máquina en forma inmediata y no hasta el final de la jornada laboral. Esto permite ofrecer un mejor mantenimiento preventivo, ya que podría estarse arreglando un problema

antes de que se torne serio y haya que sacar de funcionamiento a la máquina por un mayor período de tiempo.

En el gráfico 6.1 las cinco señales fueron obtenidas a partir de una simulación con los sensores. Es decir, no estaba conectado a la máquina directamente, sino que fue utilizado un punzón separado que se acercó repetidamente a los sensores para probar su respuesta. Por esta razón es que el conteo termina abruptamente. En el caso de la figura 6.9 el conteo sí fue realizado directamente en las máquinas por un corto período. Se observa una curva en forma de rampa tal como era de esperar debido a la producción continua y constante. Se presentan unas pequeñas pausas en ambas máquinas, lo cual podría ser indicador de que la separación entre blisters después de una cantidad determinada no es constante y es mayor que los demás. Sin embargo, el tiempo de diferencia es mínimo y pudo ser observado gracias a que se agrandó el gráfico por medio de la función de zoom del programa. Las mediciones en los compresores dan resultados similares. No se incluyeron figuras dado que sus gráficos son poco representativos y los valores analógicos se comportan en forma muy constante, por lo que salvo que se presente un problema, el gráfico será una línea constante. Cabe mencionar que el programa está en grado de graficar hasta ocho curvas al mismo tiempo si se desea. La configuración de cinco que tiene ahora fue seleccionada ya que por el momento se consideró como suficiente para las tareas deseadas. Además de que ocho curvas al mismo tiempo resultan confusas.

El hecho que se logre obtener esta información con los PLC indica que la red de PLC está enviando los datos de manera satisfactoria y presenta ningún tipo de choque o pérdida de datos. Para asegurarse de que el sistema también le envía correctamente información se pudo ver la figura 6.2. En ésta se envió el comando de reseteo de las cinco tableteras. Por lo que la respuesta es casi inmediata, menos de un segundo para que reaccione el PLC. Además la orden funciona simultáneamente para todas las salidas del mismo.

La figura 6.10 es otra muestra de que se está dando la comunicación con los PLC. Se acaba de enviar el comando de apagar el compresor. Si esto sucede, el PLC lee 0V en todas las fases por lo que se activa la condición de compresor desactivado y el mensaje cambia, así como el color de la luz (pasa a rojo en este caso).

Según indica la regulación 21 CFR parte once de la FDA se deben seguir ciertos lineamientos y criterios para que datos, expedientes y firmas electrónicos sean considerados confiables y equivalentes a datos, expedientes y firmas hechas a mano en papel.

Un expediente electrónico es cualquier dato que puede ser salvado de manera digital y ser accesado en cualquier momento. Una firma electrónica es un tipo de expediente electrónico específico que contiene la siguiente información: hora, nombre de usuario y significado de la firma. Una firma digital es un tipo de firma electrónica cuyos datos fueron encriptados. Un sistema abierto tal como Internet requiere que todas sus firmas electrónicas sean encriptadas. Los expedientes electrónicos están asociados con eventos (tales como cambio de valor de un *tag*) independientemente de si fue el usuario el que lo ocasionó. Firmas electrónicas están asociadas con acciones causadas por el usuario (como presionar un botón o cambiar un valor manualmente). Los expedientes electrónicos incluyen alarmas, eventos y reportes. La regla de la parte 11 no especifica sin embargo el formato en el que se deben guardar los datos por lo que no importa el tipo de base de datos que se utilice. Esto porque la seguridad y confidencialidad de estas depende de ellas mismas (por medio de passwords, etc.). Se especifica que el administrador del sistema debe tener acceso a las propiedades de las diferentes cuentas para crear usuarios nuevos, bloquearlos o desactivarlos. Todos estos cambios deben quedar grabados. Finalmente, nadie ni siquiera el administrador puede tener acceso al password de los demás usuarios.

Las figuras 6.3, 6.4 y 6.5 muestran como se logró almacenar esta información de la manera requerida. En la figura 6.3 se puede ver un gráfico de las tableteras pero que no es en línea. Es un histórico que se guardó en la base de datos. Las pantallas están programadas para mostrar los históricos por día puesto que así es como se almacenan las tablas en la base de datos. El programa permite reducir o aumentar el tiempo de muestreo. La figura 6.4 muestra la pantalla de las alarmas. La diferencia de colores indica el tipo de alarma, el rojo es una alarma activa, azul una que se apagó sola y en verde una alarma atendida por el usuario. Los históricos de alarmas aparecen por día. Si se desea ver alarmas de días anteriores es necesario consultarlo en la base de datos. Esto se hace ya que las alarmas de días anteriores no son críticas y sirven para análisis y planeamiento. Ambas cosas se pueden realizar con otras aplicaciones.

Las alarmas muestran además toda la información pertinente: el tipo, un mensaje que explica lo sucedido, la hora y fecha en que se originó, la hora en que fue atendida, el usuario que la atendió y desde cuál terminal se atendió. De esta forma el usuario obtiene la información deseada y se cumple con la normativa de la FDA.

En la figura 6.5 se muestra la tabla con los expedientes de seguridad. En este caso aparecen todos los tipos de situaciones en que el sistema graba la actividad del usuario, cuándo se crea un usuario, cuándo se bloquea, cambia la clave, reingresa o sale, desprograma y finalmente, cuándo se trata de acceder a una parte del programa y no se tienen los privilegios necesarios. Es importante notar que queda grabado el usuario que realiza la acción, la

fecha y hora, además de la terminal que este utilizó. De esta forma se cumple de igual forma con los requisitos de la FDA. Los archivos se ven en la aplicación por día. Al igual que con las alarmas para poder ver expedientes de seguridad de días anteriores se debe ver desde la base de datos. En cuanto a la posibilidad de bloquear una cuenta, cabe recordar que el programa está en grado de hacerlo automáticamente. Las figuras 6.6 y 6.7 muestran los mensajes que se despliegan cuando se intenta acceder con la clave equivocada. Informa de la cantidad de intentos que quedan para poner la clave correcta antes de que la cuenta sea bloqueada. Una vez superado este máximo de intentos la cuenta es automáticamente bloqueada por el sistema.

El sistema requiere que se envíe un correo electrónico cada vez que una alarma sea activada. Así se informa al personal de mantenimiento acerca del problema. En algunos casos es enviado un correo al encargado de producción del área. Se generaron varias alarmas en el transcurso de las pruebas y como se ve en la figura 6.8 los correos fueron recibidos con el mensaje correspondiente. Se diferencian por la zona de la alarma y la máquina afectada. En algunos casos como en el de las termocuplas de los compresores envía alarmas de autodiagnóstico; en este caso indica que la termocupla está desconectada o dañada. Ese tipo de alarma ayuda a simplificar aun más el mantenimiento correctivo por parte del departamento ya que agiliza ahorrando tiempo para diagnosticar el problema.

Un aspecto importante de esta herramienta era la necesidad de poder acceder remotamente. En las figuras 6.12 y 6.13 aparece cómo se despliega la aplicación en un navegador. Los valores de los *tags* se envían correctamente como según la figura 6.13. La aplicación llega a ofrecer todas las mismas funciones de forma remota que en la versión del servidor. La única diferencia es que ésta no se puede reprogramar remotamente. El sistema de seguridad también funciona debido a que solo es posible ingresar al sitio si se tiene la clave correspondiente. La aplicación tiene un control a través de su TCP/IP Server el cual permite ver los usuarios conectados al sistema remotamente, el nombre del usuario logueado y la dirección IP de la terminal que está utilizando. Esto se ve en la figura 6.11.

Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

1. La aplicación logra mantener un registro de todos los datos de las máquinas conectadas a ella en tablas de una base de datos ORACLE.
2. Puede ser visualizada por Internet o intranet y ofrece las mismas funciones.
3. Envía correos electrónicos a los encargados del equipo cada vez que se dispara una alarma.
4. Las alarmas son almacenadas en una base de datos.
5. Los requisitos de la regulación 21 CFR parte once de la FDA se cumplen a cabalidad.
6. El software SCADA Indusoft tiene todas las herramientas necesarias para producir una aplicación de monitoreo remoto.

7.2 Recomendaciones

1. Comprar PLC de la misma marca para las otras máquinas. De esta manera se homogeniza el proceso. Además se evita tener que comprar una licencia más cara para poder manejar la mayor cantidad de diferentes marcas de PLC.
2. Aumentar la cantidad de herramientas de autodiagnóstico del sistema para optimizar aun más el proceso de detección de fallas y mantenimiento.
3. Instalar una pantalla *touchscreen* en el área de compresores que sirva como HMI para controlar los datos en sitio
4. Tener mayores subdivisiones en los grupos de usuarios para limitar más el uso a los operarios e impedir halla problemas con la manipulación del programa.
5. Agregar videos al programa que sirvan como instrucciones de operación del mismo y de la máquina del área.
6. Agregar un tacómetro digital a los dos compresores para mejorar el sistema de arranque. En este momento el arranque quedó dependiente de un tiempo fijo para el cambio de conexión delta a conexión estrella. Lo ideal es que el cambio se haga en momento en que el motor alcanza su máximo número de revoluciones por lo que un tacómetro digital se podría hacer el cambio una vez que se obtenga ese valor.

Bibliografía

- [1]. Bothamley, Kevin; Rodgeron, Jim; *Emerging Ethernet Protocols*, <http://www.manukau.ac.nz/departments/e_e/research/2002/kb.pdf> [Consulta : 14 ago. 2005]
- [2]. EtherCAT Technology Group. Ethernet and real-time capability. <<http://www.ethercat.org/>> [Consulta: 8 sep. 2005]
- [3]. HMS. Connecting Automation Devices. Ethernet for industrial automation <<http://www.anybus.com/eng/technologies/modbustcp.asp>> [Consulta: 14 sep. 2005]
- [4]. HMS. Connecting Automation Devices. Modbus-IDA <<http://www.anybus.com/eng/technologies/modbustcp.asp>> [Consulta: 14 sep. 2005]
- [5]. IAONA. Industrial Ethernet Planning and Installation Guide <http://www.iaona.org/pictures/files/IAONA-Guide_Rel_4_0_031217.pdf> [Consulta: 14 sep. 2005]
- [6]. Kasemir, Kay-Uwe, INTERFACING THE CONTROLLOGIX PLC OVER ETHERNET/IP. *8th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (PSN THAP020)*, San Jose, CA, USA, November 27-30., <<http://arxiv.org/abs/cs/0110065>> [Consulta: 20 ago. 2005].
- [7]. Modbus-IDA. MODBUS Protocol specification. <http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1a.pdf> [Consulta: 8 sep. 2005].
- [8]. Modbus-IDA. MODBUS-TCP. <http://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0a.pdf> [Consulta: 8 sep. 2005].
- [9]. Potter, David; *Using Ethernet for Industrial I/O and Data Acquisition*, <http://www.eetasia.com/ARTICLES/1999OCT/1999OCT28_DA_NTES_AN.PDF> [Consulta: 15 ago. 2005]

[10]. Rockwell Automation. ETHERNET/IP: INDUSTRIAL ETHERNET
< <http://www.ab.com/networks/ethernet>> [Consulta: 6 sep. 2005].

[11]. Rockwell Automation. ETHERNET/IP Performance
<http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/ap/net-ap001_-en-p.pdf> [Consulta: 12 sep. 2005].

Apéndices

A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

10 BASE-T: Especificación Ethernet de banda base de 10 Mbps que usa dos pares de cables de par trenzado (Categoría 3, 4 ó 5): un par para transmitir datos y el otro para recibir datos. 10BASE-T, que forma parte de la especificación IEEE 802.3, tiene una limitación de distancia de aproximadamente 100 metros por segmento.

ANSI/TIA/EIA 568 B: Este estándar define un sistema genérico de alambrado de telecomunicaciones para edificios comerciales que puedan soportar un ambiente de productos y proveedores múltiples. El propósito de este estándar es permitir el diseño e instalación del cableado de telecomunicaciones contando con poca información acerca de los productos de telecomunicaciones que posteriormente se instalarán.

Ethernet: Norma o estándar (IEEE 802.3) que determina la forma en que los puestos de la red envían y reciben datos sobre un medio físico compartido que se comporta como un bus lógico, independientemente de su configuración física.

Ethernet /IP: Protocolo de capa de aplicación basado en el protocolo de control e información (CIP) de DeviceNet/ControlNet

LAN: acrónimo inglés de *Local Area Network* (Red de área local), y que se refiere a las redes locales de ordenadores. Red de computadoras interconectadas en un área reducida, por ejemplo, una empresa.

Modbus/TCP: Protocolo de capa de aplicación para la automatización basada en Modbus ASCII/RTU

PLC: Abreviatura de *Programmable Logic Controller* o **controlador lógico programable**. Dispositivos electrónicos muy usados en automatización industrial. Tecnología más eficiente que las anteriores, utilizada para reemplazar los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinatorial y secuencial. No solo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control. Pueden comunicarse con otros controladores y computadoras en redes de área local, y son una parte fundamental de los modernos sistemas de control distribuido.

Protocolo de capa de aplicación: Capa de información que le da significado a la información transmitida.

TCP: *Transmisión Control Protocol*. Mecanismo en TCP/IP que asegura que los datos lleguen intactos y en el orden correcto

UDP: acrónimo inglés de User datagram protocol. (Protocolo de Datagrama de Usuario) Protocolo de la capa de transporte no orientado a conexión de la pila de protocolos TCP/IP. El UDP es un protocolo simple que intercambia datagramas sin acuses de recibo ni garantía de envío, que requiere que el procesamiento de errores y la retransmisión sean administrados por otros protocolos.

A.2 Manual de usuario

A.2.1 Inicio y pantalla principal

Para acceder al programa se inicia haciendo doble click sobre el icono con el nombre MOMAP. Esto inicializa el programa abriendo la pantalla principal.

Si el usuario accede el programa desde Internet, necesita entrar a la página Internet correspondiente utilizando un navegador como Internet Explorer o Netscape Navigator. Consulte con el administrador para obtener esta dirección.

Nota: Para iniciar el programa desde Internet el programa del servidor tiene que estar inicializado.

El primer paso es ingresar su nombre de usuario y clave. Para esto se debe hacer clic sobre el icono con forma de llave situado en la parte superior derecha de la pantalla.

Nota: Si el acceso se hace por medio de Internet la pantalla de ingreso de nombre de usuario y clave aparece automáticamente antes de la de pantalla principal, por lo que si no se tiene una clave válida no puede siquiera ver la pantalla principal.

Desde esta pantalla se puede entrar a las diferentes áreas de monitoreo de la planta. De momento está activo el sector de tableteras, blisters y compresores, además del menú de configuración.

A.2.2. Configuración

Desde esta pantalla se puede obtener la información acerca de este programa. Su dirección IP, la versión del programa, la versión con la que fue creado y su ubicación en el disco duro.

En la parte derecha de la pantalla se encuentran varios menús relacionados con el manejo de usuarios. El primero permite crear un usuario nuevo. Para ello solo es necesario ingresar el nuevo nombre y clave y hacer clic sobre el botón "Crear". También se tiene que especificar el nivel de acceso que tendrá: operario, mantenimiento o ingeniero. Sin embargo para realizar esta tarea se debe contar con un nivel de acceso superior. El sistema pedirá que ingrese nuevamente su clave personal antes de realizar la acción. Si no tiene la autorización necesaria el botón se desactivará.

El segundo menú se usa para cambiar la clave de un usuario. Se ingresa el nombre del usuario cuya clave se desea cambiar y se hace clic

sobre el botón cambiar. Esto hace que se abra una pantalla en la cuál se escribe la nueva clave. Se escribe dos veces para confirmar que no se está introduciendo incorrectamente. Una vez escrito se hace clic sobre el botón "OK". Para realizar estas acciones también se tiene que volver a ingresar la propia clave y nombre de usuario como en el menú anterior. Esto se hace con fin de mantener un control de seguridad.

El tercer menú sirve para bloquear o desbloquear el acceso a un usuario existente. Para realizar esta acción se introduce el nombre del usuario en el espacio en blanco y se hace "click" sobre el botón revisar. La pantalla despliega el estado actual del usuario. Entonces se puede tomar la decisión de mantenerlo igual o cambiarlo haciendo "click" sobre el botón correspondiente. Al igual que en los casos anteriores es necesario ingresar nuevamente el propio nombre de usuario y clave.

A.2.3 Tableteras

La pantalla de tableteras presenta un mapa en tres dimensiones del área de compresión. Sobre cada uno de los cubículos se encuentra su número que lo identifica así con el número de pastillas que están siendo producidas en ese momento. Esta información refleja el estado actual de la producción y no los históricos. Si en lugar de un número se observa una serie de "X"s significa que no hay comunicación con el PLC y es necesario revisarla. Si se hace "click" sobre cualquiera de estos cuadros se abre una pantalla que muestra un video de la producción además de información más detallada de la producción en ese cubículo. Se indicará el nivel de sus tolvas, la cantidad de pastillas producidas y si la máquina se encuentra encendida o apagada.

En la parte izquierda se tiene un cuadro que contiene la información del nivel de las tolvas. NORMAL escrito en letras azul significa que la tolva tiene suficiente material para continuar operando. Si dice BAJO escrito en rojo indica que en tres minutos aproximadamente el producto se terminará y se apagará la máquina.

En la parte inferior de la izquierda se encuentra el botón de históricos al hacer clic sobre este aparece la pantalla que muestra los gráficos de curvas de esta zona. En primer lugar en la parte superior derecha aparece la opción para escoger el modo de ver las curvas: en línea o como históricos. Depende de cual opción se escoge varían los botones que se pueden utilizar de los demás menús. Debajo de este cuadro se encuentra un cuadrado de check, este se utiliza si se desea ver la cuadrícula en los gráficos.

En el cuadro denominado escala vertical se cuenta con la opción de aumentar o reducir la misma por medio de los botones “Zoom in” y “Zoom out”. El *slider* con los indicadores arriba y “abajo” sirve para mover el gráfico en estas direcciones sin alterar la escala. Por default los gráficos comienzan con cero como el valor más bajo desplegado. En caso de que por algún motivo se pierda de vista las curvas se puede hacer clic sobre el cuadro de auto escala. Esta opción automáticamente acomoda el gráfico de manera de que los valores mínimos y máximos de la escala de la cuadrícula corresponda con el valor mínimo y máximo de la curva. Es importante notar que mientras se tenga seleccionada esta opción no se puede cambiar la escala vertical manualmente.

El cuadro de escala horizontal ofrece la posibilidad de variar esta escala manualmente con los botones de “Zoom in” y “Zoom out”. También se puede mover las curvas hacia la derecha o la izquierda utilizando el *slider*.

Debajo del *slider* se encuentran tres espacios: duración, inicio y final. Estas opciones solo se activan si el gráfico esta en modo históricos. El primero sirve para especificar la duración del periodo de tiempo deseado, desde 24 horas hasta 1 segundo de tiempo. El espacio de inicio indica la fecha de las curvas que se desea ver. Se especifica el día, mes y año. En el espacio de Final se escribe la hora en la que se quiere que termine el muestreo. Por ejemplo si se escogen los datos duración seis minuto, inicio 3 de febrero de 2006 y final 10:34:04pm, el programa desplegará curvas de esa fecha que van de las 10:28:00pm hasta las 10:34:04pm.

Finalmente existe un cuadro con el nombre reseteo. Contiene botones con el número de cada cubículo. Esto sirve para reiniciar el conteo de las tabletas. Se pueden resetear todos los contadores simultáneamente si desea ahorrar tiempo haciendo “click” sobre el botón de reset con el nombre “Todos”.

En la parte inferior izquierda están los selectores de variables. Se pueden visualizar hasta cinco señales diferentes en forma simultánea. Cada espacio tiene un color preasignado. Nada más hay que escoger la variable que se desea graficar con ese color. A la par del nombre de la variable se incluye información sobre la misma, su valor actual y valor que se lee en la posición del cursor. El cursor puede ser movido jalándolo a través de la pantalla hasta llegar al punto cuyo valor se desea conocer.

Para salir de esta pantalla se hace “click” sobre el botón salir ubicado debajo del selector de modo en el cuadro principal.

A.2.4 Compresores

Al escoger esta opción del menú principal aparece una pantalla de menor tamaño indicando los dos compresores que hay disponibles: el Quince y el Ingersoll Rand. Una vez escogido se abre la pantalla correspondiente. Ambas tienen las mismas funciones, simplemente con diferentes gráficos por lo que no se hará dos veces la explicación.

En la pantalla de cada uno se ve una foto del compresor con todos los valores necesarios desplegados. Las variables visibles son la presión del aire, la temperatura del aceite, la temperatura del aire, las tensiones en las tres fases y las corrientes en las tres líneas. Al hacer clic en cualquiera de estos valores se abre la pantalla con los gráficos de las curvas de la variable seleccionada.

En la parte superior derecha aparece la opción para escoger el modo de ver las curvas: en línea o como históricos. Depende de cual opción se escoge varían los botones que se pueden utilizar de los demás menús. Debajo de este cuadro se encuentra un cuadrado de check, este se utiliza si se desea ver la cuadrícula en los gráficos.

En el cuadro denominado escala vertical se cuenta con la opción de aumentar o reducir la misma por medio de los botones “Zoom in” y “Zoom out”. El *slider* con los indicadores arriba y “abajo” sirve para mover el gráfico en estas direcciones sin alterar la escala. Por default los gráficos comienzan con cero como el valor más bajo desplegado. En caso de que por algún motivo se pierda de vista las curvas se puede hacer clic sobre el cuadro de auto escala. Esta opción automáticamente acomoda el gráfico de manera de que los valores mínimos y máximos de la escala de la cuadrícula corresponda con el valor mínimo y máximo de la curva. Es importante notar que mientras se tenga seleccionada esta opción no se puede cambiar la escala vertical manualmente.

El cuadro de escala horizontal ofrece la posibilidad de variar esta escala manualmente con los botones de “Zoom in” y “Zoom out”. También se puede mover las curvas hacia la derecha o la izquierda utilizando el *slider*.

Debajo del *slider* se encuentran tres espacios: duración, inicio y final. Estas opciones solo se activan si el gráfico está en modo históricos. El primero sirve para especificar la duración del periodo de tiempo deseado, desde 24 horas hasta 1 segundo de tiempo. El espacio de inicio indica la fecha de las curvas que se desea ver. Se especifica el día, mes y año. En el espacio de Final se escribe la hora en la que se quiere que termine el muestreo. Por ejemplo si se escogen los datos duración seis minutos, inicio 3 de febrero de 2006 y final 10:34:04pm, el programa desplegará curvas de esa fecha que van de las 10:28:00pm hasta las 10:34:04pm.

En la pantalla principal de cada compresor se tiene la posibilidad de pasar de uno a otro haciendo “click” sobre el botón con el nombre del otro compresor.

Si hace “clic” sobre el comando *Power* se le pedirá al usuario ingresar nuevamente su nombre y clave para acceder al control de encendido y/o apagado de los compresores. Si el usuario cuenta con suficientes privilegios se abre una nueva pantalla con dos botones en la parte inferior. Uno es para apagar el compresor y el otro para encender. Una luz indica el estado del compresor, además de que el mensaje desplegado en pantalla cambia dependiendo del estado de la máquina.

A.2.5 Blisteras

La pantalla de las blisteras muestra la velocidad en RPM del motor de las dos máquinas. Además de la cantidad de blisters siendo producidos en cada uno al igual en el caso de las pantallas de compresores y tableteras tiene una pantalla de para mostrar los gráficos de las curvas al hacer “clic” en el botón “históricos”.

En la parte superior derecha aparece la opción para escoger el modo de ver las curvas: en línea o como históricos. Depende de cual opción se escoge varían los botones que se pueden utilizar de los demás menús. Debajo de este cuadro se encuentra un cuadrado de check, este se utiliza si se desea ver la cuadrícula en lo gráficos.

En el cuadro denominado escala vertical se cuenta con la opción de aumentar o reducir la misma por medio de los botones “Zoom in” y “Zoom out”. El *slider* con los indicadores arriba y “abajo” sirve para mover el gráfico en estas direcciones sin alterar la escala. Por default los gráficos comienzan con cero como el valor más bajo desplegado. En caso de que por algún motivo se pierda de vista las curvas se puede hacer clic sobre el cuadro de auto escala. Esta opción automáticamente acomoda el gráfico de manera de que los valores mínimos y máximos de la escala de la cuadrícula corresponda con el valor mínimo y máximo de la curva. Es importante notar que mientras se tenga seleccionada esta opción no se puede cambiar la escala vertical manualmente.

El cuadro de escala horizontal ofrece la posibilidad de variar esta escala manualmente con los botones de “Zoom in” y “Zoom out”. También se puede mover las curvas hacia la derecha o la izquierda utilizando el *slider*.

Debajo del *slider* se encuentran tres espacios: duración, inicio y final. Estas opciones solo se activan si el gráfico esta en modo históricos. El primero sirve para especificar la duración del periodo de tiempo deseado,

desde 24 horas hasta 1 segundo de tiempo. El espacio de inicio indica la fecha de las curvas que se desea ver. Se especifica el día, mes y año. En el espacio de Final se escribe la hora en la que se quiere que termine el muestreo. Por ejemplo si se escogen los datos duración seis minuto, inicio 3 de febrero de 2006 y final 10:34:04pm, el programa desplegará curvas de esa fecha que van de las 10:28:00pm hasta las 10:34:04pm.

A.2.6 Alarmas

La pantalla de alarmas al entrar en ella muestra una tabla con diferentes opciones para su visualización. En la ventana de modo se escoge el tipo de alarma que se desea ver. Esta la posibilidad de ver por alarmas de maquinas en línea, históricos o alarmas de seguridad.

Las comunas desplegadas en cada modalidad varían siempre dependiendo del usuario dado que con el botón columnas se pueden agregar y quitar las que se deseen.

A.3 Información sobre la empresa

A.3.1 Descripción de la empresa

La empresa en la cual se realiza el proyecto es Laboratorios Stein, S.A. La cual se encuentra situada en Cartago a 800 metros sur de la entrada a la Carretera Interamericana.

Laboratorios Stein, S.A. se dedica a la fabricación de productos farmacéuticos para el mercado nacional y latinoamericano. La empresa elabora más de 400 productos en diferentes formas farmacéuticas, todos estos amparados por la certificación ISO 9001-2000, el cumplimiento de los requisitos de las Farmacopeas de Estados Unidos de Norteamérica (USP) y las otras Farmacopeas vigentes y el cumplimiento de las normas de GMP (Buenas Prácticas de Manufactura de la OMS). Estos productos están entre los medicamentos esenciales recomendados por la OPS.

A.3.2 Descripción del departamento o sección en la que se realizó el proyecto

El proyecto se realiza en el Departamento de mantenimiento. Este departamento es el encargado de reparar y dar mantenimiento a todas las máquinas industriales de la planta. La compra de los repuestos también es parte de sus funciones, así como el desarrollo de proyectos para mejorar la eficiencia de la planta por medio de la automatización de la misma.

Anexos

CT SERIES CAPACITIVE PROXIMITY SENSORS



M30 (30mm) metal – DC

- 6 models available
- Sensitivity adjustment with 20-turns trimmer
- Metal housing with axial cable
- Detects metallic and non-metallic objects
- Complete overload protection
- IP65 rated
- Double LED status indicators

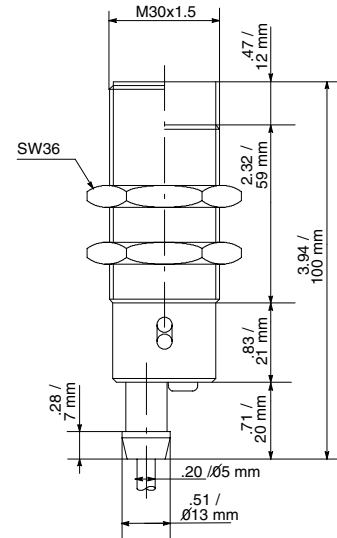
CT Series 30DC Capacitive Prox Sensor Selection Chart

Part Number	Price	Sensing Range	Housing	Output State	Logic	Connection
CT1-AN-1A	<--->	2 to 15mm (0.079-0.59in)	Shielded	N.O.	NPN	2m (6.5') axial cable
CT1-AP-1A	<--->				PNP	2m (6.5') axial cable
CT1-AN-2A	<--->	2 to 20mm (0.079-0.70in)	Unshielded	N.O.	NPN	2m (6.5') axial cable
CT1-AP-2A	<--->				PNP	2m (6.5') axial cable
CT1-CN-2A	<--->	2 to 20mm (0.079-0.70in)	Unshielded	N.C.	NPN	2m (6.5') axial cable
CT1-CP-2A	<--->				PNP	2m (6.5') axial cable

Specifications

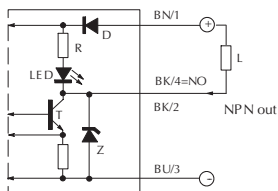
Type	Shielded	Unshielded
Operating Distance	2-15mm (0.079-0.59in)	2-20mm (0.079-0.70in)
Differential Travel	2 to 20%	
Repeat Accuracy	10%	
Operating Voltage	10-30VDC	
Ripple	≤10%	
No-load Supply Current	8mA	
Load Current	≤200mA	
Leakage Current	≤10µA	
Voltage Drop	1.8 volts maximum	
Output Type	NPN or PNP / N.O. or N.C. / 3 wire	
Switching Frequency	100Hz	
(tv) Time Delay Before Availability	100ms	
Input Voltage Transient Protection	Yes, only if transient peak does not exceed 30VDC	
Input Power Polarity Reversal Protection	Yes	
Output Power Short-Circuit Protection	Yes (switch autoresets after overload is removed)	
Temperature Range	-25° to +70° C (-13° to 158° F)	
Temperature Drift	20% Sr	
Protection Degree (DIN 40050)	IEC IP65	
LED Indicators	Green (supply), Red (N.O. output energized)	
Housing Material	Nickel-plated brass	
Sensing Face Material	PBT	
Tightening Torque	100Nm (73.7lb./ft.)	
Weight (cable/connector)	280g (19.88oz)	

Dimensions

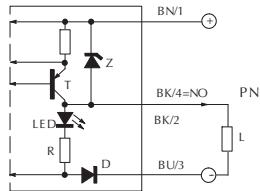


Wiring diagrams

NPN output



PNP output



Cables and Accessories

Cables and accessories can be found starting on page 17-48.

PROXIMITY SENSORS ACCESSORIES: CABLES

Cables with quick-disconnect plugs



- Industry standard M8 and M12 screw-lock connectors
- Axial cable and right-angle connector models available
- Available in 2m, 5m, and 7m cable lengths
- PVC (polyvinyl chloride) jacket available for typical industrial applications
- PUR (polyurethane) jacket available for oily and direct sunlight applications
- IP67 rated

Dimensions

Figure 1

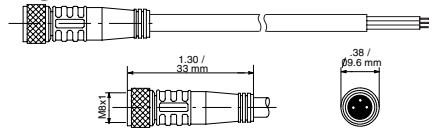


Figure 2

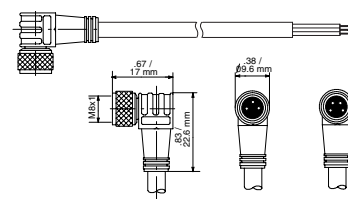


Figure 3

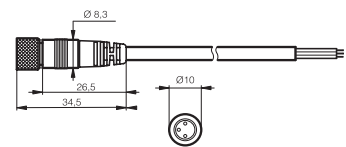


Figure 4

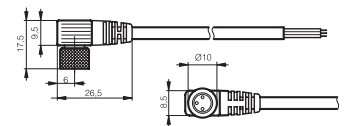


Figure 5

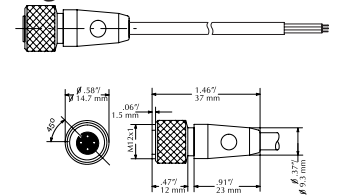


Figure 6

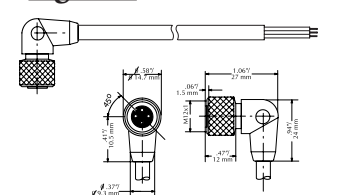


Figure 7

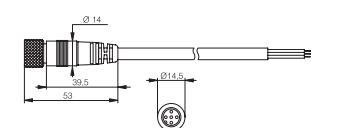
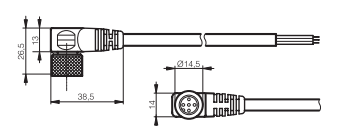


Figure 8



M8 Quick-Disconnect Cables						
Part Number	Price	Length	Poles	Connector	Jacket	Dimensions
M8 Quick-Disconnects						
CD08-0A-020-A1	<--->	2m (6.5ft.)	3	Axial	PVC	Figure 1
CD08-0A-020-C1	<--->	2m (6.5ft.)	3	Right-angle	PVC	Figure 2
CD08-0A-050-A1	<--->	5m (16.4ft.)	3	Axial	PVC	Figure 3
CD08-0C-050-A1	<--->	5m (16.4ft.)	3	Axial	PUR	Figure 3
CD08-0A-050-C1	<--->	5m (16.4ft.)	3	Right-angle	PVC	Figure 4
CD08-0C-050-C1	<--->	5m (16.4ft.)	3	Right-angle	PUR	Figure 4
CD08-0A-070-A1	<--->	7m (23ft.)	3	Axial	PVC	Figure 1
CD08-0A-070-C1	<--->	7m (23ft.)	3	Right-angle	PVC	Figure 2

M12 Quick-Disconnect Cables						
Part Number	Price	Length	Poles	Connector	Jacket	Dimensions
M12 Quick-Disconnects						
CD12L-0B-020-A0	<--->	2m (6.5ft.)	4	Axial	PVC	Figure 5
CD12L-0B-020-C0	<--->	2m (6.5ft.)	4	Right-angle	PVC	Figure 6
CD12M-0B-050-A1*	<--->	5m (16.4ft.)	3	Axial	PVC	Figure 7
CD12M-0D-050-A1*	<--->	5m (16.4ft.)	3	Axial	PUR	Figure 7
CD12M-0B-050-C1*	<--->	5m (16.4ft.)	3	Right-angle	PVC	Figure 8
CD12M-0D-050-C1*	<--->	5m (16.4ft.)	3	Right-angle	PUR	Figure 8
CD12M-0B-070-A1	<--->	7m (23ft.)	4	Axial	PVC	Figure 5
CD12M-0B-070-C1	<--->	7m (23ft.)	4	Right-angle	PVC	Figure 5

* Note: Do not use with SU and TU series.

Cable Specifications	M8		M12	
Length	2m (6.5ft.)/ 7m (23ft.)	5m (16.4ft.)	2m (6.5ft.)/ 7m (23ft.)	5m (16.4ft.)
Nominal Voltage	50VAC/75VDC	60VAC/75VDC	300VAC	60VAC/75VDC
Nominal Current	4A	1.5A	4A	1.5A
Protection Degree	IEC IP67		IEC IP67	
Contact Body Material	ABS	PUR	ABS	PUR
Housing Material	PUR		PUR	
Contacts Material	CuSn	CuZn	CuSn	CuZn
Conductors Section	0.34mm ²		0.34mm ²	
Ø Outer Cable	5mm		5mm	
Temperature Range	-25° to +70°C (-13° to 158°F)		-25° to +70°C (-13° to 158°F)	

PROXIMITY SENSORS ACCESSORIES: EXTENSION CABLES



Extension cables with quick-disconnect plugs on each end

Available extension cables include:

- Industry standard M8 and M12 screw-lock connectors
- Axial and right-angle connector models
- 1m and 3m cable lengths
- PVC (polyvinyl chloride) jacket for typical industrial applications
- IP67 rated

Dimensions

Figure 1

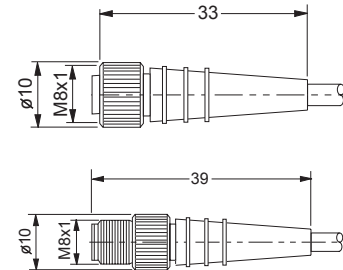


Figure 2

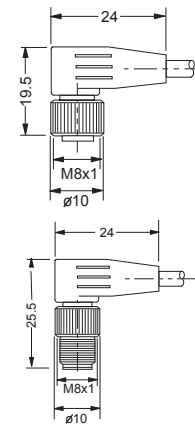


Figure 3

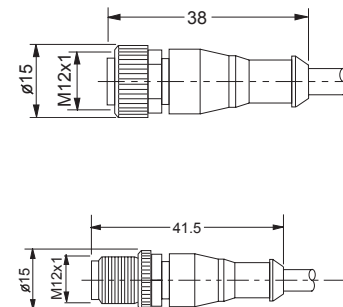
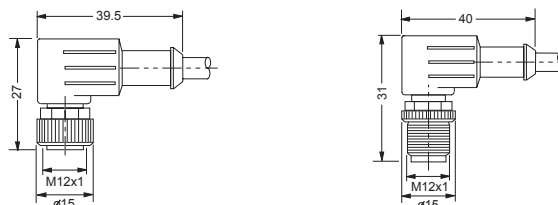


Figure 4



M8 Extension Cables with Quick-Disconnect on each end						
Part Number	Price	Length	Poles	Connectors	Jacket	Dimensions
M8 Quick-Disconnect Extension Cables						
CDP08-0A-010-AA	<-->	1m (3.28ft.)	3	2 Axial	PVC	Figure 1
CDP08-0A-010-BB	<-->	1m (3.28ft.)	3	2 Right-angle	PVC	Figure 2
CDP08-0A-030-AA	<-->	3m (9.84ft.)	3	2 Axial	PVC	Figure 1
CDP08-0A-030-BB	<-->	3m (9.84ft.)	3	2 Right-angle	PVC	Figure 2

M12 Extension Cables with Quick-Disconnect on each end						
Part Number	Price	Length	Poles	Connectors	Jacket	Dimensions
M12 Quick-disconnect Extension Cables						
CDP12-0B-010-AA	<-->	1m (3.28ft.)	4	2 Axial	PVC	Figure 3
CDP12-0B-010-BB	<-->	1m (3.28ft.)	4	2 Right-angle	PVC	Figure 4
CDP12-0B-030-AA	<-->	3m (9.84ft.)	4	2 Axial	PVC	Figure 3
CDP12-0B-030-BB	<-->	3m (9.84ft.)	4	2 Right-angle	PVC	Figure 4

Cable Specifications	M8 / M12
Length	1m (3.28ft.)/ 3m (9.84ft.)
Nominal Voltage	50VAC/75VDC
Nominal Current	4A
Protection Degree	IEC IP67
Contact Body Material	ABS
Housing Material	PUR
Contacts Material	CuSn
Conductors Section	0.34mm ²
Ø Outer Cable	5mm
Temperature Range	-25° to +70°C (-13° to 158°F)

Panasonic

ideas for life

Programmable Controller

FP-X

Advanced Compact Model
with High Speed, Large Capacity
and Multi-functions



FP-X Programmable Controller
ARCT1B255E '05. 5

NEW

<http://www.nais-e.com/plc/>
Panasonic...the new name for **NAIS**

Matsushita Electric Works, Ltd.

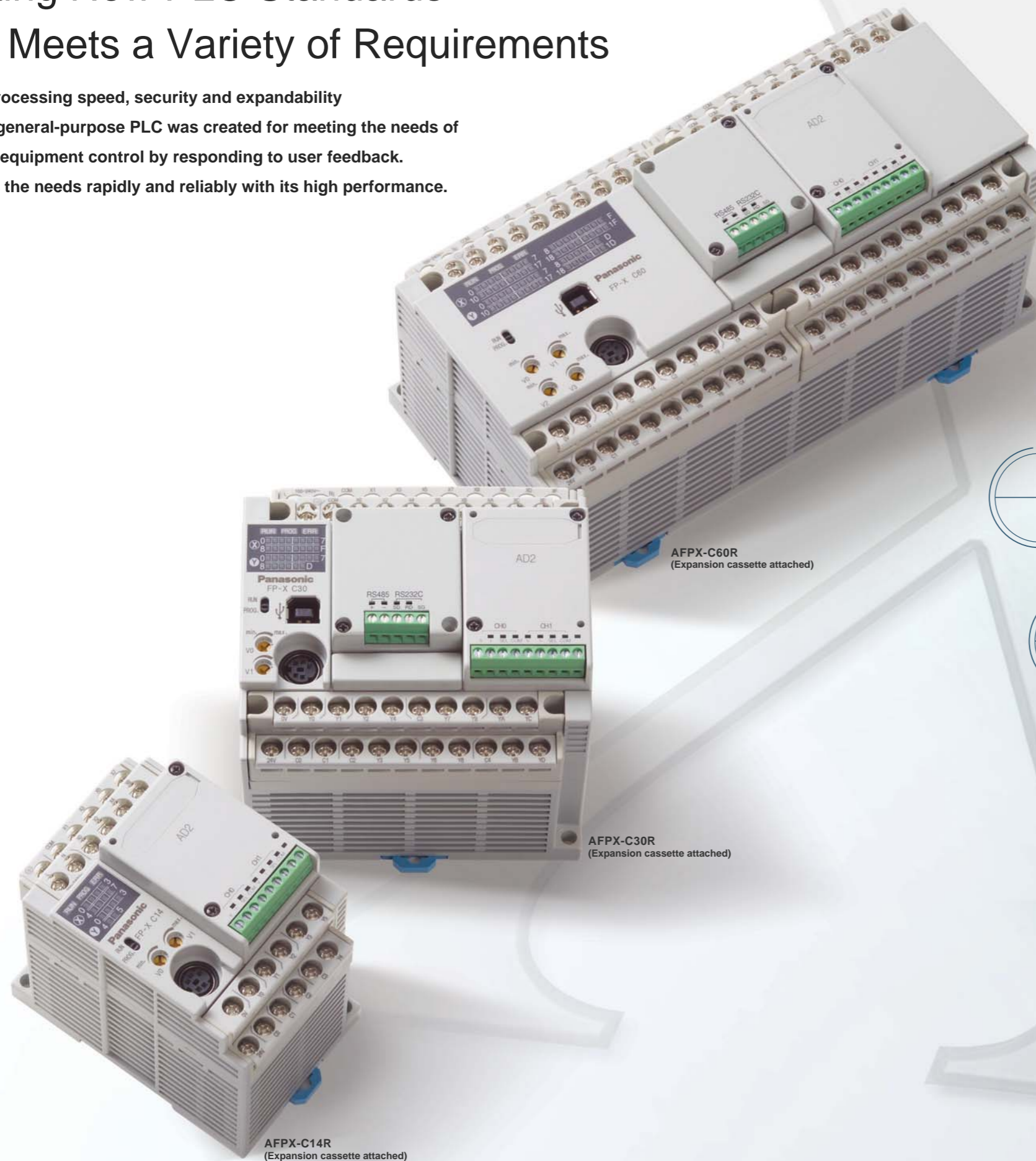
Creating New PLC Standards

FP-X Meets a Variety of Requirements

Capacity, processing speed, security and expandability

A compact general-purpose PLC was created for meeting the needs of small-scale equipment control by responding to user feedback.

FP-X solves the needs rapidly and reliably with its high performance.



Ultra High-speed Processing

High-speed scan of 0.32 μ s for a basic instruction (1.9 ms scan time for 5 ksteps*¹)

The processing speed of 0.32 μ sec, sufficient for a compact PLC, is even applicable when high-speed scanning is required.

*1: A 5-kstep program consisting of 35% basic instructions and 65% applied instructions (data transfer, four operations)

Large Capacity with an Extra Margin

Program capacity of 32 ksteps with a sufficient comment area*²

The program capacity of 32 ksteps, exceeding the capacity of most compact PLCs, can flexibly handle a wide variety of applications requiring future equipment expansion.

*2: C14R: 16 ksteps, C30R-C60R: 32 ksteps

Great Expandability with a Wide Variety of Options

Max. I/O expansion of 300 points*³ and further expansion with a function expansion cassette

The expansion cassette easily enables functional enhancements when slightly more features are to be added, while keeping costs down. The expansion FP0 adapter enables the connection of 3 additional FP0 expansion units. *3: When the expansion unit E30R becomes available.

High Security Program protection with an 8-digit password and a function prohibiting uploads

USB-port Equipped*⁴ Easy direct connection with a PC via a commercial USB cable (AB type)





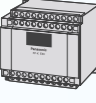









*4: Not provided with C14R.

Programmable **FP-X**
Controllers

The Highly Expandable Lineup Satisfies All Kinds of Needs.

The flexible product lineup designed for rapidly responding to user needs provides a high level of satisfaction.

Product Lineup

Control Unit		
	AFPX-C14R	Power supply (100 to 240 V AC) DC input: 8 (24 V DC) Relay output: 6 (250 V AC/2 A) Program capacity: 16 ksteps Potentiometer: 2
	AFPX-C30R	Power supply (100 to 240 V AC) DC input: 16 (24 V DC) Relay output: 14 (250 V AC/2 A) Program capacity: 32 ksteps Potentiometer: 2 Equipped with a USB communication port
	AFPX-C60R	Power supply (100 to 240 V AC) DC input: 32 (24 V DC) Relay output: 28 (250 V AC/2 A) Program capacity: 32 ksteps Potentiometer: 4 Equipped with a USB communication port
Expansion Unit		
	AFPX-E16R	DC input: 8 (24 V DC) Relay output: 8 (250 V AC/2 A) Remarks) Two or more E16R can't be connected serially because it can't supply the power to other units.
	AFPX-E30R (Introduced soon)	DC input: 16 (24 V DC) Relay output: 14 (250 V AC/2 A) Remarks) Addition of up to 8 units is possible including E16R and EFP0.
Add-on Cassette (Communication cassette)		
	AFPX-COM1	Communication cassette (RS232C 1 ch.)
	AFPX-COM2	Communication cassette (RS232C 2 ch.)
	AFPX-COM3	Communication cassette (RS485/422 selectable 1 ch.)
	AFPX-COM4	Communication cassette (RS485 1 ch + RS232C 1 ch.)
(Application cassette)		
	AFPX-IN8	Input cassette (24 V DC, 8 input ch.)
	AFPX-TR8	Output cassette (NPN transistor 0.3 A, 8 output ch.)
	AFPX-AD2	Analog input cassette (12-bit non-insulated 0 to 10 V/0 to 20 mA, 2 ch.)
	AFPX-PLS	Pulse I/O cassette (High-speed counter input: single phase 80 kHz 2 ch., 2-phase 30 kHz 1 ch.) (Pulse output: 1 axis 100 kHz < cw/ccw, pulse + sign >)
	AFPX-MRTC	Master memory cassette with a real-time clock (32 ksteps program memory + real-time clock in year/month/day/hour/minute) *Real-time clock needs an option battery.



Expansion FP0 Adapter



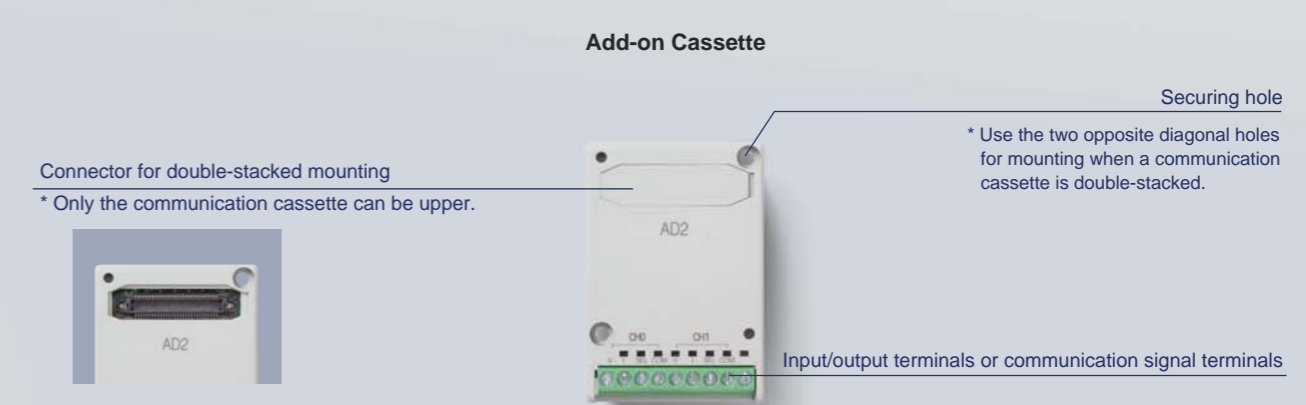
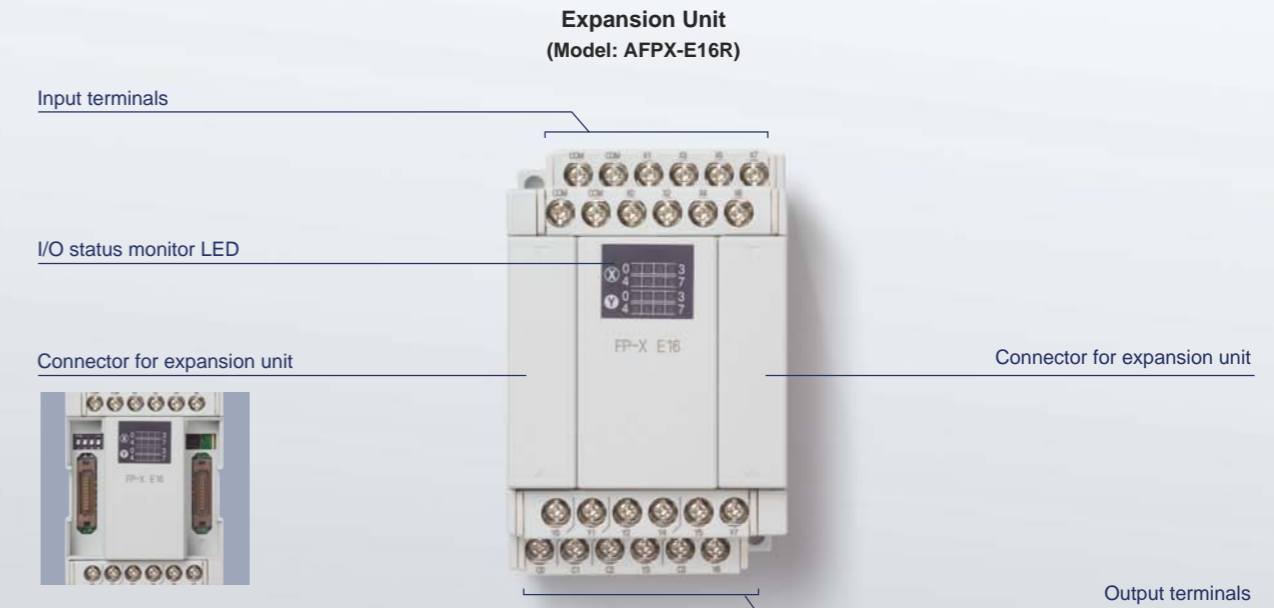
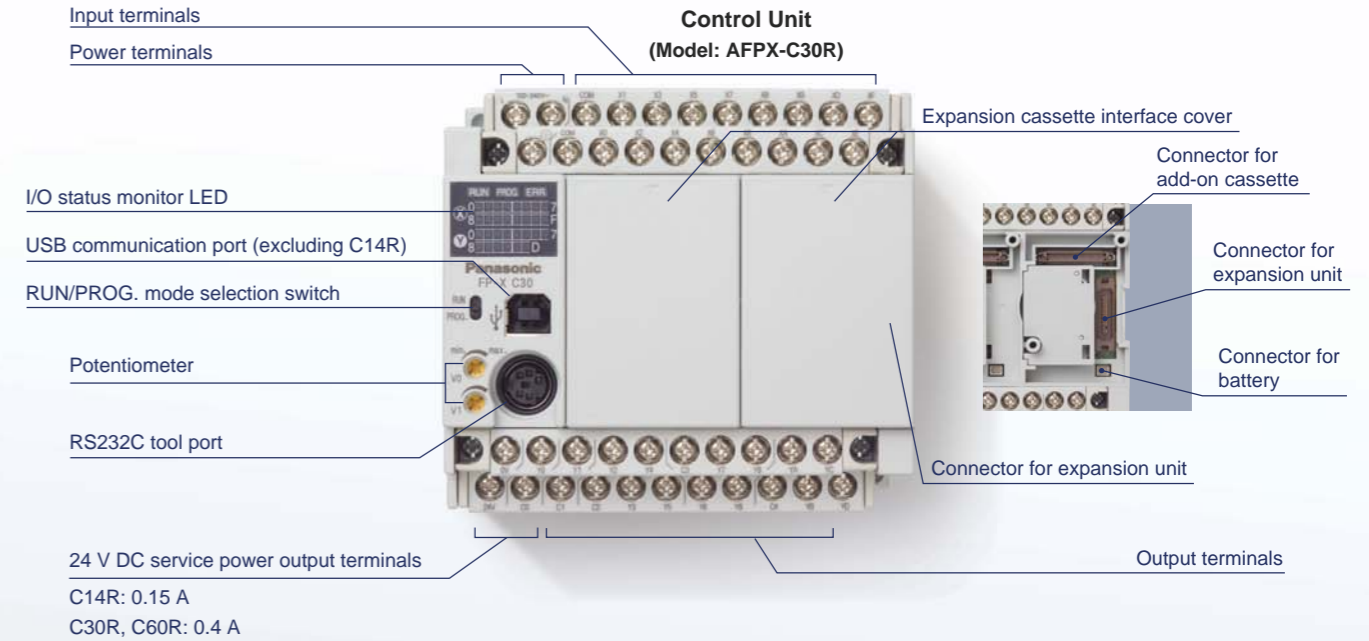
AFPX-EFP0
Up to 3 FP0 expansion units can be connected.

FP0 Expansion Unit

Part number	Specifications
FP0-E8X	8 ch. DC input, MIL connector
FP0-E16X	16 ch. DC input, MIL connector
FP0-E8YT	8 ch. transistor output, MIL connector
FP0-E8YRS	8 ch. relay output, screw terminal block
FP0-E16T	16 ch. transistor output, MIL connector
FP0-E16P	16 ch. PNP output, MIL connector
FP0-E32T	16 ch. DC input, 16 ch. transistor output, MIL connector
FP0-E32P	16 ch. DC input, 16 ch. PNP output, MIL connector
FP0-E8RS	4 ch. DC input, 4 ch. relay output, screw terminal block
FP0-E16RS	8 ch. DC input, 8 ch. relay output, screw terminal block
FP0-A21	2 ch. analog input, 1 ch. output
FP0-A80	8 ch. analog input
FP0-A04V	4 ch. analog (voltage) output
FP0-A04I	4 ch. analog (current) output
FP0-TC4	4 ch. thermocouple input
FP0-TC8	8 ch. thermocouple input
FP0-IOL	I/O link unit
FP0-CCLS	CC-Link unit
FP0-E32RS*1	16ch DC input, 16ch relay output screw terminal block
FP0-RTD6*1	6ch RTD input
FP0-DPS2*1	PROFIBUS remote I/O unit

*1 Provided from Panasonic Electric Works Europe AG

Name and Function of Each Part



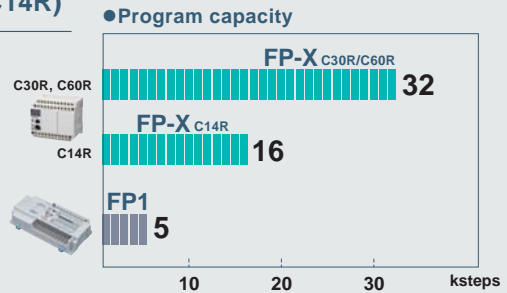
High Capacity, Ultra High-speed Processing

The high-level basic performance provides sufficient room for future equipment expansion as well as a rich variation.

■ Abundant program capacity - 32 ksteps (16 ksteps for C14R)

The program capacity of 32 ksteps, exceeding the capacity of most compact PLCs, can flexibly handle a wide variety of applications requiring future equipment expansion. An adequate comment area has of course been reserved. Free comment entry makes the program easy to understand during verification.

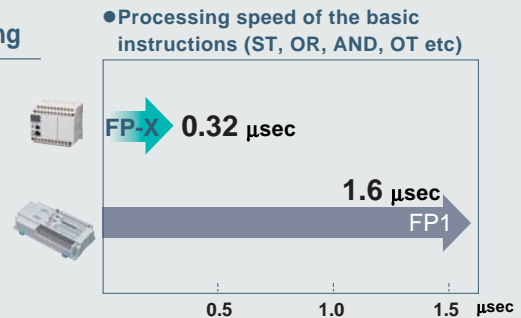
- Separate memory areas reserved for program memory and comments do not cause a reduction of program capacity when comments are entered.
- 100,000 I/O comment items, 5,000 lines of line-space comments, 5,000 lines of remark comments - All comments are stored in the FP-X simultaneously with the program.



■ Ultra high-speed scan at 0.32 μsec for instruction processing

High-speed processing is often required for small-scale equipment control such as serial data communication, network construction or PID temperature control. High-speed scanning at 0.32 μsec/step (basic instruction) easily meets such requirements.

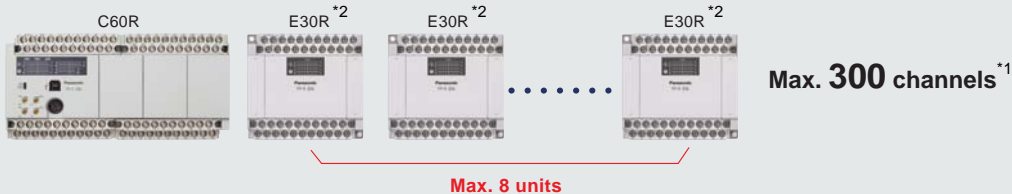
(Ex.) In the case of a 5-kstep program consisting of 35% basic instructions and 65% applied instructions,
 → Scan time: 1.9 ms (measured time)



■ Abundant number of I/O points - Maximum 300 (Up to 382 points possible by using FP0 expansion units and add-on cassettes)

When the user cannot predict the number of I/O points required in the future for his machine or equipment, he is uncertain in selecting a PLC model. FP-X solves user concerns with a maximum of 300 I/O channels. The number can even be increased up to 382 points by using the add-on cassettes and FP0 expansion units.*1

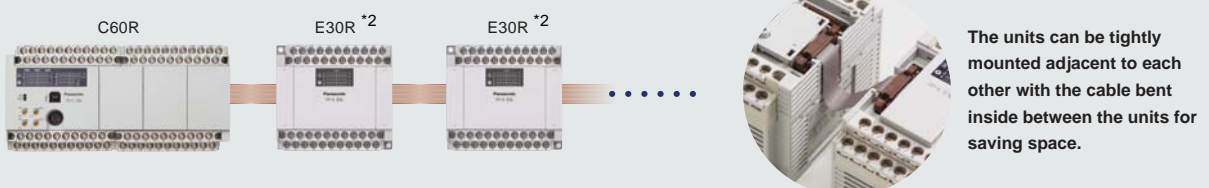
- Expansion units (E16R, E30R, EFP0) can be connected up to eight units.



- Two or more E16R can't be connected serially.
- E16R can be sandwiched with E30R*



- Connection by using the short cable included in each expansion unit.



*1: When E30R becomes available. *2: E30R available soon

Great Expandability

"Require slightly more functions", "Want to add functions to the existing equipment"
- The rich variety of expansion boards helps solve these requirements.

■ The Add-on cassette easily adds small quantities of functions and I/O points.

The add-on cassette can be mounted onto the control unit easily.
Up to 2 cassettes on C14R or up to 3 cassettes on C30R/C60R can be mounted.
Only communication cassette can be double-stacked upper side. (Communication cassette should be only one totally.)

Note) Please refer to the manual for the number of mountable units and position.

Add-on Cassette		Specifications	
Application Cassette	DC input AFPX-IN8	24 V DC input, 8 ch., bidirectional input (sync/source)	
	Transistor output AFPX-TR8	NPN, 8 ch., 0.3 A	
	Pulse I/O AFPX-PLS	High-speed counter input → Single-phase 2 ch. 80 kHz or two-phase 1 ch. 30 kHz Pulse output → Single-axis 100 kHz (CW/CCW, Pulse+Sign)	
	Analog input AFPX-AD2	2 ch., 12 bits (non-insulated), 2 ms/2 ch. 0 to 10 V or 0 to 20 mA	
	Master memory AFPX-MPTC	32-kstep program storage and transfer Calendar timer	
Communication Cassette	AFPX-COM1	RS232C	1 ch.
	AFPX-COM2	RS232C	2 ch.
	AFPX-COM3	RS485/RS422 selectable ^{*1}	1 ch.
	AFPX-COM4	RS485 + RS232C ^{*1}	1 ch. each

*1: Each of RS485 and RS422 is an insulated type.

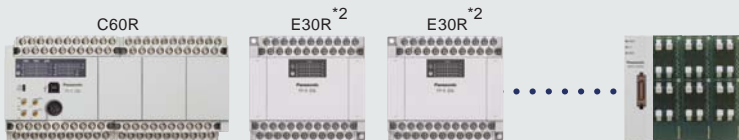


Easily removable
(Two screws to secure the unit)

■ When further expansion or functions are required, use the existing FP0 expansion unit.

All control units can be expanded by up to 3 FP0 expansion units via an adapter.
Applications can be expanded by using [Transistor outputs], [Analog input/outputs], [Thermocouple input] and [I/O link (network)].
When further expansion or functions are required, use the existing FP0 expansion unit.

* Only one expansion FP0 adapter unit can be attached to a control unit.
Up to 7 FP-X expansion units can be used when the expansion FP0 adapter is attached.



Max. 7 units (210 points)

Max. 96 points

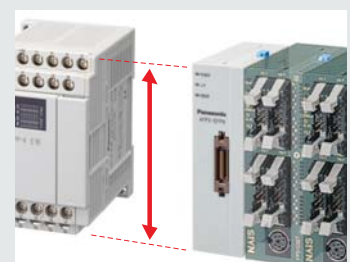


Expansion FP0 adapter

Product number	Specifications	Product number	Specifications
FP0-E8X	8 ch. DC input, MIL connector	FP0-A21	Analog 2 ch. input, 1 ch. output
FP0-E16X	16 ch. DC input, MIL connector	FP0-A80	Analog 8 ch. input
FP0-E8YT	8 ch. transistor output, MIL connector	FP0-A04V	Analog (voltage) 4 ch. output
FP0-E8YRS	8 ch. relay output, screw terminal block	FP0-A04I	Analog (current) 4 ch. output
FP0-E16YT	16 ch. transistor output, MIL connector	FP0-TC4	Thermocouple 4 ch. input
FP0-E32T	16 ch. DC input, 16 ch. transistor output, MIL connector	FP0-TC8	Thermocouple 8 ch. input
FP0-E8RS	4 ch. DC input, 4 ch. relay output, screw terminal block	FP0-IOL	I/O link unit
FP0-E16RS	8 ch. DC input, 8 ch. relay output, screw terminal block	FP0-CCL	CC-link unit
		FP0-E32RS*3	16ch DC input, 16ch relay output screw terminal block
		FP0-RTD6*3	6ch RTD input
		FP0-DPS2*3	PROFIBUS remote I/O unit

*2: E30R available soon

*3 Provided from Panasonic Electric Works Europe AG



The unified unit height of 90 mm makes the panel surface look clean.

Reassuring Data Security

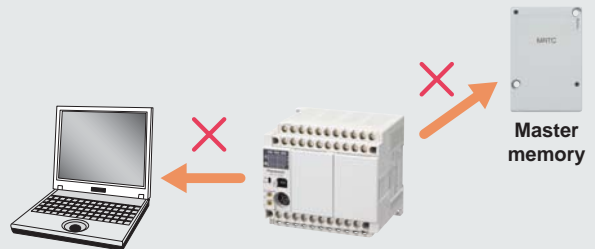
Protects your important program by preventing illegal copies

■ Program upload is easily prohibited by tool software FPWIN.

- Once the prohibited status is set with the software tool FPWIN, the reading or copying of programs from the PLC unit becomes completely impossible, thereby protecting user's crucial assets.
- In the upload-prohibited condition, program transfers to the master memory are also prohibited.
- Release of an upload-prohibited condition is possible with a forced release accompanied by a program deletion.
- Program updates are easily carried out by transferring the program in the master memory to FP-X even during an upload-prohibited condition. The transferred program in FP-X is setup with the same upload prohibition and permission conditions used in the master memory.

■ More secure eight-character password can be used along with the previous four-character password.

- The combination of upper and lower case alphanumeric characters produces 218 trillion combinations. In addition, after three consecutive entry failures, a power reset is required for password release. When a simple password is preferred, a four-character password can be used. But 3 consecutive entry errors of a four-character password will lock up the system unless the power is reset.



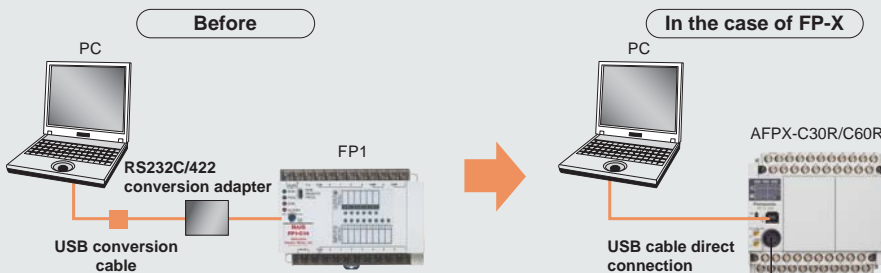
Items possible during an upload-prohibited condition	Items impossible during an upload-prohibited condition
Program download from a PC	Program upload to a PC
Data transfer from the master memory	Data transfer to the master memory
Change of data monitor/resistor value	Password protection
Contact monitor	
Time chart monitor	
Forced input/output (Original program is required)	
Ladder monitor (Original program is required)	
Rewrite during RUN mode (Original program is required)	

High Adaptability

A USB port equipped with FP-X enables easy connection with a PC by using a standard USB cable even when the PC does not have an RS232C port. (No USB port with C14R)

■ An expensive USB conversion adapter/cable is not necessary for connecting a PC to the PLC by using a standard USB port.*

- A USB direct connection ensures stable and trouble-free communication by eliminating the conversion adapter and multiple cables.



The conventional RS232C port can also be used.

* USB port is equipped with C30R and C60R.

Supporting a Variety of Communication Standards

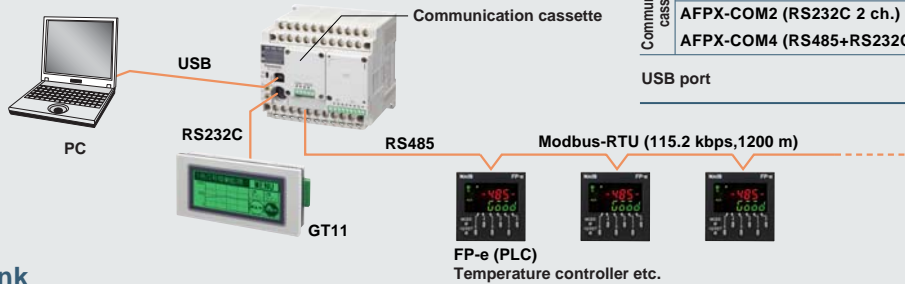
Different types of equipment need to be linked – FP-X flexibly meet such requirements.

■ Up to 3 serial communication ports can be used at once.

The use of a communication cassette provides up to 3 serial communication ports.

Usable interfaces include RS232C, RS485, RS422, and USB.

*The RS232C tool port can be used as a general-purpose serial communication port.



Communication Port			
RS232C tool port		Always used	
Communication cassette	AFPX-COM1 (RS232C 1 ch.)	Always used (Port No. COM1)	
	AFPX-COM3 (RS485/422 selectable 1 ch.)		
	AFPX-COM2 (RS232C 2 ch.)	1st ch.	
	AFPX-COM4 (RS485+RS232C)	2nd ch.	Switch-selectable (Port No. COM2)
USB port		Default setting: USB port use	

■ PLC Link

The MEWNET-W0 allows program-free links of up to 16 PLC units such as FP2/2SH or FPΣ. The distributed control system allows efficient model selection.

- Simple setting of the number of linked units, linked relays, and starting area address of the own station by using FPCOM GR/Pro allows sharing of contact information and data without programming.
- The transfer rate of 115.2 kbps, the highest rate for a compact model.
- A transfer distance of 1200 m, the longest distance for a compact model.
- FP-X and FPΣ allow a change of the station number by programming (SYS instruction).

Item	Specifications
Number of stations	16 stations
Transmission speed	115.2 kbps
Transmission distance	1200 m
Shared data	128 words (data register), 64 words (contacts)
Communication method	Floating master

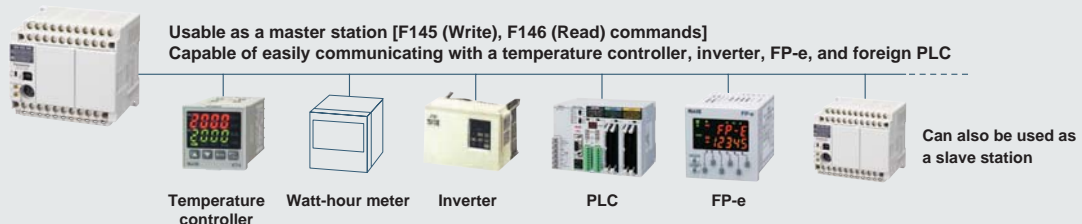
FP-X requires a communication cassette (AFPX-COM3 or AFPX-COM4)
 FP2/2SH requires a multi-communication unit (AFP2465)
 FPΣ requires a communication cassette (AFPG803, AFPG806)



■ Modbus Compatibility

Compatible with both the master and slave of the Modbus* RTU, the world's de-facto standard
 Great performance is expected for air-conditioning, temperature controls etc.

* Protocol developed by the Modicon Inc. of the United States



Another available application

When 17 or more FP-X units need to be linked, the use of a Modbus instead of a MEWNET-W0 can accommodate up to 99 FP-X units. Because each FP-X can be a master or slave, a multi-master link can be constructed by passing a token from a user program.

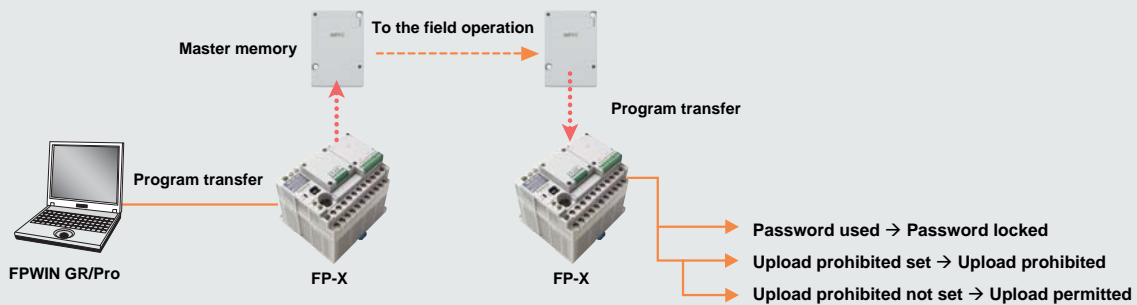


Program and Data Maintenance

Rich functions to support "peace of mind" and "latitude"

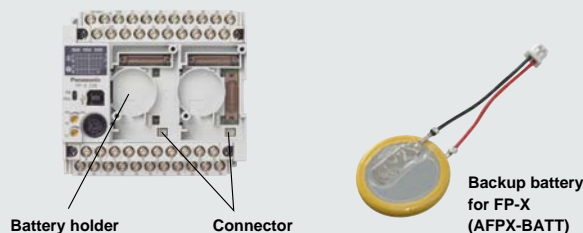
■ The master memory makes a program transfer easy and a real-time clock is equipped also

- The built-in 1 MB flash-ROM can store a 32-kstep program as well as the comments and FPWIN Pro source file.
- Program update in a remote location is easy by simply sending master memory for local installation.
- Because master memory can store password information, password protection can be applied during a program transfer. Similarly, the upload prohibition/permission function setting can make a program upload-prohibited during a program transfer.
- The built-in real-time clock enables periodical repeated control and periodical data logging.



■ No need for program backup – easy maintenance

- The programs and comments are stored in flash ROM, requiring no backup batteries.
- A backup battery is provided for data and real-time clock (AFPX-BATT). One battery for C14R, two for C30R and three for C60R can be attached. A two-battery installation can operate for a long time (10 years or more) without maintenance. (Real-time clock doesn't work without a battery.)



■ FROM data storage

- FP-X can store a program, comments, a total of 55 words of data, and bit setting values in a flash memory without a battery. All of the data and bits can be stored by adding optional batteries, but writing into a flash ROM is possible without a battery by using applied instructions (F12, P13). This method is not suitable for a program that is frequently changed because of the limitation in the number of rewrites into the ROM, but good for storing the set values or storing recipe data several times a day.



[F12 ICRD K0, K1, DT0]

During the first scan, read one block (2048 words) from the starting address of DT0 at block number 0.

[P13 ICWD DT0, K1, K0]

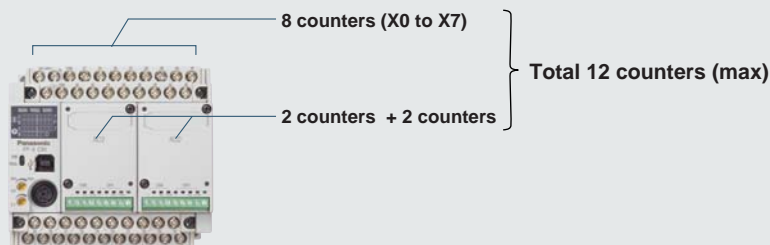
When R0 is turned on, write one block (2048 words) starting from the address DT0 at block number 0.

* The limitation in a flash ROM designates the number of rewrites to be 10,000, or the feasible number to be approx 30,000. However, rewriting every second will generate a memory failure within a few hours.

High-Speed Counter, Pulse Output

High-speed counter

- The control unit has eight built-in high-speed counters. Adding two application cassettes (AFPX-PLS) provides four counters, thus taking the total to 12 counters.



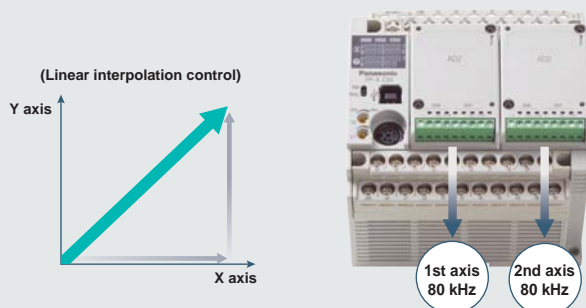
Built-in control unit: Single-phase 8 channels, each 10 kHz, or two-phase 4 channels, each 5 kHz
 Application cassette (AFPX-PLS): Single-phase 2 channels, each 80 kHz, or two-phase 1 channel, 30 kHz

Pulse output

- The application cassette (AFPX-PLS) enables 100 kHz motion control. The deviation counter clear signal during an origin return operation is issued in a min of 500 μsec after the origin input and pulse output stopping, thereby causing a minimal position offset required for high-accuracy positioning.

Linear interpolation

The use of two cassettes provides linear interpolation control with two independent axes, each at 80 kHz speed, enabling pick-and-place and palletizing applications.

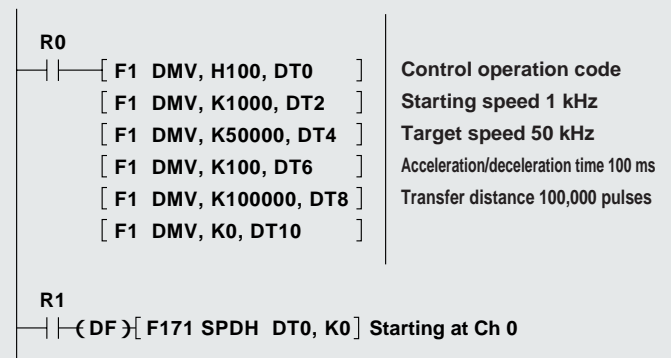


Also compatible with the CW, CCW method

In addition to the pulse+direction output method, the CW and CCW output method can also be used for high-speed positioning. Either a stepping motor driver or servomotor driver can be selected.

Simple programming

Programming for a trapezoid operation, jog operations, origin returns, linear interpolations, etc. are easily done. You only have to enter the control operation code, starting speed, target speed, acceleration/deceleration time and transfer distance into the data area and execute a positioning specialty command.



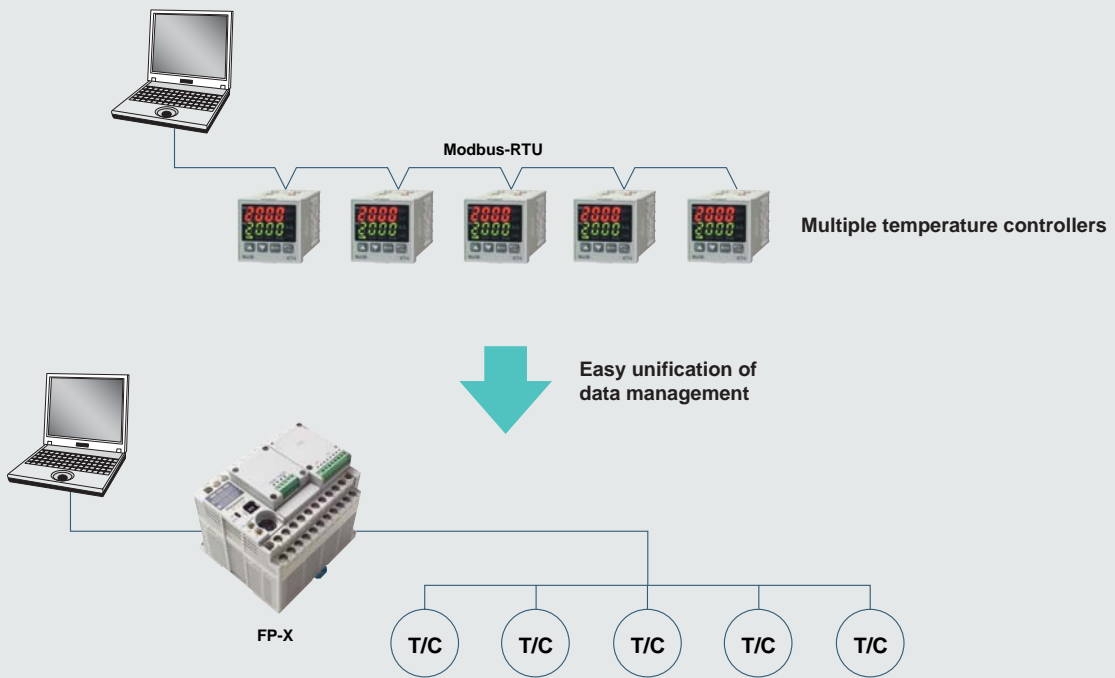
PID Control

Multi-point PID control

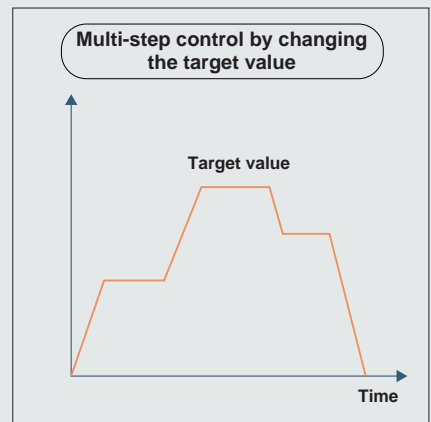
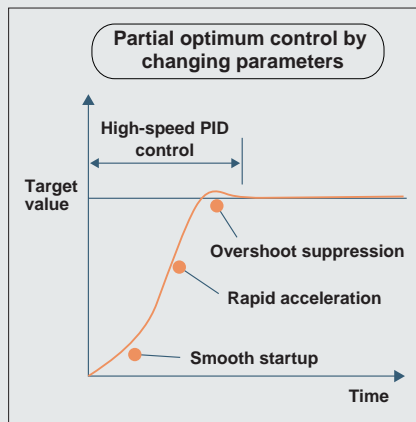
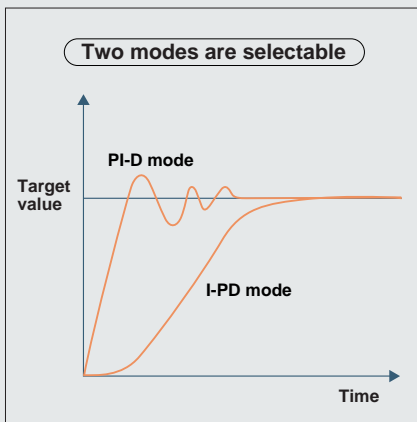
- High-accuracy PID control is possible by adopting a sophisticated algorithm and floating-point operations.
 - Higher accuracy is obtained by ultra high-speed computations in a 32 μ s/loop. For example, a 16-loop control only adds a scan time of 0.5 ms by ensuring minimum impact on the tact time.
 - The simultaneous multi-point auto-tuning simplifies complex parameter setting.
 - The high-speed control PI-D*1 mode and overshoot suppression I-PD*2 mode are available for selection according to the intended application.
- By combining with a sequence control, the parameters (Kp, Ti, Td, etc.) can be changed during a PID control execution, thereby enabling optimum temperature control in each stage including start up, mid-range, and convergence. The ability to change the target value easily enables multi-step temperature control, which was difficult only with temperature controllers. In addition, the multi-point temperature control enables the centralized control of multiple temperature controllers with a single FP-X for unified data management.

*1 Derivative type

*2 Proportional-derivative type



For connecting a thermocouple, please use an FP0 thermocouple unit via an adapter (AFPX-EFP0).



Simple Program Generation and Monitoring

Note: Product names and company names in this chart are trademarks or registered trademarks of the respective companies.

Control FPCWIN GR for Windows

The ladder programming software for FP series – highly operational software tool for maximizing convenience in the field.

■ Features

1. Easy field operations not requiring the use of a mouse for data entry, search, writing, monitoring and timer changes, all carried out only from the keyboard.
2. Allows standard operations in Windows, such as Copy & Paste, etc.
3. All FP series PLCs are supported. The software assets produced by using Ver. 4 or Ver. 3 of NPST-GR are usable.
4. Easy programming with wizard functions.
5. Communication with OPC Server, CommX, GTWIN, PCWAY simultaneously through the same port.

■ Operational Environment

OS	Windows95 (OSR2 or higher)/98/Me/NT (Ver. 4.0 or later)/2000/XP
Hard disk capacity	At least 35 MB
CPU	Pentium 100 MHz or higher
Onboard memory	At least 64 MB (depends on OS)
Screen resolution	At least 1024 × 768
Display colors	High color (16-bit or higher)
Applicable PLC	FP-X/FP-e/FP-e/FP0/FPΣ/FP1/FP-M/FP2/FP2SH/FP3/FP10SH

Program status display

Search window
Allows you to search various data

Program display

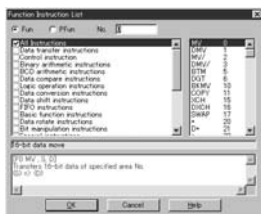
Tool bar
Access often-used functions using icons.

Data monitoring window

Relay monitoring window

Function bar
Buttons for command input and confirmation, on-line/off-line selection and PLC mode selection.

Function instruction list



Classified by type, function instructions can be selected from the displayed list. (Simple help included.)

I/O comment edit function



Successive I/O comments can be input for each device type. Data from Excel and other applications can be copied and pasted via the clipboard.

Status display



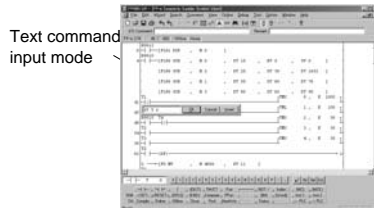
Displays information concerning PLC usage situation and settings, and detailed information when an error occurs.

Text Compiler



This software is for importing and exporting programs created in text format to and from FPCWIN GR. Programs created on the PLC of another company can be edited as text and then be transferred to the FP Series without difficulty.

Text command input mode



A ladder diagram is displayed as a mnemonic code is entered from the keyboard.

■ Accompanying Tools

● Data Editor

This software for the PC is for reading and writing data stored in the memory of FP Series main unit or on an IC card. If a large data table is required in a PLC, the data can be created and edited on a PC and then download to the PLC.

● Modem connection

Communication via modem is easy with FP Series units in isolated locations.

● Wizard function

A Wizard function included in FPCWIN GR since versions 2.2 can automatically generate ladder programs by simply entering and selecting required items in the dedicated screen. It can be used to assist in positioning, PID instruction input, and FP-e screen display instruction input.

● Personal preference settings

It is possible to switch among preference settings for FPCWIN GR, Data Editor and Text Compiler that are set up for different individuals.

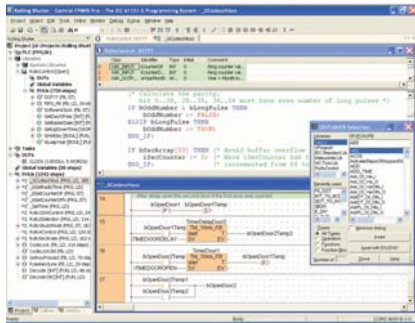
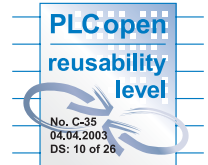
Simple Program Generation and Monitoring

FP-X will be supported soon after Ver. 5.1

Note: Product names and company names in this chart are trademarks or registered trademarks of the respective companies.

Control FPWIN Pro (IEC61131-3 compliant Windows version software)

Compliant with international standard IEC61131-3
Programming software approved by PLC Open



■ Features

1. Five programming languages can be used.

Programming can be done using the language most familiar to the developer or using the language most suited to the process to be performed. High-level (structured text) languages that allow structuring, such as C, are supported.

2. Easy to reuse well-proven programs

Efficiency when writing programs has been greatly increased by being able to split programming up for each function and process using structured programming.

3. Keep know-how from getting out

By "black boxing" a part of a program, you can prevent know-how from leaking out and improve the program's maintainability.

4. Conversion function for previously written programs provided to allow use of program assets.

5. Uploading of source programs from PLC possible.

Maintainability increased by being able to load programs and comments from the PLC.

* This only applies to FP-X, FPΣ and FP2 (with comment memory) and to FP2SH and FP10SH (with card board).

6. Programming for all models in the FP series possible.

Any model can be used.

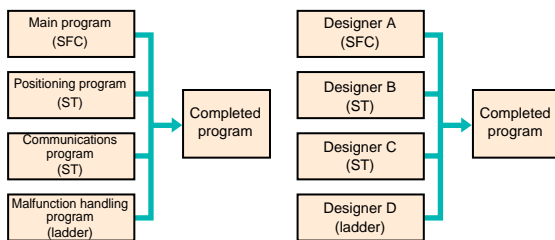
■ Programming in the most suitable language

● Programming in the language most suited to the process

Easy-to-understand, efficient programs can be created, for example, by using a ladder program for machine control or ST for communications control.

● Programming in the language you are good at

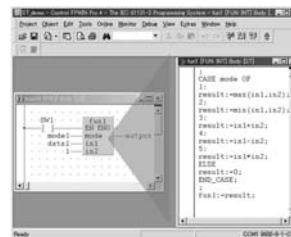
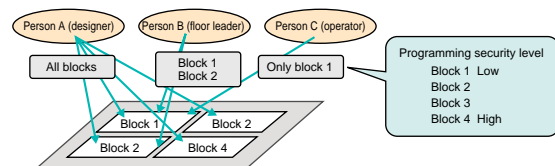
Programming time can be greatly reduced by the easy ability to split and then integrate programming for each function and process.



■ "Black boxing" of programs

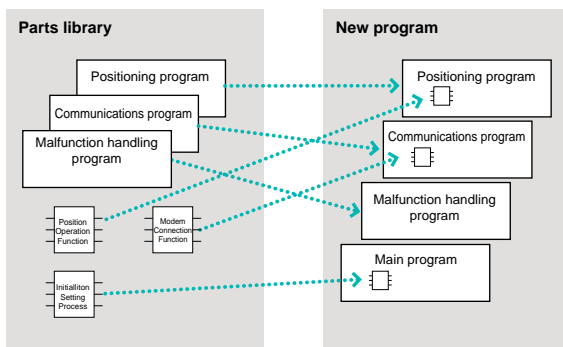
● Multiple passwords for protection of each block

The security level (8 levels) can be input for each block in a program. Only users of a set security level or higher can make changes.



■ Reuse of programs is easy.

- Register time-proven programs by block in the library.
- By using variable identifiers (names), there is no need to be concerned with addresses for each machine when reusing programs.



■ Operational Environment

OS	Windows95 (OSR2 or higher)/98/Me/NT (Ver. 4.0 or later)/2000/XP
Hard disk capacity	At least 100 MB
CPU	Pentium 100 MHz or higher
Onboard memory	At least 64 MB (depends on OS)
Screen resolution	At least 1024 × 768
Display colors	High Color (16-bit) or higher
Applicable PLC	FP-X*1/FP-e/FP0/FPΣ/FP1/FP-M/FP2/FP2SH/FP3/FP10SH

*1: FP-X will be supported soon after Ver. 5.1.

Part Number List

FP-X Control Unit

Product name	Specifications	Part number
FP-X C14R Control unit	AC free power (110 to 240 V AC), 8-point input of 24 V DC, 6-point output of 2 A relay Program capacity 16 ksteps, 2-point potentiometer	AFPX-C14R
FP-X C30R Control unit	AC free power (110 to 240 V AC), 16-point input of 24 V DC, 14-point output of 2 A relay Program capacity 32 ksteps, 2-point potentiometer, USB port	AFPX-C30R
FP-X C60R Control unit	AC free power (110 to 240 V AC), 32-point input of 24 V DC, 28-point output of 2 A relay Program capacity 32 ksteps, 4-point potentiometer, USB port	AFPX-C60R

FP-X Expansion Cassette

Product name	Specifications	Part number
FP-X COM1 Communication cassette	RS232C 1 ch. RS, CS control signal equipped (non-insulated)	AFPX-COM1
FP-X COM2 Communication cassette	RS232C 2 ch. (non-insulated)	AFPX-COM2
FP-X COM3 Communication cassette	RS485/422 selectable 1ch (insulated)	AFPX-COM3
FP-X COM4 Communication cassette	RS485 1 ch. (insulated) + RS232C 1 ch. (non-insulated)	AFPX-COM4
FP-X Input cassette	8 point input of 24 V DC	AFPX-IN8
FP-X Output cassette	8 point output of NPN 0.3 A	AFPX-TR8
FP-X Analog input cassette	2 point 12-bit non-insulated 0 to 10 V DC/0 to 20 mA	AFPX-AD2
FP-X Pulse I/O cassette	High-speed counter: single-phase 2 ch., each 100 kHz or two-phase 1 ch., 30 kHz. Pulse output: one axis 80 kHz/ch. (Use restriction is applied for a two-unit installation)	AFPX-PLS
FP-X Master memory with a real-time clock	Master memory: All 32 ksteps, all comments. Storage of FPWIN Pro source files. Real-time clock: Year, month, day, hour, minute, second, day of week (optional battery required)	AFPX-MRTC

FP-X Expansion Unit

Product name	Specifications	Part number
FP-X E16R Expansion I/O unit	8-point input of 24 V DC, 6-point relay output of 2 A Remarks; Two or more E16R can't be connected serially because it can't supply the power to other units.	AFPX-E16R
FP-X E30R Expansion I/O unit	16-point input of 24 V DC, 14-point relay output of 2 A Remarks; Possible to connect up to 8 units including E16R, EFP0.	AFPX-E30R
FP0 expansion unit connection adapter	Up to 3 FP0 expansion units can be connected via an adapter.	AFPX-EFP0

FP-X Options and Service Parts

Product name	Specifications	Part number
FP-X Backup battery	Battery for backing up the operation memory and real-time clock	AFPX-BATT
FP-X Expansion cable	Expansion unit connection cable, 8 cm	AFPX-EC08
FP-X Terminal block	Terminal block for C30R, C60R and E30R, 21 pins, cover with no marking, five units included	AFPX-TAN1

FP0 Expansion Units

Product name	Specifications						Product number	Part number
	Number of I/O points	Power supply voltage	Input	Output	Connection type			
FP0 E8 Expansion Unit	8	Input: 8	–	24 V DC Sink/Source (±common)	–	MIL connector	FP0-E8X	AFP03003
	8	Input: 4 Output: 4	24 V DC	24 V DC Sink/Source (±common)	Relay output: 2 A	Terminal block	FP0-E8RS	AFP03023
	8	Output: 8	24 V DC	–	Relay output: 2 A	Molex connector	FP0-E8RM	AFP03013
	8	Output: 8	–	–	Relay output: 2 A	Terminal block	FP0-E8YRS	AFP03020
FP0 E16 Expansion Unit	16	Input: 16	–	24 V DC Sink/Source (±common)	–	MIL connector	FP0-E16X	FP03303
	16	Input: 8 Output: 8	24 V DC	24 V DC Sink/Source (±common)	Relay output: 2 A	Terminal block	FP0-E16RS	AFP03323
	16	Input: 8 Output: 8	–	24 V DC Sink/Source (±common)	Relay output: 2 A	Molex connector	FP0-E16RM	AFP03313
	16	Output: 16	–	–	Transistor output: NPN 0.1 A	MIL connector	FP0-E16T	FP03343
FP0 E32 Expansion Unit	32	Input: 16 Output: 16	–	24 V DC Sink/Source (±common)	Transistor output: NPN 0.1 A	MIL connector	FP0-E32T	AFP03340

- Notes: 1) The relay output type expansion units come with a power cable (part number AFP0581). (The transistor output type needs no power cable.)
 2) The terminal block type relay output units have 2 terminal blocks (9 pins) made by Phoenix. Use a 2.5 mm wide screwdriver.
 Preferably use the specific terminal block screwdriver (part number AFP0806, Phoenix type code SZS 0.4 × 2.5 mm) or equivalent.
 3) The connector-type relay output units have 2 connectors made by Nihon Molex (Molex type code 51067-0900, 9 pins).
 Use the specific Molex connector press-fit tool (part number AFP0805, Nihon Molex type code 57189-5000) or equivalent.
 4) The transistor output units have a press-fit socket for wire-pressed terminal cable and contacts. Use the press-fit tool (part number AXY52000) for wire-pressed terminal cable.

FP0 Intelligent Units

Product name	Specifications	Product number	Part number
FP0 Thermocouple unit	K, J, T, R thermocouple, Resolution: 0.1 °C	FP0-TC4	AFP0420
	K, J, T, R thermocouple, Resolution: 0.1 °C	FP0-TC8	AFP0421
FP0 Analog I/O unit	<Input specifications> Number or channels: 2 channels Input range: 0 to 5 V, -10 to +10 V (Resolution: 1/4000) 0 to 20 mA (Resolution: 1/4000)	FP0 - A21	AFP0480
	<Output specifications> Number or channels: 1 channel Output range: -10 to +10 V (Resolution: 1/4000) 0 to 20 mA (Resolution: 1/4000)		
FP0 A/D Converter Unit	<Input specifications> Number or channels: 8 channels Input range: 0 to 5, -10 to +10 V (Resolution: 1/4000) 0 to 20 mA (Resolution: 1/4000)	FP0-A80	AFP0401
FP0 D/A Converter Unit	<Output specifications> Number or channels: 4 channels Output range: -10 to +10 V (Resolution: 1/4000) 4 to 20 mA (Resolution: 1/4000)	FP0-A04V	AFP04121
		FP0-A04I	AFP04123

FP0 Link Units

Product name	Specifications	Power supply voltage	Product number	Part number
FP0 CC-Link Slave unit	This unit is for making the FP0 function as a slave station of the CC-Link. Only one unit can be connected to the furthest right edge of the FP0 expansion bus. Note: Accuracy will change if an FP0 thermocouple unit is used at the same time. For details, please refer to the catalog or to the CC-Link Unit manual.	24 V DC	FP0-CCLS	AFP07943
FP0 I/O Link unit	This is a link unit designed to make the FP0 function as a station to MEWNET-F (remote I/O system).	24 V DC	FP0-IOL	AFP0732

Part Number List

FP0 European Products

Product name	Specification	Part number
FP0 Expansion Unit	DC input 16, Relay(2A) output 16, Screw terminal Block	FP0-E32RS
FP0 RTD Unit	RTD (Pt100, Pt1000, Ni1000) input 6ch	FP0-RTD6
FP0 PROFIBUS Unit	DP slave, Remote I/O (up to 3 FP0 expansion units)	FP0-DPS2

Note) These products are provided from Panasonic Electric Works Europe AG

Control FPWIN GR for Windows

Product name	Type		Part number	Applicable PLC									
				FP-X	FP	FP0 FP-e	FP0 10k	FP1	FP2	FP2SH	FP-M	FP3 FP10SH	
FPWIN GR for Windows	English: Full type	CD-ROM for Windows	AFPS10520	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	English: Small type	CD-ROM for Windows	AFPS11520	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A	N/A	
	English: Ver. up type	CD-ROM for Windows	AFPS10520R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	Chinese	CD-ROM for Windows	AFPS10820										
	Chinese: Ver. up type	CD-ROM for Windows	AFPS10820R										
Korean	CD-ROM for Windows	AFPS10920											

A: Available, N/A: Not available

Control FPWIN Pro (IEC61131-3 compliant Windows version software)

Product name	Type		Part number	Applicable PLC									
				FP-X	FP	FP0 FP-e	FP0 10k	FP1	FP2	FP2SH	FP-M	FP3 FP10SH	
FPWIN Pro for Windows	English: Full type	CD-ROM for Windows	AFPS50550	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	English: Small type	CD-ROM for Windows	AFPS51550	A	A	A	A	A	N/A	N/A	A	N/A	

A: Available, N/A: Not available

Programmable Display GT series

Product name	Description			Part number	
GT01: Main Unit	STN monochrome LCD	5 V DC	RS232C type	Black	AIGT0030B1
				Ash gry	AIGT0030H1
			Black	AIGT0032B1	
		24 V DC	RS422/RS485 type	Ash gry	AIGT0032H1
				Black	AIGT0030B
			Black	AIGT0030H	
GT11: Main Unit	STN monochrome LCD	24 V DC	RS232C type	Black	AIGT0032B
				Ash gry	AIGT0032H
			Black	AIGT2030B	
		RS422/RS485 type	Ash gry	AIGT2030H	
			Black	AIGT2032B	
			Ash gry	AIGT2032H	
GT30: Main Unit	STN monochrome LCD	24 V DC	RS232C type	Black	AIGT3100B
				Ash gry	AIGT3100H
			Black	AIGT3300B	
	STN color LCD		RS232C type	Black	AIGT3300B
				Ash gry	AIGT3300H

FP Memory Loader

Product name	Part number
Data non-hold type	AFP8670
Data hold type	AFP8671

MEWTOCOL OPC Server

Product name	Part number
Standard version	AFPS01510
5 license version	AFPS01515
10 license version	AFPS01516

PCWAY Ver. 2.6 (Operation Data Managing Software)

Product name	Part number
PCWAY IBM printer port version	AFW10011
PCWAY USB port version	AFW10031
PCWAY Version upgrade	AFW10401

* Charged version upgrade for Ver. 2.0 to 2.4.

FP Web-Server Unit

Product name	Part number
FP Web-Server unit	AFP0610
FP Web Configurator Tool	AFPS30510

Control CommX Ver. 1.2 (OCX for Communication)

Product name	Part number
Control CommX IBM printer port	AFW20011
Control CommX USB port	AFW20031

FP Web Configurator Tool

Product name	Part number
FP Web Configurator Tool	AFPS30510

Key Unit

Economical type is available for secondary key.
The key unit is available for PCWAY and Control CommX.

Product name	Part number
Key unit IBM printer port version	AFW1031
Key unit USB port version	AFW1033

Specifications

1. General Specifications

Item	Description
Rated voltage	100 to 240 V AC
Operating voltage range	85 to 264 V AC
Rush current	40 A or less (C14R), 45 A or less (C30R, C60R) at 25°C
Allowed momentary power off time	10 ms or more
Ambient temperature	0 to +55°C
Storage temperature	-40 to +70°C
Ambient humidity	10 to 95% RH (at 25 °C, non-condensing)
Storage humidity	10 to 95% RH (at 25 °C, non-condensing)
Breakdown voltage	Combined input/output terminals - Combined power and ground terminals, 2300 V AC 1 minute
	Input terminals - Relay output terminals, 2300 V AC* 1 minute
	Power terminals - Ground terminals, 1500 V AC* 1 minute
	*Cutoff current 5 mA
The same value applies between the terminals above and the input/output terminals of an expansion cassette.	
Insulation resistance	Combined input/output terminals - Combined power and ground terminals, 100 MΩ or higher (500 V DC using an insulation resistance meter)
	Input terminals - Output terminals, 100 MΩ or higher (500 V DC using an insulation resistance meter)
	Power terminals - Ground terminals, 100 MΩ or higher (500 V DC using an insulation resistance meter)
	The same value applies between the terminals above and the input/output terminals of an expansion cassette.
Vibration resistance	5 to 9 Hz, single amplitude 3.5 mm/9 to 150 Hz, constant acceleration 9.8 m/s ² , 1 sweep/min, 10 sweeps in each XYZ direction
Shock resistance	147 m/s ² , sinusoidal half wave pulse
Noise immunity	1500 V [P-P] pulse width 50 ns, 1 μs (per noise simulator method) (power terminals)
Operating condition	No corrosive gas and no excessive dust
Applicable standards	Conforming to EN61131-2
Level of contamination	2
Over-voltage category	II

2. Power Consumption, Weight

Product name	Part number	Current consumption	Weight
Control unit	AFPX-C14R	26 W or less ^{*1}	Approx. 280 g
	AFPX-C30R	52 W or less ^{*1}	Approx. 490 g
	AFPX-C60R	64 W or less ^{*1}	Approx. 780 g
Expansion I/O unit	AFPX-E16R	8 W or less ^{*1}	Approx. 195 g
Expansion FP0 adapter	AFPX-EFP0	0.24 W or less ^{*2}	Approx. 65 g
FP-X communication cassette	AFPX-COM1	2 W or less ^{*1}	Approx. 20 g
	AFPX-COM2	2 W or less ^{*1}	Approx. 20 g
	AFPX-COM3	2 W or less ^{*1}	Approx. 20 g
	AFPX-COM4	2 W or less ^{*1}	Approx. 20 g
FP-X analog input cassette	AFPX-AD2	2 W or less ^{*1}	Approx. 25 g
FP-X input cassette	AFPX-IN8	1 W or less ^{*1}	Approx. 25 g
FP-X output cassette	AFPX-TR8	1 W or less ^{*1}	Approx. 25 g
FP-X pulse I/O cassette	AFPX-PLS	2 W or less ^{*1}	Approx. 25 g
FP-X master memory cassette	AFPX-MRTC	2 W or less ^{*1}	Approx. 20 g

*1 Power consumption by the AC power supply connected to the control unit

*2 Power consumption by the DC power supply connected to the expansion FP0 adapter

Specifications

3. Controls Specifications

Item	Specifications
Program method	Relay symbol method
Control method	Cyclic operation method
Program memory	Flash ROM built-in (no battery backup required)
Program capacity	16 ksteps (C14R), 32 ksteps (C30R, C60R)
Operation processing speed	Basic instruction 0.32 μs/step
Basic instructions	93
Applied instructions	216
External inputs (X)	1760 points *1
External outputs (Y)	1760 points *1
Internal relay (R)	4096 points
Special internal relay (R)	192 points
Link relay (L)	2048 points
Timer/counter (T/C)	Total 1024 points: timer capable of counting (1 ms, 10 ms, 100 ms, 1 s) x 32767 Counter capable of counting 1 to 32767
Data register (DT)	12285 words (C14R), 32765 words (C30R, C60R)
Link data register (LD)	256 words
Special data register (DT)	374 words
Index register (I0 to ID)	14 words
Master control relay (MCR)	256 points
Number of labels (LOOP)	256 labels
Number of differentiations	Up to program capacity
Number of stepladders	1000 stages
Number of subroutines	500 subroutines
Number of interruption programs	15 programs (14 external, 1 constant)
High-speed counter *2	Control unit built-in timer: single-phase 8 ch (10 kHz), or two-phase 4 ch (5 kHz) Pulse I/O cassette (AFPX-PLS): single-phase 2 ch (80 kHz), or dual-phase 1 ch (30 kHz)
Pulse output *3	Pulse I/O cassette (AFPX-PLS): One unit (one axis) 100 kHz, or two units (two axes) 80 kHz
Pulse catch input / interrupt input	Total 14 points (including the high-speed counter)
Periodical interrupt	0.5 ms to 30 s
Potentiometer	2 points (0 to 1000) (C14R, C30R) 4 points (0 to 1000) (C60R)
Constant scan	Possible
Real-time clock	Equipped (usable only when AFPX-MRTC is installed) *4
Flash ROM backup *6	Backup by F12, P13 commands
	Auto-backup at power failure
Battery backup	The memory allocated in the storage area by the system register (only when a battery is installed) *5
Battery life (when no power is supplied)	Before installing AFPX-MRTC C14R: 1230 days (actual operation 10 years at 25°C) C30R, C60R: 990 days (actual operation 10 years at 25°C) After installing AFPX-MRTC C14R: 780 days (actual operation 10 years at 25°C) C30R, C60R: 680 days (actual operation 10 years at 25°C) (More than two batteries can be installed in C30R and C60R. In this case, the battery life is extended several times)
Password	Capable (4 or 8 characters selectable)
Self-diagnosis function	Watch dog timer, program syntax check
Comment storage	Capable (328 KB) (backup battery not required)
PLC link function	Max 16 units, link relay 1024 points, link register 128 words (No data transfer or remote programming)
Rewriting in RUN mode	Capable

*1 The actual usable number of points is restricted by the hardware.

*2 Specification at the rated input voltage of 24 V DC, 25°C. Frequency may be lower due to the voltage and temperature.

*3 Max frequency may vary by the method of operation. Please refer to the manual for details.

*4 Calendar accuracy at 0°C: 119 sec/month or less, 25°C: 51 sec/month or less, 55°C: 148 sec/month or less (Real-time clock requires a battery.)

*5 When data is stored in the storage area while the battery is not installed, the data is not cleared and the data value may be insignificant.

The same condition occurs when the battery is exhausted.

*6 The number of possible rewrites is 10,000 or less.

4. Input Specifications (Control unit, expansion unit)

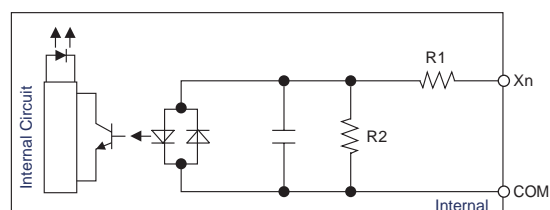
Item		Description
Insulation method		Photo-coupler
Rated input voltage		24 V DC
Operating voltage range		21.6 to 26.4 V DC
Rated input current		Approx. 4.7 mA (Control unit X0 to X7) Approx. 4.3 mA (Control unit X8 and after, expansion unit)
Input points per common		8 points/common (C14, E16) 16 points/common (C30, E60) (Input power polarity either positive or negative)
Min. ON voltage/ON current		19.2 V/3 mA
Max. OFF voltage/OFF current		2.4 V/1 mA
Input impedance		Approx. 5.1 k Ω (Control unit X0 to X7) Approx. 5.6 k Ω (Control unit X8 and after, expansion unit)
Response time	OFF \rightarrow ON	Control unit X0 to X7 0.6 ms or less: Normal input 50 μ s or less: High-speed counter, pulse catch, interruption input setting *7 Control unit X8 and after, expansion unit 0.6 ms or less
	ON \rightarrow OFF	Same as above
Operating indicator		LED display

*7 Specification at the rated input voltage of 24 V DC, 25°C.

5. Relay Output Specifications (Control units, Expansion units)

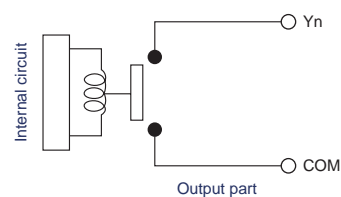
Item		Description
Output type		1a contact
Rated control capacity (Resistive load)		2 A 250 V AC, 2 A 30 V DC (8 A or less/common)
Output points per common		8 points/common
Response time	OFF \rightarrow ON	Approx. 10 ms
	ON \rightarrow OFF	Approx. 8 ms
Life time	Mechanical	20 million operations or more (Operation frequency 180 times/min)
	Electrical	100,000 operations or more (Operation frequency 20 times/min at the rated control capacity)
Surge absorber		None
Operating indicator		LED display

Internal circuit



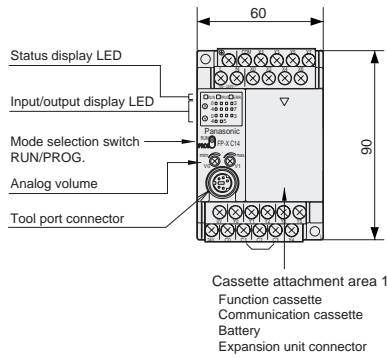
X0 to X7 : R1=5.1 k Ω R2=3 k Ω
 X8 and after : R1=5.6 k Ω R2=1 k Ω
 R1=6.8 k Ω R2=820

Internal circuit

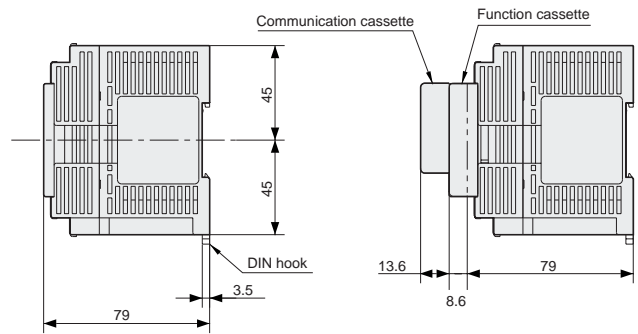


■ FP-X Control Unit Dimensions (Unit: mm)

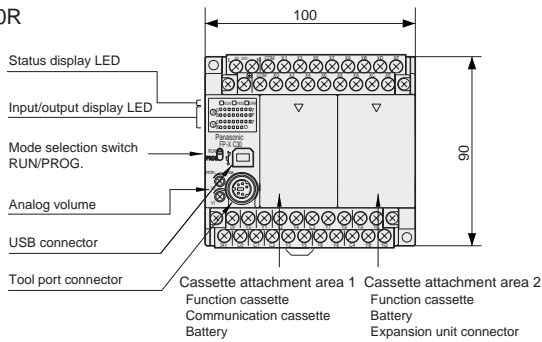
●AFPX-C14R (The same dimensions apply to the expansion I/O unit AFPX-E16R)



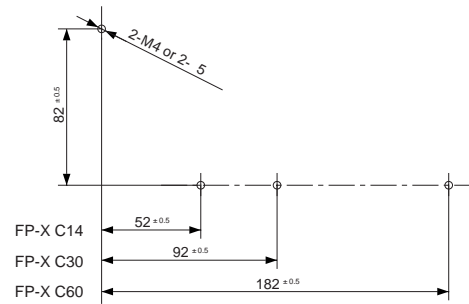
Dimensions when expansion cassettes (function and communication) are installed



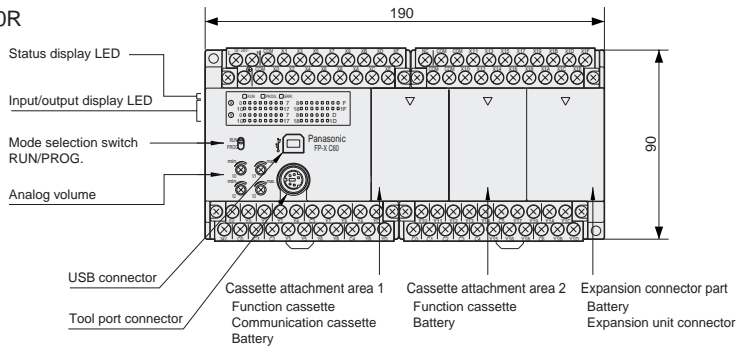
●AFPX-C30R



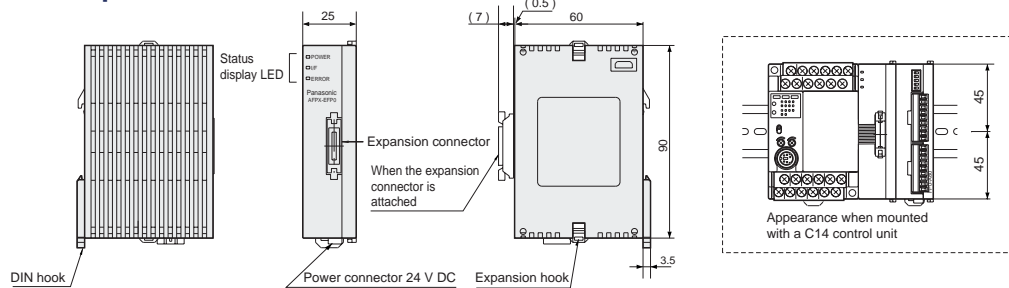
Mounting dimension diagram



●AFPX-C60R



■ FP-X Expansion FP0 Adapter Dimensions (Unit: mm)



These materials are printed on ECF pulp.
These materials are printed with earth-friendly vegetable-based (soybean oil) ink.



Please contact

Matsushita Electric Works, Ltd.

Automation Controls Business Unit

■ Head Office: 1048, Kadoma, Kadoma-shi, Osaka 571-8686, Japan

■ Telephone: +81-6-6908-1050 ■ Facsimile: +81-6-6908-5781

<http://www.nais-e.com/>

Panasonic®

All Rights Reserved © 2005 COPYRIGHT Matsushita Electric Works, Ltd.

Thank you very much for using SUNX sensors. Please read this Instruction Manual carefully and thoroughly for the correct and optimum use of this sensor. Kindly keep this manual in a convenient place for quick reference.



- This product is not a safety sensor. Its use is not intended or designed to protect life and prevent body injury or property damage from dangerous parts of machinery. It is a normal pressure detection sensor.
- In case this sensor is used within Japan, SI unit must be used since use of pressure units in Japan is restricted to SI units.

1 SPECIFICATIONS

Type	Vacuum pressure				Positive pressure						
	- 101kPa type				100kPa type			1MPa type			
	Standard	Flat	IP67	Light weight	Standard	Flat	IP67	Standard	Flat	IP67	
Model No.	Asian DP2-20	—	DP2-60	DP2-80	DP2-21	DP2-41	DP2-61	DP2-22	DP2-42	DP2-62	
	North American (N/A) DP2-20F(-P)	DP2-40N	DP2-60N	—	DP2-21F(-P)	DP2-41N	DP2-61N	DP2-22F(-P)	DP2-42N	DP2-62N	
	European —	DP2-40E	DP2-60E	—	—	DP2-41E	DP2-61E	—	DP2-42E	DP2-62E	
Item	Type of pressure										
	Gauge pressure										
Rated pressure range	0 to - 101.3kPa				0 to 100.0kPa			0 to 1.000MPa			
Set pressure range	5.1 to - 101.3kPa				- 5.0 to 100.0kPa			- 0.050 to 1.000MPa			
Pressure withstandability	490kPa							1.47MPa			
Applicable fluid	Non-corrosive gas										
Selectable units	kgf/cm ² , bar, psi, mmHg, inHg				kgf/cm ² , bar, psi						
Supply voltage	12 to 24V DC ± 1% 10% or less										
Current consumption	50mA or less										
Comparative outputs (Comparative Output 1 (Comparative Output 2)	<Asian, North American (Standard NPN output • Flat • IP67 types)> NPN open-collector transistor • Maximum sink current: 100mA • Applied voltage: 30V DC or less (between comparative output and 0V) • Residual voltage: 1V or less (at 100mA sink current) 0.4V or less (at 16mA sink current)				<North American (Standard PNP output type), European> PNP open-collector transistor • Maximum source current: 100mA • Applied voltage: 30V DC or less (between comparative output and +V) • Residual voltage: 2V or less (at 100mA source current)						
Output modes	Equipped with 4 types of modes: hysteresis mode, window comparator mode, dual output mode, automatic sensitivity setting mode (selectable by key operation)										
Hysteresis	1 digit (However, variable in hysteresis mode and 2 digits when using psi unit)										
Repeatability	Within ± 0.2% F.S. ± 1 digit										
Response time	2.5ms or less										
Short-circuit protection	Incorporated										
Analog voltage output	Output voltage: 1 to 5V (over rated pressure range) Zero-point: within 1V ± 5% F.S. Span: within 4V ± 5% F.S. Linearity: within ± 1% F.S. Output impedance: 1kΩ approx.										
Display	3 1/2 digit red LED display (Sampling rate: 4 times/sec. approx.)										
Displayable pressure range	5.1 to - 101.3kPa				- 5.0 to 100.0kPa			- 0.050 to 1.000MPa			
Analog bar display	LED bar display in steps of 10% F.S. approx.										
Operation indicators	Comparative Output 1: Orange LED (lights up when Comparative Output 1 is ON) Comparative Output 2: Green LED (lights up when Comparative Output 2 is ON)										
Protection	Standard • Flat • Light weight types: IP40 (IEC), IP67 type: IP67 (IEC)										
Ambient temperature	- 10 to + 50°C (No dew condensation or icing allowed), Storage: - 10 to + 60°C										
Ambient humidity	35 to 85% RH, Storage: 35 to 85% RH										
Temperature characteristics	Over ambient temperature range - 10 to + 50°C: within ± 1% F.S. of detected pressure at 20°C										
Pressure port	Asian • Flat • IP67 types: Rc (PT) 1/8 female thread, Light weight type: M5 female thread North American: Standard type: NPTF 1/8 female thread, Flat • IP67 types: NPT 1/8 female thread European: Flat • IP67 types: G (PF) 1/8 female thread										
Material	Front case: ABS, Rear case: PPS (glass fiber reinforced), Display surface: Acrylic Pressure port attachment: Die-cast zinc alloy (Light weight type: POM (glass fiber reinforced), pressure port is brass (nickel plated)) Front cover (IP67 type only): Polycarbonate										
Cable	0.15mm ² 5-core oil resistant cabtyre cable, 2m long (IP67 type: 5m long)										
Cable extension	Extension up to total 100m is possible with 0.3mm ² , or more, cable.										
Weight	Standard type: 95g approx., Flat type: 120g approx., IP67 type: 370g approx., Light weight type: 70g approx.										
Accessories	Hexagon-socket-head plug for pressure port: 1 No. (Standard type only), Pressure unit label: 1 No.										

Note: Model Nos. of North American standard type having the suffix '-P' are PNP output type.

2 CAUTIONS

DP2 series is designed for use with non-corrosive gas. It cannot be used for liquid or corrosive gas.

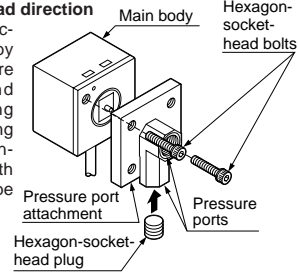
- Use within the rated pressure range.
- Do not apply pressure exceeding the pressure withstandability value. The diaphragm will get damaged and correct operation shall not be maintained.
- Make sure to carry out the wiring in the power supply off condition.
- Take care that wrong wiring will damage the sensor.
- Verify that the supply voltage variation is within the rating.
- If power is supplied from a commercial switching regulator, ensure that the frame ground (F.G.) terminal of the power supply is connected to an actual ground.
- In case noise generating equipment (switching regulator, inverter motor, etc.) is used in the vicinity of this sensor, connect the frame ground (F.G.) terminal of the equipment to an actual ground.

- Do not use during the initial transient time (0.5 sec.) after the power supply is switched on.
- Do not run the wires together with high-voltage lines or power lines or put them in the same raceway. This can cause malfunction due to induction.
- Cable extension, using 0.3mm², or more, cable, should be 100m or less overall.
- Avoid use of standard type, flat type and light weight type of sensor in places where steam and dust is excessive.
- Take care that the sensor does not come in direct contact with water, oil, grease, or organic solvents, such as, thinner, etc.
- Do not insert wires, etc., into the pressure port. The diaphragm will get damaged and correct operation shall not be maintained.
- Do not operate the keys with pointed or sharp objects.

3 SETTING OF PRESSURE LEAD DIRECTION AND PIPING

Standard type

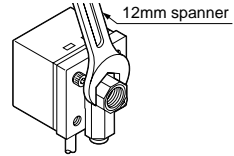
- **Setting of pressure lead direction**
 - The pressure lead direction can be changed by dismantling the pressure port attachment and changing the mounting direction. The tightening torque of the hexagon-socket-head bolt (length 9mm or less) should be 0.29N·m or less.



Note: Please make sure to close any unused pressure port with the hexagon-socket-head plug supplied as accessory.

Piping

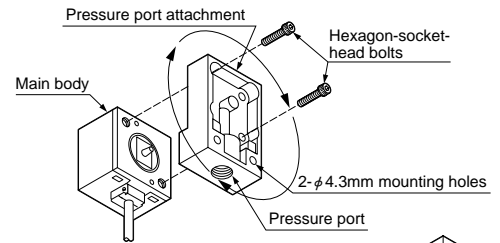
- When connecting a hexagon-socket-head plug or coupling to the pressure port, hold the hexagonal part of the pressure port with a 12mm spanner and make sure that the tightening torque is 9.8N·m or less. Also, in order to prevent any leakage, wind a sealing tape on the coupling when connecting. However, sealing tape is not required for North American type using NPTF 1/8 coupling. (Sealing tape is required if NPT1/8 coupling is used.)



Flat type, Light weight type

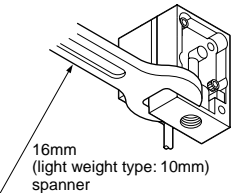
Setting of pressure lead direction

- The pressure lead direction can be changed by dismantling the pressure port attachment and changing the mounting direction. The tightening torque of the hexagon-socket-head bolt (length 9mm or less) should be 0.29N·m or less.



Piping

- When connecting a coupling to the pressure port, hold the pressure port attachment with a 16mm (Light weight type: 10mm) spanner and make sure that the tightening torque is 9.8N·m or less (Light weight type: 1.47N·m or less). Also, in order to prevent any leakage, wind a sealing tape on the coupling when connecting.



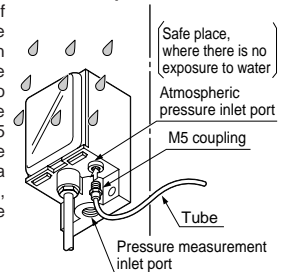
IP67 type

Piping for pressure measurement inlet port

- When connecting a coupling to the pressure measurement inlet port, hold the pressure port attachment with a spanner and make sure that the tightening torque is 9.8N·m or less. Also, in order to prevent any leakage, wind a sealing tape on the coupling when connecting.

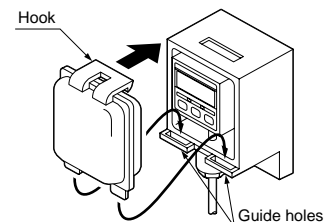
Piping for atmospheric pressure inlet port

- If there is a possibility of water entering into the sensor enclosure through the atmospheric pressure inlet port, connect a tube to the atmospheric pressure inlet port through a M5 coupling and extend the other end of the tube to a safe place. In this case, ensure that this end of the tube does not get clogged.



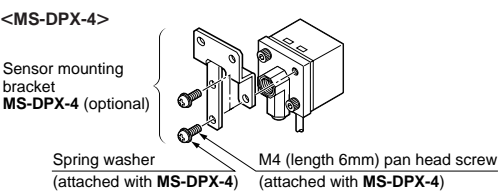
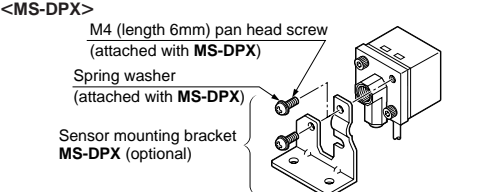
Fitting of front cover

- Insert the bosses on the front cover into the guide holes at the bottom of the pressure port attachment, and push in the direction of the arrow to fit the hook. When removing the front cover, release the hook first.



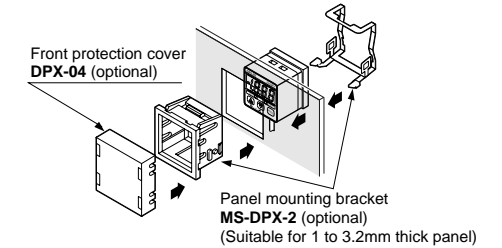
4 MOUNTING OF STANDARD TYPE SENSOR

● A sensor mounting bracket **MS-DPX** and **MS-DPX-4** (optional) may be used.
When mounting the sensor with the sensor mounting bracket, etc., the tightening torque should be 1.2N·m or less.



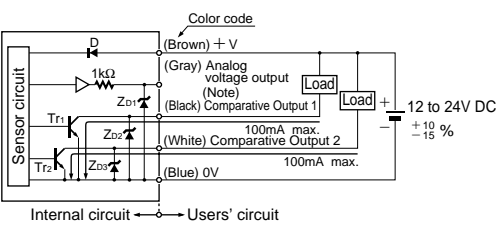
Note: In case mounting brackets or screws other than the sensor mounting bracket shown in the figure above are used, the length of the screws inserted into the pressure port attachment should be 5mm or less. If the length of the screws is longer than 5mm, the sensor may be damaged.

● Panel mounting bracket **MS-DPX-2** (optional) and a front protection cover **DPX-04** (optional) are also available.



5 I/O CIRCUIT DIAGRAM

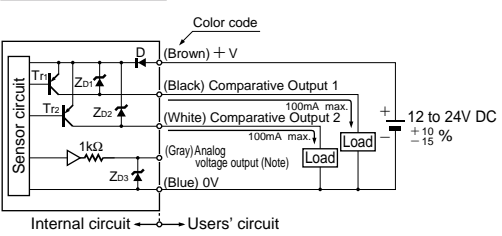
NPN output type



Note: The analog voltage output is not incorporated with a short-circuit protection circuit. Do not directly connect a power supply or a capacitive load. When using the analog voltage output, take care to connect external equipment of proper input impedance. Also, when a cable extension is used, voltage drop due to cable resistance should be taken into account.

Symbols ...D: Reverse supply polarity protection diode
Z_{D1}, Z_{D2}, Z_{D3}: Surge absorption zener diode
Tr₁, Tr₂: NPN output transistor

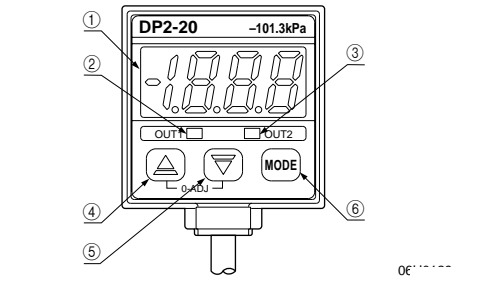
PNP output type



Note: The analog voltage output is not incorporated with a short-circuit protection circuit. Do not directly connect a power supply or a capacitive load. When using the analog voltage output, take care to connect external equipment of proper input impedance. Also, when a cable extension is used, voltage drop due to cable resistance should be taken into account.

Symbols ... D: Reverse supply polarity protection diode
Z_{D1}, Z_{D2}, Z_{D3}: Surge absorption zener diode
Tr₁, Tr₂: PNP output transistor

6 FUNCTIONAL DESCRIPTION OF OPERATION PANEL



No.	Description	Function
①	3 1/2 digit LED display (Red)	Displays measured pressure, settings, error messages and key-protect status.
②	Comparative Output 1 operation indicator (Orange)	Lights up when Comparative Output 1 is ON.
③	Comparative Output 2 operation indicator (Green)	Lights up when Comparative Output 2 is ON.
④	Increment key (▲)	<ul style="list-style-type: none"> In the initial setting mode, pressing the key changes the settable digit. In the Set Value 1, 2 modes, pressing the key changes the set value to the high pressure side in case of positive pressure type sensor and to the high vacuum side in case of vacuum pressure type sensor. In the sensing mode, if the key is pressed continuously for 4 sec. or more, the display shows peak hold value.
⑤	Decrement key (▼)	<ul style="list-style-type: none"> In the initial setting mode, pressing the key changes the set conditions. In the Set Value 1, 2 modes, pressing the key changes the set value to the low pressure side in case of positive pressure type sensor and to the low vacuum side in case of vacuum pressure type sensor. In the sensing mode, if the key is pressed continuously for 4 sec. or more, the display shows bottom hold value.
⑥	Mode selection key (■)	<ul style="list-style-type: none"> Pressing the key changes the selected mode to sensing mode, Set Value 1 (P1) set mode and Set Value 2 (P2) set mode. In the sensing mode, if the key is pressed continuously for about 3 sec., key-protect can be set/released. In the sensing mode, if the mode selection key is pressed while pressing the increment key (▲), the initial setting mode is obtained.

In the sensing mode, if both the keys are pressed simultaneously, zero-point adjustment is done.

7 ERROR MESSAGES

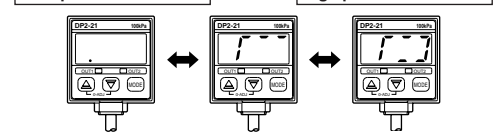
● When an error occurs, take the following corrective action.

Error message	Cause	Corrective action
E-1	Overcurrent due to short-circuit.	Switch off the power supply and check the load.
E-3	Pressure is being applied during zero-point adjustment.	Applied pressure at the pressure port should be brought to atmospheric pressure and zero-point adjustment should be done again.
- - -	Positive pressure type Applied pressure exceeds the upper limit of displayable pressure range.	Applied pressure should be brought within the rated pressure range.
- - -	Vacuum pressure type Applied pressure exceeds the lower limit of displayable pressure range.	
- - -	Positive pressure type Applied pressure exceeds the lower limit of displayable pressure range.	Applied pressure should be brought within the rated pressure range.
- - -	Vacuum pressure type Applied pressure exceeds the upper limit of displayable pressure range.	

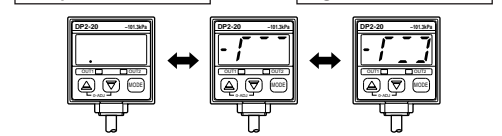
8 ANALOG BAR DISPLAY

● Pressure changes are displayed in an analog fashion by using LED bars. Hence, any sudden changes in pressure can be detected at a glance.
● The analog bar display shows the measured pressure, irrespective of the pressure unit, in steps of 10% F.S. approx.
{ Please refer to **SETTING ② Initial setting** for the procedure to change to analog bar display.

Analog bar display for positive pressure type sensor



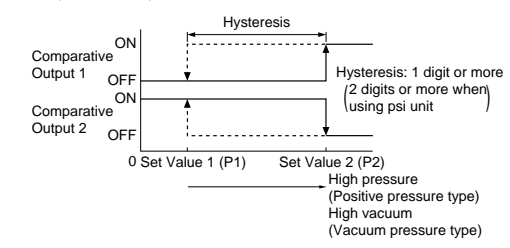
Analog bar display for vacuum pressure type sensor



9 OUTPUT MODES & THEIR CHARACTERISTICS

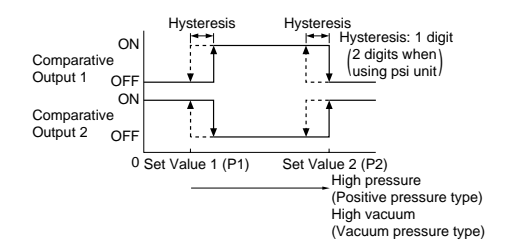
Hysteresis mode (H)

● The common hysteresis of the comparative outputs can be set, as desired, with the set values.



Window comparator mode (L)

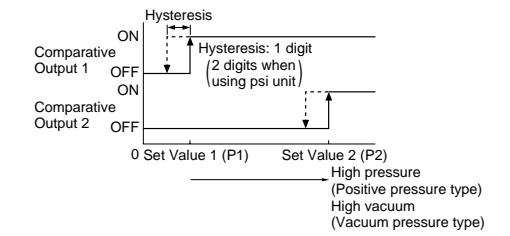
● The comparative outputs can be turned ON or OFF by a pressure which is within the pressure range set by Set Value 1 and Set Value 2.



● When operating in window comparator mode (L) Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2) should be set with a difference of 3 digits or more. However, when the pressure unit is set to 'psi', the difference should be 6 digits or more.

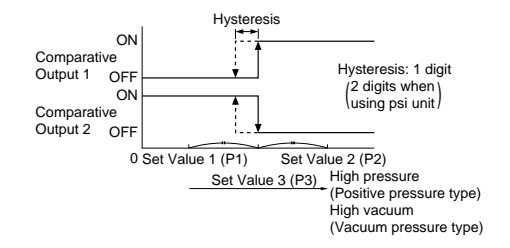
Dual output mode (d)

● The outputs can be put to different use such as detection of different kinds of objects, control function, alarm function etc.



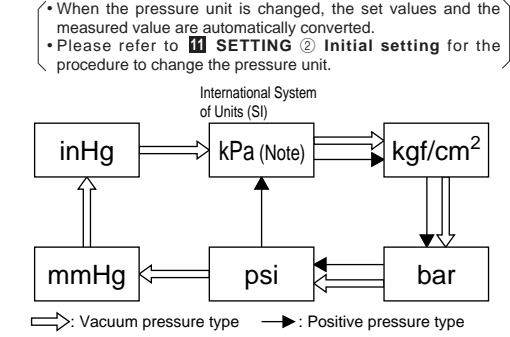
Automatic sensitivity setting mode (R)

● Using actual objects, if the pressure values for OK objects and NG objects are input, then the sensor is automatically set to the optimum pressure value (mid-value).



10 PRESSURE UNITS

● The pressure unit can be selected as per customer's requirement.
● In case of positive pressure type, the pressure unit can be changed from International System of Units (SI) 'kPa' or 'MPa' to 'kgf/cm²', 'bar' or 'psi'. In case of vacuum pressure type, the pressure unit can be changed from International System of Units (SI) 'kPa' to 'kgf/cm²', 'bar', 'psi', 'mmHg' or 'inHg'.
{ When the pressure unit is changed, the set values and the measured value are automatically converted.
• Please refer to **SETTING ② Initial setting** for the procedure to change the pressure unit.

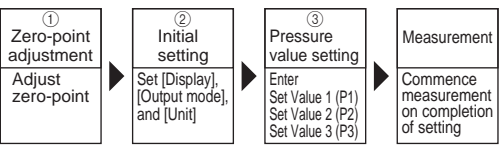


Note: MPa in case of DP2-22□, DP2-42□ and DP2-62□.

SETTING

- If key-protect has been set, make sure to release key-protect before operating the keys. (Please refer to **KEY-PROTECT FUNCTION** for the procedure.)
- The conditions which are set are stored in an EEPROM. Kindly note that the EEPROM has a life span and its guaranteed life is 100,000 write operation cycles.

Setting procedure



1 Zero-point adjustment

- The displayed pressure when the pressure port is left open is adjusted to zero.

Set to sensing mode

- The sensor will automatically enter the sensing mode when power is supplied.
- The figure on the left shows the display when the pressure unit and display are set to 'kPa' and 'digital display', respectively.

Perform zero-point adjustment

- Let the pressure port be at atmospheric pressure (i.e., no applied pressure condition), and press, simultaneously, the increment and decrement keys continuously.
- **000** is displayed and, when the finger is released, zero-point adjustment is completed and the sensor returns to the sensing mode.
- If pressure has been applied during zero-point adjustment, **F-3** is displayed when the keys are pressed. Bring the applied pressure to atmospheric pressure (i.e., no applied pressure condition) and carry out the zero-point adjustment once again.

2 Initial setting

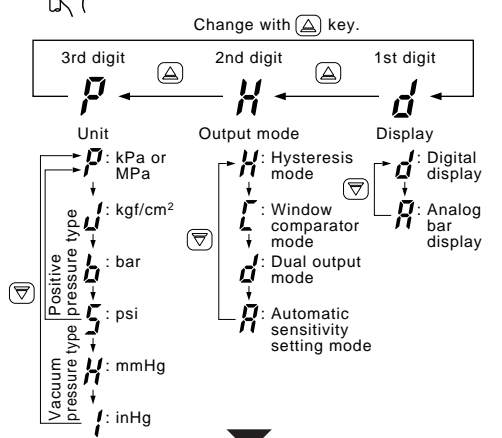
- Pressure [Unit], [Display] and [Output mode] of the comparative outputs are set.

Set to initial setting mode

- In the sensing mode, press **MODE** key while pressing **▲** key.
- Initial setting is displayed.
- If sensor is being used for the first time, **PH0** is displayed.

Set initial conditions

- The settable digit blinks.
- The settable digit changes when **▲** key is pressed.
- Change the setting of each digit as desired.
- The setting is changed when **▼** key is pressed.



Set to sensing mode

- Press **MODE** key.
- The sensor returns to sensing mode after the initial conditions have been set.
- Since the initial conditions which have been set are stored in an EEPROM, they are not erased even if the power supply is switched off.
- The figure on the left shows the display when the unit and display are set to 'kPa' and 'digital display', respectively.

3 Setting of pressure values

For the case when output mode is set to either the hysteresis mode (H), window comparator mode (L) or dual output mode (d).

- [Set Value 1 (P1)] and [Set Value 2 (P2)] of the comparative outputs are set.

- The setting of Set Value 2 (P2) with respect to Set Value 1 (P1) can only be towards the high pressure side in case of the positive pressure type sensor and only towards the high vacuum side in case of the vacuum pressure type sensor.
- Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2) can be made common for all the output modes. However, when a changeover is made to the automatic sensitivity setting mode, since Set Value 3 (P3) has not been set, make sure to carry out the pressure value settings for the automatic sensitivity mode.

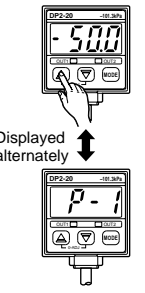
Set to Set Value 1 (P1) set mode

- In the sensing mode, press **MODE** key.
- **P-1** and Set Value 1 (P1) which is being set are displayed alternately.
- The figure on the left shows the display of a vacuum pressure type sensor when the pressure unit has been set to 'kPa'.



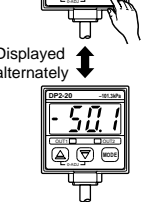
Enter Set Value 1 (P1)

- Enter using **▲** key and **▼** key.
- In case of the positive pressure type sensor, if **▲** key is pressed once the set value changes towards the high pressure side by 1 digit and if **▼** key is pressed once the set value changes towards the low pressure side by 1 digit.
- In case of the vacuum pressure type sensor, if **▲** key is pressed once the set value changes towards the high vacuum side by 1 digit and if **▼** key is pressed once the set value changes towards the low vacuum side by 1 digit.
- If **▲** key or **▼** key is pressed continuously, the set value changes quickly.
- If the set pressure range is exceeded, either **HP** (upper limit exceeded) or **LP** (lower limit exceeded) is displayed.



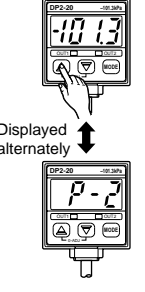
Set to Set Value 2 (P2) set mode

- In the Set Value 1 (P1) set mode, press **MODE** key.
- **P-2** and Set Value 2 (P2) which is being set are displayed alternately.



Enter Set Value 2 (P2)

- Using **▲** key and **▼** key, enter in a manner similar to that for entering Set Value 1 (P1).
- If the set pressure range is exceeded, either **HP** (upper limit exceeded) or **LP** (lower limit exceeded) is displayed.



- If the output mode has been set to the window comparator mode (L) in the initial setting mode, Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2) should be set with a difference of 3 digits or more. However, when unit is set to 'psi', the difference should be 6 digits or more.

Set to sensing mode

- Press **MODE** key.
- The sensor returns to sensing mode after Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2) have been set.
- Since the values which have been set are stored in an EEPROM, they are not erased even if the power supply is switched off.

For the case when the output mode is set to automatic sensitivity setting mode (R)

- Comparative outputs' [Set Value 1 (P1)], [Set Value 2 (P2)] and [Set Value 3 (P3)] are set.

- The setting of Set Value 2 (P2) with respect to Set Value 1 (P1) can only be towards the high pressure side in case of the positive pressure type sensor and only towards the high vacuum side in case of the vacuum pressure type sensor.
- Set Value 3 (P3) is automatically set to the mid-value of Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2). However, if Set Value 1 (P1) is set to a value on the vacuum pressure side for a positive pressure type sensor or to the positive pressure side for a vacuum pressure type sensor, Set Value 3 (P3) is automatically set to the mid-value of 'zero' (atmospheric pressure) and Set Value 2 (P2). Further, if both, Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2) are set to a value on the vacuum pressure side for a positive pressure type sensor or to the positive pressure side for a vacuum pressure type sensor, Set Value 3 (P3) is automatically set to 'zero' (atmospheric pressure).
- The automatically set Set Value 3 (P3) can be changed manually.
- Since display of error messages is not possible during pressure value setting in the automatic sensitivity setting mode, make sure that the sensor is used within the rated pressure range.

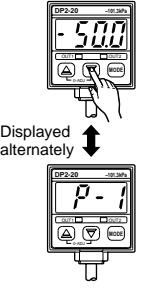
Set to Set Value 1 (P1) set mode

- In the sensing mode, press **MODE** key.
- **P-1** and Set Value 1 (P1) which is being set are displayed alternately.
- The figure on the left shows the display of a vacuum pressure type sensor when the pressure unit has been set to 'kPa'.



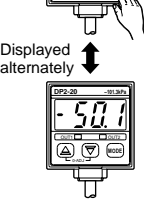
Enter Set Value 1 (P1)

- Within the required permissible pressure range, having created a pressure state which is nearest to the atmospheric pressure, press **▼** key.
- The pressure value at the time of pressing **▼** key is entered as Set Value 1 (P1). Set Value 1 (P1) and **P-1** are displayed alternately.
- If the set pressure range is exceeded, either **HP** (upper limit exceeded) or **LP** (lower limit exceeded) are displayed and Set Value 1 (P1) is set automatically to the upper or lower limit of the set pressure range.
- The setting of Set Value 1 (P1) can be repeated several times in the Set Value 1 (P1) set mode.



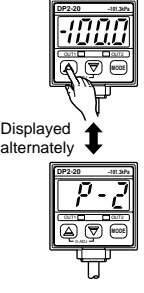
Set to Set Value 2 (P2) set mode

- In the Set Value 1 (P1) set mode, press **MODE** key.
- **P-2** and Set Value 2 (P2) which is being set are displayed alternately.

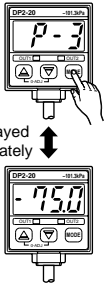


Enter Set Value 2 (P2)

- Within the required permissible pressure range, having created a pressure state which is nearest to the high pressure end (for a positive pressure type sensor) or the high vacuum end (for a vacuum pressure type sensor), press **▲** key.
- The pressure value at the time of pressing **▲** key is entered as Set Value 2 (P2). Set Value 2 (P2) and **P-2** are displayed alternately.
- If the set pressure range is exceeded, either **HP** (upper limit exceeded) or **LP** (lower limit exceeded) are displayed and Set Value 2 (P2) is set automatically to the upper or lower limit of the set pressure range.
- The setting of Set Value 2 (P2) can be repeated several times in the Set Value 2 (P2) set mode.



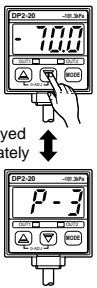
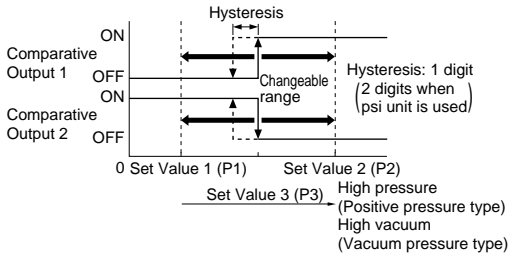
Set to Set Value 3 (P3) set mode



- In the Set Value 2 (P2) set mode, press P key.
- P-3 and the automatically set Set Value 3 (P3) are displayed alternately.
- In case Set Value 1 (P1) = -50.0kPa, Set Value 2 (P2) = -100.0kPa, then Set Value 3 (P3) = $\frac{-50.0 + (-100.0)}{2} = -75.0\text{kPa}$ (Digits smaller than the displayed digits are discarded).

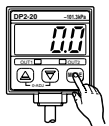
In case Set Value 3 (P3) is to be changed

- The automatically set Set Value 3 (P3) can be manually changed to a value between Set Value 1 (P1) and Set Value 2 (P2). However Set Value 3 (P3) cannot be set to a value on the vacuum pressure side for a positive pressure type sensor or to the positive pressure side for a vacuum pressure type sensor.



- Enter using P key and V key.
- In case of a positive pressure type sensor, if P key is pressed once, the set value changes towards the high pressure side by 1 digit and if V key is pressed once, the set value changes towards the low pressure side by 1 digit.
- In case of a vacuum pressure type sensor, if P key is pressed once the set value changes towards the high vacuum side by 1 digit and if V key is pressed once the set value changes towards the low vacuum side by 1 digit.
- If P key or V key is pressed continuously, the set value changes quickly.
- If the set pressure range is exceeded, either PUP (upper limit exceeded) or LLO (lower limit exceeded) is displayed.

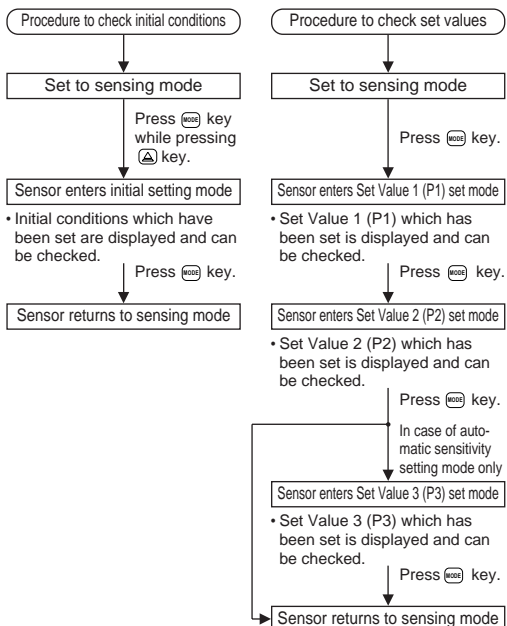
Set to sensing mode



- Press M key.
- The sensor returns to the sensing mode after Set Value 1 (P1), Set Value 2 (P2) and Set Value 3 (P3) have been set.
- Since the values which have been set are stored in an EEPROM, they are not erased even if the power supply is switched off.

12 PROCEDURE FOR CHECKING SET VALUES

- The conditions which have been set in the initial setting and the pressure settings can be checked by the following procedure.



- Please note that if any key, except M key, is pressed in any setting mode, the set conditions shall get changed.

13 CONVERSION OF PRESSURE UNITS

- In the DP2 series, the conversion to different units is automatically done on changing the setting of the pressure unit. However, this conversion can also be obtained by multiplying the values by the coefficients given in the following table.

Conversion procedure

- For example, if 2kPa is to be expressed in kgf/cm², since 1kPa=1.01972 × 10⁻²kgf/cm², 2kPa becomes 2 × 1.01972 × 10⁻² ÷ 0.020kgf/cm²

Conversion table for pressure units

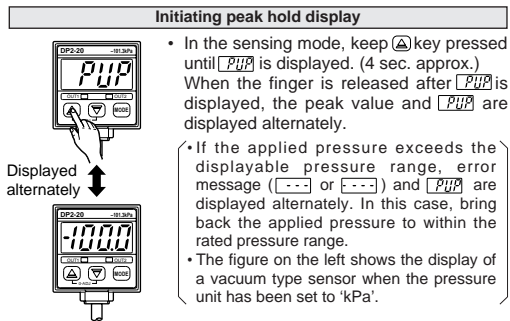
	kPa	MPa	kgf/cm ²	bar	psi	mmHg (Torr)	inHg	atm
1kPa	1	1 × 10 ⁻³	1.01972 × 10 ⁻²	1 × 10 ⁻²	1.45038 × 10 ⁻¹	7.50062	0.2953	9.86923 × 10 ⁻³
1MPa	1 × 10 ³	1	1.01972 × 10	1 × 10	1.45038 × 10 ²	7.50062 × 10 ³	0.2953 × 10 ³	9.86923
1kgf/cm ²	9.80665 × 10	9.80665 × 10 ⁻²	1	9.80665 × 10 ⁻¹	1.42234 × 10	7.35559 × 10 ²	2.8959 × 10	9.67841 × 10 ⁻¹
1bar	1 × 10 ²	1 × 10 ⁻¹	1.01972	1	1.45038 × 10	7.50062 × 10 ²	2.953 × 10	9.86923 × 10 ⁻¹
1psi	6.89473	6.89473 × 10 ⁻³	7.03065 × 10 ⁻²	6.89473 × 10 ⁻²	1	5.17147 × 10	2.036	6.80457 × 10 ⁻²
1mmHg (1Torr)	1.33322 × 10 ⁻¹	1.33322 × 10 ⁻⁴	1.35951 × 10 ⁻³	1.33322 × 10 ⁻³	1.93368 × 10 ⁻²	1	3.9370 × 10 ⁻²	1.31579 × 10 ⁻³
1inHg	3.3864	3.3864 × 10 ⁻³	3.4531 × 10 ⁻²	3.3864 × 10 ⁻²	0.4912	2.5400 × 10	1	3.342 × 10 ⁻²
1atm	1.01325 × 10 ²	1.01325 × 10 ⁻¹	1.03323	1.01325	1.46960 × 10	7.60000 × 10 ²	2.9921 × 10	1

14 PEAK HOLD & BOTTOM HOLD FUNCTIONS

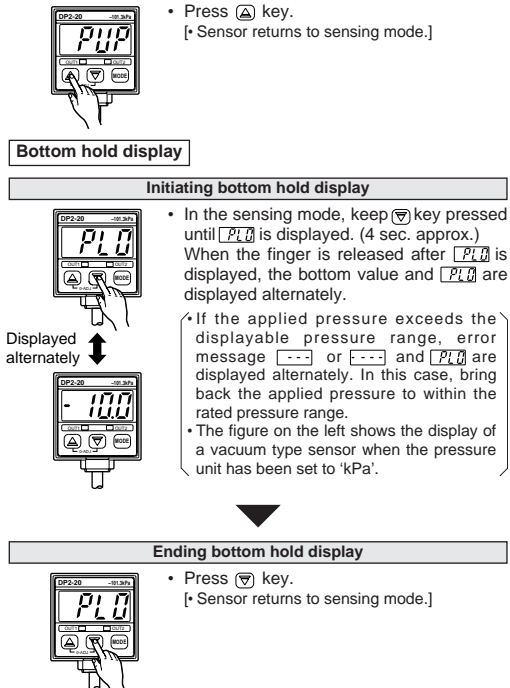
- Peak hold and bottom hold functions enable the display of the peak value (maximum pressure value in case of the positive pressure type sensor and maximum vacuum pressure value in case of the vacuum pressure type sensor) and the bottom value (minimum pressure value in case of the positive pressure type sensor and minimum vacuum pressure value in case of the vacuum pressure type sensor) of the varying measured pressure.
- These functions are convenient for finding the pressure variation range or for determining the reference for pressure settings.

- Please note that the peak value and the bottom value data is erased when it is no longer displayed.
- The response time of the comparative outputs becomes slower during the peak hold and bottom hold display.

Peak hold display

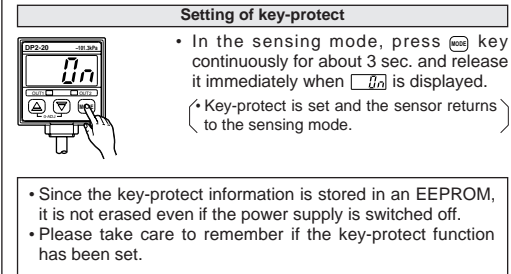


Bottom hold display



15 KEY-PROTECT FUNCTION

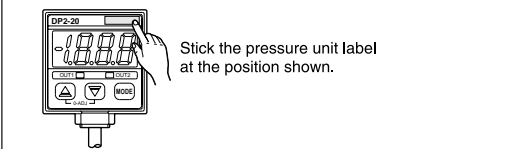
- Key-protect is a function which prevents any unintentional change in the conditions which have been entered in each setting mode by making the sensor not to respond to the key operations.



16 LABEL FOR CHANGE IN PRESSURE UNIT

- When a pressure unit other than 'kPa' or 'MPa' has been selected in the initial setting mode, the label (supplied as accessory) which corresponds to the selected unit should be stuck at the position shown in the figure below.

Pressure unit label (accessory)		
-101.3kPa用	100kPa用	1MPa用
-1.033kgf/cm ²	1.020kgf/cm ²	10.20kgf/cm ²
-14.70psi	14.50psi	145.0psi
-1.013bar	1.000bar	10.00bar
-760mmHg		
-29.9inHg		
圧力センサ用 単位切り換え銘板 N2L58		



SUNX Limited <http://www.sunx.co.jp/>

Head Office
 2431-1 Ushiyama-cho, Kasugai-shi, Aichi,
 486-0901, Japan
 Phone: +81-(0)568-33-7211
 FAX: +81-(0)568-33-2631

Overseas Sales Dept.
 Phone: +81-(0)568-33-7861
 FAX: +81-(0)568-33-8591