

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica

REMEC, INC.S.A.

“Sistema Integral de Alarmas para el Cuarto de Máquinas.”

**Informe Final de Proyecto de Graduación para optar por el Grado de Bachiller
en Ingeniería Electrónica**

Carlos Enrique Carvajal Solórzano.

Cartago, 2001

RESUMEN

Con el afán de tener un monitoreo constante del desempeño de las máquinas claves en el proceso productivo, se realizó, primeramente, un estudio de los precios o cotizaciones de diferentes proveedores en el área de automatización.

Luego del estudio se llegó a la decisión de que el proveedor que daba mejores precios y facilidades para el proyecto era la compañía *Siemens*. Una vez escogida la marca por usar en la primera etapa del proyecto, es decir la etapa de diseño, programación y simulación, se empezó a realizar el diseño del sistema que iba a resolver el problema.

El diseño se llevó a cabo mediante el uso de un *CPU 224 AC / DC / RELAY*, dos módulos de entradas analógicas *EM 235*, sensores de presión, presión absoluta (vacío) y ultrasónicos, además del uso de un panel *TP170A*

Una vez realizado el diseño, se realizó la programación adecuada del *PLC* y el panel, con el fin de apreciar las horas de tiempo de funcionamiento de las máquinas, el estado de los sensores y las alarmas.

Por último se llevó a cabo la simulación del sistema completo. Comprobando así el diseño y la programación efectuada y además terminando por completo la primera etapa del proyecto, con el fin de empezar con la segunda y última etapa, la etapa de implementación.

Palabras Claves: Siemens, CPU, EM 235, TP170A, PLC, sensores.

ABSTRACT

With the desire of having a constant check up of the efficiency of the key machines in the productive process, first of all, a study concerning the prices or fixed prices of different suppliers in the automation area, was done.

After finishing this project, it was found that the *Siemens* company has the best prices and facilities. Once the brand was chosen for the first part of the project, that is, the design, programming, and simulation phase, the system's design that would solve the problem was done.

The design was done using a *CPU 224 AC / DC / RELAY*, two analogical input modules *EM 235*, pressure sensors, absolute pressure (empty), and ultrasounds, furthermore, a panel *TP170A* was also used.

Once the design was carried on, an adequate programming of the *PLC* and panel was made with the intention of appreciating the functioning time period of the machines, the sensor's state, and alarms.

At the end, a simulation of the complete system was carried on. This way the design and the past mentioned programming was confirmed, and thus completely finishing the first part of the project, in order to begin with the second and last part, the implementation phase.

Keywords: Siemens, CPU, EM 235, TP170A, PLC, sensors.

DEDICATORIA.

A toda mi familia, mis hermanas, mis padres y especialmente a ti madre. Por todo tu apoyo, confianza, paciencia y especialmente por el amor que me has dado, en los momentos difíciles. Por escucharme y levantarme cuando más lo necesitaba, por todo esto gracias.

Sin ti no hubiera podido llegar hasta donde he llegado, y por ti continuaré alcanzando logros y creciendo como ser humano, para que te sientas orgullosa de ser mi madre como yo me siento orgulloso de ser tu hijo.

Te ama por siempre tu hijo.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a los profesores Eduardo Interiano, Nestor Hernández y Carlos Badilla por su apoyo durante el transcurso de la carrera. Al profesor Carlos Incer en la colaboración prestada en el transcurso de mi práctica.

A la compañía Siemens, por el préstamo del equipo para la realización de mi práctica y especialmente al Ing. Pablo Rojas, por toda la ayuda y apoyo brindado durante la realización de la misma.

También agradezco a la empresa REMEC INC, S.A., por haberme brindado la oportunidad de realizar mi práctica de especialidad en ella y principalmente agradezco al departamento de mantenimiento de la empresa por la colaboración brindada.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	2
1.1 Descripción de la empresa.	2
1.2 Definición del problema y su importancia.	3
1.3 Objetivos.....	8
1.3.1 Objetivo general.	8
1.3.2 Objetivos específicos.	8
Capítulo 2: Antecedentes.....	10
2.1 Estudio del problema a resolver.	10
2.2 Requerimientos de la empresa.	12
2.3 Solución propuesta.....	12
Capítulo 3: Procedimiento Metodológico.....	19
Capítulo 4: Descripción del hardware utilizado.	23
4.1 Cotizaciones.	23
4.2 Justificación de la colocación de los sensores, en el cuarto de máquinas. ...	34
4.3 Especificaciones importantes de los sensores a usar en el proyecto.	38
4.3.1.1 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso de los sensores de presión de aire.....	38
4.3.1.2 Modo de operación de los sensores de presión de aire.....	40
4.3.1.3 Parametrización de los sensores de presión de aire.....	40
4.3.1.4 Tipos de parametrización.....	41
4.3.2.1 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso del sensor de vacío.	43
4.3.2.2 Modo de operación del sensor de vacío.	44
4.3.2.3 Parametrización del sensor de vacío.	45
4.3.2.4 Tipos de parametrización.....	45
4.3.3.1 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso del sensor 3RG61 14 (Tanque de Agua Potable).....	45
4.3.3.2 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso del sensor 3RG61 15 (Tanque de Agua Desionizada).	45
4.3.3.3 Modo de operación de los sensores ultrasónicos.	46
4.3.3.4 Parametrización de los sensores ultrasónicos.	46
4.4 Especificaciones importantes del CPU 224 AC/DC/Relay, que deben tenerse en cuenta en el diseño.	47
4.5 Características importantes a tener en cuenta en el uso del Módulo de Expansión de Entradas Analógicas EM235 AI 3/AQ X 12 Bits.....	50
4.6 Unión del CPU con el módulo de expansión de entradas analógicas.	53
4.7 Señales de reloj para los relojes de horas de tiempo de funcionamiento de las máquinas.....	57
4.8 Panel de Lectura a utilizar. (<i>Touch Panel TP170</i>).	60
4.8.1 Especificaciones importantes del Panel de Operador a usar en el Proyecto.....	60
4.9 Cable para unir el PLC con el Panel de Operador <i>TP170A</i>	62

4.10 Tipo de cable a usar en la unión de las entradas analógicas del <i>PLC</i> con las salidas de los sensores y en la unión de las entradas digitales del <i>PLC</i> con las salidas de los contactores.	62
Capítulo 5: Descripción del software del sistema.....	66
5.1 Software usados.....	66
5.1.1 STEP 7-Micro / Win 32 y componentes de la ventana principal.....	66
5.1.2 <i>TP DESIGNER</i> y componentes de la ventana principal.....	71
5.2 Explicación de la programación de algunas pantallas del panel <i>TP070</i>	77
5.2.1 Pantalla inicial del programa realizado para el panel <i>TP070</i>	77
5.2.2 Pantalla que muestra el menú principal del panel <i>TP070</i>	78
5.2.3 Pantalla para observar las horas de funcionamiento de las máquinas.	80
5.2.4 Ejemplo de la visualización de las horas de funcionamiento de una máquina, en este caso el extractor de aire.	80
5.2.5 Pantalla de reconocimiento del <i>PASSWORD</i> para el reset de las máquinas.	81
5.2.6 Pantalla que muestra los botones para el reset de las máquinas.	82
5.2.7 Pantalla de indicación de alarma.	83
5.2.8 Pantalla que muestra el tipo de visualización hecha para el sensado, en este caso en la línea de nitrógeno.	84
5.3 Diagramas de flujo utilizados en el proyecto.	85
5.3.1 Explicación de la rutina de relojes de tiempo de funcionamiento de las máquinas.	85
5.3.2 Explicación de la rutina de la prueba de cambio de "HumedadesX".....	87
5.3.3 Explicación de la rutina del <i>PASSWORD</i> para el reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.	89
5.3.4 Explicación de la rutina de reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.....	91
5.3.5 Explicación de la rutina de reconocimiento y alarma de la señal de falta de fluido eléctrico en el extractor de aire.	92
5.3.6 Explicación de la rutina de simulación de los sensores a usar.	93
5.3.7 Explicación de la rutina de alarmas para sensores que detectan niveles mínimos.	94
5.3.8 Explicación de la rutina de alarmas para sensores que detectan un rango determinado.....	96
Capítulo 6: Análisis y resultados.	98
6.1 Explicación del diseño.	98
6.2 Alcances y limitaciones.....	102
7.1 Conclusiones.	105
7.2 Recomendaciones.....	106
Bibliografía.	108
Apéndices.	110
Apéndice 1: Sensores usados en el proyecto.....	110
Apéndice 2: CPU AC/DC/RELAY.	113
Apéndice 3: Módulo de expansión de entradas analógicas (<i>EM235</i>).	115
Apéndice 4: Panel de monitoreo (<i>TP170A</i>).	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4. 1 Esquema general de la colocación de los sensores en el cuarto de máquinas.....	36
Figura 4. 2 Ubicación específica del sensor de presión de agua para la señal de "LOW PRESSURE ", en la membrana de ósmosis inversa.	37
Figura 4. 3 Esquema del sensor de presión SITRANS P, a usar en las líneas de aire, nitrógeno y LOW PRESSURE.....	39
Figura 4. 4 Varios tipos de parametrización usados, con HART communicator,HART modem y usando PROFIBUS-PA. A) Usando un comunicador HART. B) Usando un HART modem y C) Usando el protocolo PROFIBUS-PA.	42
Figura 4. 5 Esquema del sensor de presión absoluta SITRANS P, a usar en la línea de vacío.....	44
Figura 4. 6 Diagrama de la unión del CPU 224 con el módulo de expansión de entradas analógicas EM 235.....	53
Figura 4. 7 Unión de los módulos de expansión de entradas analógicas y los sensores a usar.....	55
Figura 4. 8 Unión del CPU 224 AC / DC / Relay y los contactores de cada máquina.	56
Figura 4. 9 Diagrama total del diseño efectuado, unión del Módulo de Expansión de Entradas Analógicas y los sensores a usar	63
Figura 4. 10 Diagrama total del diseño efectuado, unión del CPU 224 AC / DC / Relay y los contactores de cada máquina, junto con el Panel de Lectura.	64
Figura 5. 1 Componentes de la ventana del software de programación del PLC.	70
Figura 5. 2 Componentes de la ventana del software de programación del Panel de Monitoreo.	76
Figura 5. 3 Pantalla inicial del programa realizado para el panel TP070.	77
Figura 5. 4 Menú Principal del Panel TP070.....	78
Figura 5.5 Pantalla para acceder a la visualización de las horas de tiempo de funcionamiento de cada máquina.	79
Figura 5.6 Ejemplo de una pantalla de visualización de las horas de funcionamiento de una de las máquinas.	80
Figura 5.7 Pantalla para acceder al password de reset de máquinas.	81
Figura 5.8 Pantalla de resets de máquinas.....	82
Figura 5.9 Pantalla de indicación de que hay una alerta en alguna máquina o línea.	83
Figura 5.10 Ejemplo de la visualización del tipo de sensado efectuado con el panel TP070.....	84
Figura 5. 11 Diagrama de flujo de la rutina de tiempo de funcionamiento de las máquinas.....	86

Figura 5. 12 Diagrama de flujo correspondiente a la prueba de cambio de "HunidadesX"	87
Figura 5. 13 Diagrama de flujo correspondiente a la prueba de cambio de "HcentenasX"	88
Figura 5. 14 Diagrama de flujo correspondiente a la prueba de cambio de "HdmX".	88
Figura 5. 15 Diagrama de flujo correspondiente a la rutina del PASSWORD para el reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.	89
Figura 5. 16 Diagrama de flujo correspondiente de la rutina de reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.	90
Figura 5. 17 Diagrama de flujo correspondiente de la rutina de reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.	91
Figura 5. 18 Diagrama de flujo correspondiente a la rutina de simulación de los sensores a usar.....	92
Figura 5. 19 Diagrama de la rutina de alarmas para sensores que detectan niveles mínimos.....	94
Figura 5. 20 Diagrama de la rutina de alarmas para sensores que detectan un rango determinado.	95
Figura A1. 1 Foto del sensor de presión SITRANS P, a usar en las líneas de aire, nitrógeno y LOW PRESSURE.....	110
Figura A1. 2 Foto del sensor de presión absoluta SITRANS P, a usar en la línea de vacío.	111
Figura A1. 3 Sensores Ultrasónicos para medir el nivel de llenado del tanque de agua potable y el de agua desionizada.....	112
Figura A2. 1 Ubicación de las Salidas, Entradas y el Puerto de Comunicaciones en el CPU 224. AC/DC/Relay.....	113
Figura A2. 2 Diagrama de las conexiones de las entradas y salidas del CPU 224.	113
Figura A2. 3 Foto frontal del CPU 224.	114
Figura A3. 1 Diagrama de las conexiones de las entradas y salidas del EM235. ...	115
Figura A4. 1 Foto del Panel de Operador (Tipo Touch Panel) a usar en el proyecto.	116
Figura A4. 2 Vistas frontal, superior y lateral del Panel de Operador (TP 170A) ...	116
Figura A4. 3 Arreglo de las conexiones de elementos en el Panel de Operador TP 170A.....	117
Figura A4. 4 Conexión entre el TP170A y el CPU 224 AC/DC/RELAY	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4. 1 Elvatron, cotización de PLC y el Panel de Lectura.....	23
Tabla 4. 2 Elvatron, cotización de los sensores y software.....	25
Tabla 4. 3 Siemens, cotización.	26
Tabla 4. 4 Continuación, Siemens, cotización.....	27
Tabla 4. 5 JR Controles, cotización del equipo referido al PLC.	28
Tabla 4. 6 Propuesta utilizando productos MODICON. (Solo el PLC y Panel).....	29
Tabla 4. 7 Propuesta utilizando productos Allen-Bradley. (Solo el PLC y Panel).....	30
Tabla 4. 8 Cuadro de Características de las Cotizaciones.....	31
Tabla 4. 9 Cuadro de Comparativo de las Cotizaciones.	32
Tabla 4. 10 Características de colocación de los sensores en el cuarto de máquinas.	33
Tabla 4. 11 Configuración adecuada de los <i>DIP</i> Switches para el uso del módulo EM235.....	51
Tabla 4. 12 Contactores en cada máquina, del cuarto de máquinas.	58
Tabla 4. 13 Especificaciones de los motores en cada máquina, del cuarto de máquinas.....	59
Tabla 4. 14 Conexión de elementos en el Panel de Operador <i>TP 170A</i>	61
Tabla 4. 15 Opciones de Comunicación del Panel de Operador <i>TP170A</i>	61

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN

Capítulo 1: Introducción

1.1 Descripción de la empresa.

REMEC Inc. Costa Rica nació en el año de 1996 con el nombre de Q-BIT, bajo la supervisión y dirección del señor Randall Vega. La empresa estaba ubicada en la Zona Franca Ultrapark, en La Aurora de Heredia y contaba con un total de 15 operarios, que se dedicaban principalmente a la fabricación de Bits.

En 1998, la corporación REMEC, empresa norteamericana fundada en 1993 y dedicada al diseño y desarrollo de componentes electrónicos, compró la compañía e introdujo nuevos productos del área microelectrónica y electrónica con sistemas de microondas y radio frecuencia. En ese año, el personal de REMEC Inc. Costa Rica aumentó en un 150 %, razón por la cual se trasladó donde se ubica hoy día.

A partir de dicho año, se instalaron nuevas líneas de producción para la fabricación de nuevos productos.

En la actualidad la actividad principal de REMEC es, el diseño y manufactura de MFM's¹, donde su Gerente es el señor Randall Vega.

Website: www.remec.com

El Departamento donde se realizó el proyecto fue el Departamento de Mantenimiento, en el cual laboran 3 personas (técnicos). El departamento dispone de 1 Ingeniero, el Ing. Emilio Luthmer Louzao, Ingeniero en Mecánica. El jefe del Departamento es el Ing. Emilio Luthmer Louzao.

¹ Microwave Multifunction Modules

En este Departamento se realizan actividades como: Mantenimiento de todas las máquinas y equipos en cada línea de Producción, instalación de equipos, control de inventario de repuestos, préstamo de herramientas, donde su función principal es la de dar mantenimiento a todas las máquinas, además de la realización de un Plan Preventivo de Mantenimiento.

1.2 Definición del problema y su importancia.

El cuarto de máquinas es el espacio físico que alberga todas las máquinas encargadas de abastecer de aire, nitrógeno, vacío, agua y agua desionizada a la empresa. Estas cinco sustancias son de vital importancia para la empresa, ya que cada una juega un papel importante en la producción.

Para el abastecimiento de nitrógeno, se dispone de un tanque de nitrógeno *PRAXAIR* con un nivel máximo de 100 pulgadas de agua y una capacidad de 1500 Galones. El inconveniente es que cuando el tanque se vacía el llenado no es tan fácil, ya que se necesita llamar a la compañía *PRAXAIR*, para que venga a llenar el tanque y este llenado es muy caro. Por lo tanto se adquirió un extractor de aire (*LS-12 SULLAIR*) junto con una Membrana de Nitrógeno (*PRAXAIR NITROGEN MEMBRANE SYSTEM*), para no tener que estar llenando el tanque de nitrógeno y así ahorrar costos.

Con esto el abastecimiento de nitrógeno de la empresa se da por medio del Sistema de la Membrana de Nitrógeno, que toma el aire extraído por el extractor de aire y lo convierte en nitrógeno, separando gases y dejando prácticamente solo gases nobles, donde el porcentaje de oxígeno es de 0.1 %, con lo cual el nitrógeno obtenido es casi puro. El nitrógeno es uno de los tres elementos usados en las líneas de producción (los otros son aire y vacío). El nitrógeno es importante en cada línea de producción, ya que se utiliza para limpiar piezas electrónicas.

El nitrógeno tiene menos impurezas que el aire, además se utiliza en las recámaras de componentes. Por esta razón se requiere sensar y controlar el nivel de presión que hay en la línea de nitrógeno, donde la presión mínima establecida para abastecer de manera adecuada es de 85 psi². Este es un parámetro que se debe mantener constante y es modificable, pero lo importante es que la presión no baje de este nivel.

Para el abastecimiento de aire se dispone de tres compresores, de los cuales dos trabajan continuamente(El *ES-6 SULLAIR* y el *LS – 10 SULLAIR*), el tercero(*PALATEK INC*) entra a trabajar si se da alguna falla en alguno de los primeros. El aire generado por cada compresor pasa por dos secadores de aire (*REFRIGERATOR AIR DRYER, SRD – SULLAIR*), donde la máxima presión es de 250 psi. Estos secadores tienen como función liberar al aire de la humedad, para que al llegar a las líneas de producción sea aire puro, libre de agua que pudiera dañar los componentes. Por esta razón es de vital importancia sensar y controlar que la presión se encuentre dentro de los límites aconsejados, en este caso la presión máxima de 115 psi y la mínima de 80 psi.

Con respecto al abastecimiento de vacío, se dispone de tres bombas de vacío (*INGER SOLL - RAND, AIR FILTER*, dos y la última *VS-10 SULLAIR*), encargadas de abastecer de vacío a toda la fábrica. Este es el tercer elemento que se encuentra en cada línea de producción. Este se utiliza para la colocación efectiva y precisa de piezas importantes en el proceso productivo. Esto hace que el nivel de presión de las bombas de vacío también tenga que ser sensado y controlado. En estas bombas la presión máxima es 22 pulgadas de Hg, 74 KPa aproximadamente y la presión mínima es de 19 pulgadas de Hg, 64 KPa aproximadamente.

² 100 KPa equivalen a 1 bar. 14.28 psi equivalen a 1 bar y 29.67 pulgadas de Hg equivalen a 1 bar.

Con respecto al abastecimiento de agua potable es necesario llevar el control de los niveles mínimos de agua en el tanque de agua potable, debido a que ésta abastece toda la planta y si faltase, se detendría la producción ya que es parte fundamental del proceso de ósmosis inversa³(este proceso se lleva a cabo con el fin de obtener agua desionizada). El bombeo de agua se controla mediante un Secuenciador de Bombas de Agua, que tiene como función regular la cantidad de agua que se transporta a la fábrica. Un problema actual se tiene en que este controlador no indica cuando el tanque está a un nivel de agua por debajo de los límites establecidos. Por está razón se requiere de una alerta preventiva para evitar el paro de equipos claves en el proceso productivo.

Con respecto al suministro de agua desionizada, este suministro depende directamente del suministro de agua potable y del proceso de ósmosis. Este suministro es de vital importancia para el proceso de *GPD*⁴ , en el área de lavado. Este, es un proceso de lavado de piezas, que quita cualquier impureza que haya quedado en la pieza después de haber pasado por el proceso productivo.

La desionización del agua se lleva a cabo mediante el uso de tres tanques de pretratamiento, los cuales se encuentran controlados por medio de un Controlador de Ósmosis Inversa (*REVERSE OSMOSIS CONTROLLER*). Este controlador es el encargado de llevar el control adecuado de: el nivel de llenado de los tanques de pretratamiento, nivel de presión, etc. Todos estos parámetros, entre otros, son necesarios para que el proceso de ósmosis inversa se lleve a cabo adecuadamente. El problema en este caso se da cuando la señal de *LOW PRESSURE*, se activa en el Panel de Control. Esto origina el paro del proceso de ósmosis y con esto el suministro de agua desionizada se detiene y por lo tanto no es posible realizar el proceso de lavado de piezas (*GPD*), originando el paro de la producción.

³ Proceso químico que consiste en la separación de iones en el agua para obtener agua desionizada.

⁴ *GPD*, *GENERAL PRODUCTION DEVICES*. Marca de la compañía que distribuye esta máquina.

Con la activación de la señal de *LOW PRESSURE*, es posible programar el número de intentos que realiza el controlador de ósmosis inversa para autoinicializarse luego que se activa la señal de *LOW PRESSURE* y también es posible programar el tiempo que transcurre entre cada intento. Esto debido a que la activación de la señal de *LOW PRESSURE*, es uno de los causantes del paro del controlador. En la actualidad se realizan tres intentos antes de que el controlador se detenga. Con esto el controlador intenta tres veces autoinicializarse, antes de detenerse por completo.

El problema surge cuando después de los tres intentos nadie se ha dado cuenta de la activación de la señal, y por lo tanto el sistema se detiene.

El otro problema que origina el paro de la membrana de ósmosis inversa, es la ausencia de fluido eléctrico, ya que sin fluido eléctrico el controlador no puede funcionar y así el proceso de ósmosis inversa se detiene.

Otro de los problemas que se presenta, es el descontrol de las horas efectivas de trabajo de cada máquina, ya que se requiere saber cual es el tiempo efectivo de trabajo de cada una. Así se podría dar un mantenimiento preventivo a cada máquina, y con esto evitar el funcionamiento defectuoso de cualquier máquina. Las máquinas a controlar son:

- 1 Extractor de aire. (*LS-12 SULLAIR*).
- 1 *REVERSE OSMOSIS CONTROLLER*. (*U.S.FILTER*).
- 1 Purificador de aire o secador (*SRD-SULLAIR*).
- 3 Compresores de aire (*ES-6 SULLAIR, LS-10 SULLAIR* y *PALATEK INC*).
- 3 Bombas de vacío (*INGER SOLL - RAND*, dos y la última *VS-10 SULLAIR*).
- 2 Bombas de agua del Controlador de Agua Potable (*KONNY MODEL K-2001-S*).

Entre los efectos del problema se encuentran principalmente, paro parcial o total de la producción, esto debido a que la falta de agua potable detiene el proceso de ósmosis y con esto el lavado de piezas (*GPD*) y por ende la producción. Además, las diferencias de presión fuera de los límites establecidos, provocan desperfectos en los componentes finales y pérdidas económicas a la empresa. Estos problemas pueden ser evitados si los niveles de presión en las líneas de producción son los adecuados desde el inicio de la producción. Pero en general el problema fundamental se resume en el paro parcial o total de la producción, debido a descontroles en los niveles mínimos requeridos en el agua potable, agua desionizada, aire, nitrógeno y vacío.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

Diseñar y simular un sistema capaz de monitorear constantemente el desempeño de máquinas claves en el proceso productivo; por medio de la programación adecuada de un PLC.

1.3.2 Objetivos específicos.

- a. Cotizar los costos con diferentes proveedores del equipo a usar en el diseño.
- b. Recolectar información sobre las especificaciones, funcionamiento y desempeño de los dispositivos a utilizar en el diseño.
- c. Diseñar el sistema total; sensores ,PLC, panel de control, U.P.S, etc.
- d. Adquirir información sobre el software a usar para programar el PLC.
- e. Programar las alarmas y relojes de tiempo de horas efectivas de trabajo de las máquinas.
- f. Simular el sistema diseñado y programado.

CAPÍTULO 2
ANTECEDENTES

Capítulo 2: Antecedentes.

2.1 Estudio del problema a resolver.

El proyecto nació debido a los problemas originados por el paro de algunas máquinas del proceso productivo. Este paro origina pérdidas a la empresa, debido a que el paro de una de estas máquinas ocasiona la detención de una o varias líneas de producción.

Es por esto que en el departamento de mantenimiento de la empresa surgió la idea de implantar un sistema de monitoreo para los niveles mínimos requeridos para el correcto funcionamiento de cada máquina. La idea nace principalmente en la inquietud de los ingenieros encargados del departamento, el Ing. Emilio Luthmer y el Ing. Marco Carrillo.

El problema se resolvió como se muestra en las figuras 4.21 y 4.22, donde se utilizó un supresor de picos y una *U.P.S*⁵, para asegurar la alimentación continua de todo el equipo utilizado.

Se muestra también el uso de sensores de presión de aire (*SITRANS P* ⁶) para la línea de nitrógeno, la señal de "LOW PRESURE" y la línea de aire y un sensor de presión absoluta o vacío también *SITRANS P*, para la línea de vacío. También un sensor ultrasónico para el tanque de agua potable y otro para el tanque de agua desionizada. Todos estos para poder monitorear el estado del abastecimiento de cada flujo desde el cuarto de máquinas hacia las líneas de producción de la empresa. Estos sensores fueron simulados utilizando fuentes de corriente de 4-20 mA.

⁵ Uninterrupt power source.

⁶ Etiqueta utilizada por la compañía Siemens, para describir a los sensores de presión y de presión absoluta (vacío).

Todos los sensores utilizados tienen una señal de salida de 4 –20 mA. Pueden ser parametrizados para que se comporten proporcionalmente o inversamente proporcional. La parametrización adecuada es la del tipo proporcional. Una vez parametrizados adecuadamente los sensores pueden ser conectados a las entradas analógicas del *PLC*⁷. El *CPU* utilizado, el *CPU 224 AC/DC/RELAY* no ofrece la posibilidad de entradas analógicas integradas, por lo que se utilizaron dos módulos de entradas analógicas (*EM 235*)⁸, los cuales se conectaron entre si y con el *CPU*, por medio del bus de datos. La forma en que se conectaron los sensores (en este caso las fuentes de corriente) a las entradas de los módulos analógicos, se muestra en la figura 4.9.

En la figura 4.10 se muestra la forma en que se conectó el *CPU* con los módulos de entradas analógicas, además de como se conectaron las señales de los contactores de las máquinas con las entradas digitales integradas del *CPU* .(Estas señales fueron simuladas con señales de 24 VDC). Además se muestra como se conectaron las señales de encendido de la membrana de ósmosis inversa y el extractor de aire. Estas últimas fueron simuladas también por medio de señales de 24 VDC.

Por último se muestra la unión del *CPU* del *PLC* con el panel de monitoreo *TP170 A*⁹, (para la simulación se utilizó el panel *TP070*). Este panel necesitó una alimentación de 24 VDC y ser conectado al *CPU* por medio de un cable de comunicaciones *RS-485*, y por medio de una programación adecuada del mismo recibió y mostró el estado de los sensores utilizados y los relojes de tiempo de horas efectivas de funcionamiento junto con las señales de encendido de la membrana de ósmosis inversa y el extractor de aire.

⁷ Program logic controller.

⁸ Expansion Module.

⁹ Touch Panel.

2.2 Requerimientos de la empresa.

El monitoreo constante de ciertas máquinas que son claves en el proceso productivo es una necesidad; básicamente se busca diseñar y programar un sistema capaz de realizar lo siguiente:

- a. Control de niveles mínimos necesarios para el suministro adecuado de agua potable y agua desionizada, que tenga como función principal el dar una alerta preventiva para evitar el paro de equipos considerados claves en el proceso productivo.
- b. Detección de diferenciales de presión que se encuentren fuera de los parámetros establecidos en los equipos, en las líneas de aire, vacío y nitrógeno.
- c. Sistema de alerta de paro en la membrana de ósmosis inversa. Dicha membrana deja de trabajar ya sea por falta de agua o interrupción del fluido eléctrico.
- d. Control de horas de trabajo de máquinas, para servir como monitor para el mantenimiento preventivo de las máquinas.

2.3 Solución propuesta.

En este proyecto la empresa tenía propuesto el camino a seguir para solucionar el problema, el cual consistía en el uso de sensores y un *PLC*. La solución partía prácticamente de cero, debido a que nunca se había diseñado y ni siquiera implementado algún tipo de solución para el problema.

La solución total propuesta consiste de dos etapas, la etapa de diseño, programación y simulación y la etapa de implementación. En el presente Proyecto realizado se efectuó la primera etapa, con el fin de continuar con la segunda cuando la empresa lo considere necesario. A continuación se explica el razonamiento seguido para llegar a la solución total, describiéndolo por módulos.

El primer módulo corresponde al cuarto de máquinas, donde se encuentran las máquinas que abastecen de los flujos básicos a la empresa.

Los siguientes módulos corresponden a los sensores a usar en la detección de niveles mínimos y máximos requeridos. El primero de estos corresponde al sensor de nivel para el tanque de agua potable. Este sensor tiene la función de dar una señal de corriente de 4-20 mA (entrada analógica al *PLC*), cuando el nivel del agua potable en el tanque sea mínimo y ponga en peligro la producción. El siguiente de estos módulos es el correspondiente al sensor de nivel en el tanque de agua desionizada, este sensor, mandará una señal de corriente (entrada analógica al *PLC*), en el instante en que el nivel de agua desionizada sea mínima y así el proceso de lavado de componentes(*GPD*) esté en peligro por falta de agua desionizada y con esto se detenga la producción.

El siguiente de los módulos incluye el sensor de presión a usar para detectar diferenciales de presión en la línea de aire. Este sensor se colocará en la línea de aire, con el fin de detectar incrementos o decrementos en las presiones máximas y mínimas establecidas . Para este caso la presión máxima es de 115 psi y la mínima es de 80 psi. Es decir el sensor enviará una señal de corriente de 4-20 mA al *PLC*(entrada analógica al *PLC*), cada vez que se sobrepasen los 115 psi o se disminuya la presión por debajo de los 80 psi.

Otro de los módulos es el sensor de presión que se colocará en la Membrana de Nitrógeno. Esta es la encargada de abastecer de nitrógeno a las líneas de producción en la empresa. Este sensor enviará una señal de corriente de 4-20 mA al *PLC*(Entradas Analógicas al *PLC*), cada vez que disminuya por debajo de los 85 psi.

El siguiente módulo contiene el sensor de vacío a usar, el cual se activará cada vez que se sobrepasen los niveles mínimos o máximos establecidos los cuales son 19 pulgadas de Hg (64 KPa) para el nivel mínimo y 22 pulgadas de Hg (74 KPa) para el nivel máximo, es decir el sensor enviará una señal de corriente de 4-20 mA al *PLC*(Entradas Analógicas al *PLC*), cada vez que esto suceda.

Además de los anteriores módulos de sensado, se tiene también el módulo encargado de sensar la activación de la señal de *LOW PRESSURE* en la Membrana de Ósmosis Inversa. Está activación será detectada por medio de un sensor de presión que dará una señal de corriente de 4-20 mA al *PLC*(Entradas Analógicas al *PLC*), cada vez que la presión del agua descienda de los 10 psi.

Luego de estos módulos se encuentran 13 señales provenientes del cuarto de máquinas. Dos de ellas son las señales de encendido *ON*, de la membrana de ósmosis inversa y del extractor de aire, señales de voltaje de 24 VDC(entradas digitales al *PLC*). Otras 11 señales que corresponden a las señales de encendido para llevar las horas efectivas de funcionamiento de cada máquina, señales de voltaje de 24 VDC(entradas digitales al *PLC*). Las máquinas a controlar son:

- 1Extractor de aire. (*LS-12 SULLAIR*).
- 1REVERSE OSMOSIS CONTROLLER. (*U.S.FILTER*).
- 1 Purificador de aire o Secadores (*SRD-SULLAIR*).
- 3 Compresores de aire (*ES-6 SULLAIR*, *LS-10 SULLAIR* y *PALATEK INC*).
- 3 Bombas de vacío (*INGER SOLL - RAND*, dos y *VS-10 SULLAIR* la última).
- 2 Bombas de agua (*KONNY MODEL K-2001-S*).

También dos módulos vitales en la solución los cuales corresponden al suministro de energía. Estos son una *U.P.S.* y un SUPRESOR DE PICOS, que tienen la función de alimentar al sistema todo el tiempo, a pesar de que no haya fluido eléctrico.

A continuación se definen las funciones del módulo principal en la solución propuesta, el *PLC*.

Una vez que se activa el sensor de nivel en el tanque de agua potable, esta señal es capturada por una de las entradas analógicas del *PLC*, el cual por medio de una programación adecuada determina si el nivel del corriente proveniente del sensor corresponde al nivel mínimo. Si es así entonces mediante la interfaz de comunicaciones del *PLC* se envía una señal de "Alarma", hacia el Panel de Control. El mismo principio se aplica para la activación del sensor de nivel en el tanque de agua desionizada.

Con respecto a la activación del sensor de presión de aire, éste envía su salida hacia una de las entradas del *PLC*, que determina si el nivel de corriente proveniente del sensor corresponde a un nivel mayor que el máximo permitido (115psi) o es menor que el mínimo permitido (80 psi). Si esto sucede el *PLC* se encarga de mandar por medio de la interfaz de comunicaciones del *PLC* una señal de "Alarma" hacia el Panel de Control.

En lo que respecta a la activación del sensor de presión en la membrana de nitrógeno, éste tiene el mismo principio que el sensor en la línea de aire. Si se sobrepasan los niveles máximos o mínimos, el *PLC* envía una señal de "Alarma", hacia el Panel de Control. Todo lo anterior gracias a una programación adecuada del *PLC* y a la interfaz de comunicaciones del *PLC*.

En la línea de vacío se aplica el mismo principio que en la línea de aire, solo que ésta usa un sensor de vacío que se encarga de mandar una señal de corriente proporcional al nivel de vacío sensado. Si este nivel es mayor que el máximo permitido o menor que el mínimo permitido, entonces el *PLC* captura en una de sus entradas el nivel de corriente enviado por el sensor (4- 20 mA) y luego por la interfaz de comunicaciones envía una señal de “Alarma”, hacia el Panel de Control.

En lo que respecta a la Membrana de Ósmosis Inversa, cuando el sensor de presión de agua se activa, el *PLC* capturarán esta señal en una de sus entradas y determinará si se ha disminuido el nivel mínimo de presión (10 psi, *LOW PRESSURE*). Si esto sucede el mismo por medio de la interfaz de comunicaciones del *PLC* enviará una señal de “Alarma”, hacia el panel de control. Además de la señal de *LOW PRESSURE*, el otro motivo por el que la membrana se detiene es la ausencia de fluido eléctrico. Esta ausencia será detectada por una de las entradas del *PLC*, el cual determinará cuando no hay fluido eléctrico en la Membrana de Ósmosis Inversa. Cuando esto suceda, el *PLC* enviará mediante la interfaz de comunicaciones del mismo una “Alarma”, hacia el Panel de Control.

Por último en lo que respecta a este módulo se tienen las 11 entradas correspondientes a las señales de encendido para llevar las horas efectivas de funcionamiento de cada máquina. Cada una de estas señales servirá de habilitador para un reloj de tiempo de horas de trabajo. Estos relojes serán programados adecuadamente en el *PLC*, que llevará este conteo para cada una de las 11 máquinas, y lo enviará él mismo hacia el Panel de Control, donde podrá ser visualizado.

El último de los módulos, es el módulo denominado “ Panel de Control ” . Este módulo recibe todas las alarmas, 8 en total, además de los 11 relojes de tiempo de horas efectivas de trabajo de cada máquina, mediante la interfaz de comunicaciones del *PLC* y por medio de una programación adecuada del mismo, será posible visualizar las señales de alarma de cada máquina, así como también el tiempo efectivo de trabajo de cada una y con esto llevar un registro constante de las máquinas claves en el proceso productivo.

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

Capítulo 3: Procedimiento Metodológico.

Pasos y sus actividades	Algunos Recursos requeridos	Duración Total.	Fecha de Inicio
<p>a. Obtención de costos del equipo a utilizar con la ayuda de diferentes proveedores.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Averiguar números telefónicos y direcciones de los proveedores del equipo. 2. Visitar cada uno de los proveedores y obtener su cotización del equipo requerido. 3. Comparar las diferentes cotizaciones, por medio de un documento de texto y luego enviar éste al departamento de producción industrial de REMEC, INC, S.A. 	Teléfono, Internet.	2 semanas	12/ 02/ 01
<p>b. Investigación detallada de cada dispositivo a usar (sensores de presión, de nivel, de vacío, PLC y Panel de Control, tipo cable a usar, etc).</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Conseguir direcciones adecuadas para la búsqueda de especificaciones de los dispositivos. 5. Lectura de información encontrada en Internet. 6. Lectura de Manuales y hojas de datos del PLC y el Panel de Control a usar. 7. Recopilación de información encontrada; con un procesador de texto. 	Computador, Internet, Manuales, hojas de datos, un procesador de texto	2 semanas	12/02/01

Pasos y sus actividades	Algunos Recursos requeridos	Duración Total.	Fecha de Inicio
<p>c. Esquematizar la colocación de los sensores; junto con la unión del PLC y el Panel de Control, tipo de cable, etc.</p> <p>8. Esquematizar la colocación de los sensores en el Cuarto de Máquinas.</p> <p>9. Esquematizar la unión de los sensores con las entradas del PLC.</p> <p>10. Esquematizar la unión de las salidas del PLC con el Panel de Control.</p> <p>11. Esquematizar el tendido de cables, desde el Cuarto de Máquinas al Panel de Control.</p> <p>12. Especificar el tipo de cable a usar en el cableado.</p> <p>13. Esquematizar el Diagrama Total del Diseño.</p>	<p>Computador y un Programa de Dibujo Adecuado.</p>	<p>6 semanas</p>	<p>26/02/01</p>
<p>d. Investigación sobre el uso del Software a usar para programar el PLC.</p> <p>14. Leer Manual de Usuario y hacer ejemplos de cómo programar con el Software del PLC.</p>	<p>Computador, Software del PLC.</p>	<p>2 semanas</p>	<p>26/03/01</p>

Pasos y sus actividades	Algunos Recursos requeridos	Duración Total.	Fecha de Inicio
<p>e. Buscar el Algoritmo adecuado para programar las alarmas y los relojes de tiempo de horas efectivas de trabajo de las máquinas.</p> <p>15. Programar el reconocimiento de los relojes de tiempo de horas efectivas de trabajo por parte del PLC.</p> <p>16. Programar todos los relojes de tiempo de horas efectivas de trabajo; en el PLC.</p> <p>17. Programar el reconocimiento de las señales de falta de fluido eléctrico por parte del PLC.</p> <p>18. Programar el reconocimiento de las salidas de los 2 sensores de nivel por parte del PLC.</p> <p>19. Programar el reconocimiento de las salidas de los 3 sensores de presión por parte del PLC.</p> <p>20. Programar el reconocimiento de la salida del sensor de vacío por parte del PLC.</p> <p>21. Programar todas las alarmas en el PLC.</p>	<p>Computador, Internet, Manual de Usuario del Software del PLC</p>	<p>6 semanas</p>	<p>09/04/01</p>
<p>f. Pruebas con el Sistema Diseñado y Programado.</p> <p>22. Unir fuentes con cada una de las entradas del PLC y comprobar que la programación y el diseño son adecuado observando el Panel de Control.</p>	<p>1 Fuente de 24 VDC, 1 Fuente Regulable de 4 – 20 mA, PLC y Panel de Control.</p>	<p>2 Semanas.</p>	<p>21/05/01</p>

CAPÍTULO 4

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

Capítulo 4: Descripción del hardware utilizado.

4.1 Cotizaciones.

Tabla 4. 1 Elvatron, cotización de PLC y el Panel de Lectura.

Vendedor: Max Alpizar.

Elaborado: Luis Eduarte Madrigal.

Cantidad	Artículo	Descripción	Tiempo de Entrega	Precio por Unidad	Precio Total
1	CPU	Micrologix 1500, Entradas 12, 120 VAC, Salidas 12, Relay. 1764 -24AWA	Inmediato	\$ 475	\$475
1	Unidad de Procesamiento Standard.	Micrologix 1500 1764-LSP	Inmediato	\$ 225	\$ 225
1	Acoplador de Red	DH485 1761-NET-AIC	Inmediato	\$ 145.25	\$ 145.25
1	Módulo de Entradas	Entradas 16, 120 VAC. 1769-IA16	Inmediato	\$ 225.00	\$ 225.00
1	Módulo de Entradas Analógicas.	Entradas 4. 1769-IF4	Inmediato	\$ 410.00	\$ 410.00
1	Reloj de Tiempo Real.	Micrologic 1500. 1764-RTC	Inmediato	\$ 50.00	\$ 50.00

Cantidad	Artículo	Descripción	Tiempo de Entrega	Precio por Unidad	Precio Total
1	Acoplador de Red	DH485. 1761-NET-AIC	Inmediato	\$175.00	\$ 175.00
1	Panel View 600, Color Keypad Terminal con RS232.	2711-K6C5	2 a 4	\$ 1 651.40	\$ 1 651.40
1	Cable Micrologix al Puerto 1 del AIC, 45.	1761-CBL-AP00	2 a 4	\$ 35.00	\$ 35.00
1	Cable RS232 Programación y Operación Par	2711-NC13	Inmediato	\$ 81.88	\$ 81.88

Nota: Tiempo de entrega: es en semanas.

Tabla 4. 2 Elvatron, cotización de los sensores y software.

Cantidad	Artículo	Descripción	Tiempo de Entrega	Precio por Unidad	Precio Total
2	Sensor nivel Probe * 2 pulgadas. Kynar * 2 hilos * H = 5.0 m	86152010	3 a 5	\$ 699.00	\$ 1 398.00
3	Sensor de presión 0 a 150 psig máz * 10:1 * 1/2 pulgadas-14 NPT.	2088G2S22A1	3 a 5	\$ 832.00	\$ 2 496.00
1	Sensor presión 0 a 30 psig máx * 10: 1 * 1/2 pulgadas - 14 NPT * 3	2088A1S22A1	3 a 5	\$ 937.00	\$ 937.00
1	Software para el Panel View	2711-ND3	Inmediato	\$ 294.12	\$ 294.12
1	Software para el PLC	9324- RL0300ENE	Inmediato	\$ 1 100.00	\$ 1 100.00

Sub Costo Total del Equipo cotizado en ELVATRON : \$ 9 698.65

Costo total: \$ 10 959.47

Tabla 4. 3 Siemens, cotización.

Asistente Comercial: José Alberto Murillo.

Encargado Técnico: Ing. Paulo Rojas.

Cantidad	Artículo	Descripción	Precio por Unidad	Precio Total
1	Autómata Programable S7200 CPU 224. Entradas integradas: 14 X 24 Vdc / Salidas integradas: 10 X relé. Alimentación: 110 VAC.	6ES72141BD210XB0	\$ 320	\$ 320
1	Módulo EM221 / entradas digitales 8 X 24 Vdc.	6ES72211BF200XA0	\$ 80	\$ 80
2	Módulo EM235 / 4 entradas analógicas / 1 salida analógica.	6ES7235OKD210XA0	\$ 225.00	\$ 450.00
36	Borne individual, hasta 26 Amp	8WA10111DF11	\$ 0.78	\$ 28.08
1	Panel de operador Tipo Touch Panel TP070	6AV6 545 OAA152AX0	\$ 680	\$ 680
1	Cable de conexión entre PLC y TP070	6ES79013Bf200XA0	\$ 78.00	\$ 78.00
1	Fuente de Alimentación, salida 24 Vdc, 1 Amp. Alimentación: 115 VAC	6EP13321SH41	\$ 240.00	\$ 240.00
3	Transmisor de presión SITRANS P de 0 a 16 bar	7MF40131DA001AC6Z (A01 / B13)	\$ 820.00	\$ 2 460
1	UPS Mitsubishi Electric 700 VA		\$ 573.22	\$ 573.22

Tabla 4. 4 Continuación, Siemens, cotización.

Cantidad	Artículo	Descripción	Precio por Unidad	Precio Total
1	Supresor de picos modelo 416, 120 VAC, 25 A	3EA041610AK1	\$ 210.00	\$ 210.00
2	Riel omega de 35 mm	5ST1141Z	\$ 5.20	\$ 10.40
2	Ducto para cableado en tableros	5VNO8060	\$ 13.00	\$ 26.00
1	Sensor Ultrasónico para medición de nivel (6 metros)	3RG61143BF00	\$ 750	\$ 750
1	Sensor Ultrasónico para medición de nivel (3 metros)	3RG61153BF00	\$ 715.00	\$ 715.00
2	Conector	3RX1584	\$ 12.27	\$ 24.54
1	Gabinete para montaje de equipos 1080 X 540 X 360	8HK1030YZ	\$ 230.00	\$ 230.00

Sub Costo Total del Equipo cotizado en SIEMENS : \$ 8 470.24

Costo total: \$ 9 571.37

Tabla 4. 5 JR Controles, cotización del equipo referido al PLC.

Cotizado por el Ing. Jorge Rivera.

Cantidad	Artículo	Descripción	Precio por Unidad	Precio Total
1	Fuente de Poder, Alimentado a 120 – 240 VAC. Capacidad 50 Watt. Salida 24 VDC, 2.1 A.	S82K-05024	\$ 139.74	\$ 139.74
1	PLC CPU 16 Entradas.	CQM1H-CPU21	\$ 467.57	\$ 467.57
1	Power Supply 30 Watts, 100/240 VAC (Input). 24 VDC 0.5 A de Salida.	CQM1-PA206	\$ 180.53	\$ 180.53
1	Módulo de 16 salidas por rele	CQM1-OC222	\$ 197.36	\$ 197.36
2	Módulo de Entradas Analógicas. 4 Canales. Rangos de -10 a +10 V. 0 a 10 V. 1 a 5V. 4 a 20 mA, 12 bit de resolución.	CQM1-AD041	\$ 486.34	\$ 972.68
1	Rele DPDT	G2R-2-DC24	\$ 5.21	\$ 5.21
16	Base para rele modelo	G2R-2-S	\$ 5.85	\$ 93.60
1	Terminal Programable Tipo " TOUCH SCREEN". Pantalla Monocromática de 5". Diagonal. Resolución de 240 * 128 Pixeles. Alimentada a 24 VDC. Borde Color Negro. Memoria de 64 - 92 K NEMA 4.	NT2OS-ST121B-EV3	\$ 142.15	\$ 142.15

Subtotal: \$ 3 198.84

Total : \$ 3 614.69

Nota: Falta Cotizar los sensores.

A.I.C.A. Automatización Industrial de Centroamérica S.A.

Cotizado por Gerardo A. Chaves

Tabla 4. 6 Propuesta utilizando productos MODICON. (Solo el PLC y Panel)

Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Precio Total
1	Controlador Lógico Programable, Marca Modicon, modelo Momentum, 16 Entradas digitales 24 Vdc, 16 Entradas Analógicas 4-20 mA.	\$ 1 268.10	\$ 1 268.10
1	Terminal de Diálogo, Marca Modicon, modelo Magelis 2 Líneas de 20 caracteres. Cables.	\$ 514.80	\$ 514.80
1	Software para el PLC Momentum, Concept XS, Momentum, LD,ST,IL.	\$ 225.00	\$ 225.00
1	Software para la terminal de diálogo, Windows 95 NT.	\$ 522.00	\$ 522.00

Subtotal: \$ 2 529.90

Total : \$ 2 858.79

A.I.C.A. Automatización Industrial de Centroamérica S.A.

Cotizado por Gerardo A. Chaves

Tabla 4. 7 Propuesta utilizando productos Allen-Bradley. (Solo el PLC y Panel)

Cantidad	Descripción	Precio por Unidad	Precio Total
1	Controlador Lógico Programable, Marca Allen-Bradley, modelo MicroLogix 1500, 16 Entradas digitales 24 Vdc, 8 Entradas Analógicas 4-20 mA.	\$ 1 593.00	\$ 1 593.00
1	Terminal de Diálogo, Marca Allen-Bradley, modelo Microview, 2 Líneas de 16 caracteres,LCD,aalfanumérica, Cables	\$ 436.50	\$ 436.50
1	Software para el PLC MicroLogix, RSLogix 500, Estándar.	\$ 499.00	\$ 499.00
1	Software para la terminal de diálogo, MicroView Programming Software.	\$ 99.00	\$ 99.00

Subtotal: \$ 2 627.50

Total : \$ 2 969.08

Nota: Falta cotizar los sensores.

Tabla 4. 8 Cuadro de Características de las Cotizaciones.

Proveedor	Características
Elvatron	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es el proveedor más caro. 2. Hay disponibilidad de préstamo del equipo. 3. El equipo será prestado para uso solamente en Elvatron. 4. Entre el equipo a prestar está, PLC, Panel de Control, Software de Programación del PLC y del Panel de Control. 5. Asesoría, sí. 6. Curso, sí, pero se tendría que pagar.
Siemens	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es el proveedor más barato. Es decir es el más barato en cuanto a la oferta total de sensores y PLC y también el más barato entre los cuatro proveedores solo comparando el precio del equipo referido al PLC. 2. Hay disponibilidad de préstamo del equipo. 3. El equipo será prestado para uso dentro de la empresa REMEC, INC, S.A, durante 4 semanas. 4. Entre el equipo a prestar está, PLC, Panel de Control, Software del Panel de Control y el PLC. 5. Asesoría, Soporte Técnico. 6. Software del Panel y PLC sin costo adicional. 7. Curso Adicional de Capacitación sobre programación del PLC, del 23-27 Abril. Totalmente gratis.
A.I.C.A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es el proveedor más barato luego de Siemens. 2. Hay disponibilidad de préstamo del equipo. 3. El equipo será prestado para uso dentro de la empresa REMEC, INC, S.A. 4. Entre el equipo a prestar está Software del PLC, Panel de Control. PLC y Panel de Control. 5. Asesoría.
J.R. Controls	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es el más caro luego de Elvatron. 2. No hay disponibilidad de préstamo del equipo.

Tabla 4. 9 Cuadro de Comparativo de las Cotizaciones.

Proveedor	Ventajas	Desventajas
Elvatron	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prestarán el equipo para la simulación del sistema. 2. Se dará asesoría, al proyecto. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El préstamo será para uso en ELVATRON solamente. 2. Un curso de capacitación tendría que ser pagado, por la empresa. 3. Es el proveedor más caro.
Siemens	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prestarán el equipo para la simulación del sistema. Este préstamo será durante 8 semanas o más.(tiempo suficiente para completar el proyecto.) 2. Se dará asesoría, al proyecto. 3. El préstamo será para uso en la empresa REMEC, INC, S.A. 4. Curso de capacitación que se dará en las últimas semanas de marzo, sin ninguno costo adicional. 5. Software con sus respectivas licencias para el Panel de Lectura y el PLC, será totalmente gratis. 6. Es el proveedor más barato, en cuanto al equipo total para la realización del proyecto 7. Son proveedores directos de sensores. 	
A.I.C.A.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prestarán el equipo para la simulación del sistema. Este préstamo será durante el tiempo que se requiera, es decir no hay fecha límite. 2. Se dará asesoría, al proyecto. 3. El préstamo será para uso en la empresa REMEC, INC, S.A. 4. Se dará capacitación, sin tomar en cuenta si la compra se realiza o no. 5. Es el segundo proveedor más barato. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Software para el Panel de Lectura y el PLC, será cobrado, pero para la primera etapa del proyecto será prestado. 2. No son proveedores directos de los sensores
J.R. Controls		<ol style="list-style-type: none"> 1. No se prestará el equipo para la simulación del proyecto. 2. Es el proveedor más caro luego de Elvatron.

Nota: Se pidió una cotización a Kopar Latinoamericana. Esta empresa realizó una visita a REMEC por medio del técnico Gerardo Ledezma, pero debido a razones internas en esta empresa, la cotización no llegó a tiempo.

Tabla 4. 10 Características de colocación de los sensores en el cuarto de máquinas.

Sensor	Cantidad	Ubicación	Características del sitio de ubicación.	Especificaciones del sensado.
Nivel	2	1 en el tanque de agua potable y 1 en el tanque de agua desionizada.	El tanque de agua potable, es un tanque de 2.30 m de profundidad. El tanque de agua desionizada, es un tanque de 1.70 m de profundidad.	En el tanque de agua potable se requiere que se sensen tres puntos. El punto de nivel adecuado, nivel preventivo y nivel mínimo. El nivel adecuado es 1.40 m, por debajo de 1.10 m debe activarse la alarma de nivel mínimo, nivel preventivo es entre 1.10 m y 1.40 m. El mismo principio se utiliza en el tanque de agua des-ionizada. el nivel adecuado es entre 1 m y 1.70 m, el preventivo es entre 0.60 m y 1 m, por debajo de 0.60 m se debe activar una alarma.
Presión de Aire	1	1 en la línea de Aire, que sale del Cuarto de Máquinas hacia las líneas de producción de la fábrica.	La línea de aire es un conducto acero de 4.235cm (1.6675 pulgadas) de diámetro.	La línea trabaja en un rango de presión de aire de 80 – 115 psi. Por lo tanto se requiere que se active una alarma en el Panel de Control, cada vez que se sobrepasen los 115 psi o se disminuya de las 80 psi.
Vacío	1	1 en la línea de vacío, que sale del Cuarto de Máquinas hacia las líneas de producción de la fábrica.	La línea de vacío es un conducto de PVC de 6.076 cm (2.39 pulgadas) de diámetro.	La línea de vacío trabaja en un rango de 64 KPa – 74 KPa. Por lo tanto se requiere que se active una alarma en el Panel de Control, cada vez que se sobrepasen los 74 KPa o se disminuya de los 64 KPa.
Nitrógeno (gaseoso)	1	1 en la línea de nitrógeno, que sale del Cuarto de Máquinas hacia las líneas de producción de la fábrica.	La línea de nitrógeno es un conducto de bronce de 3.526 cm(1.3880 pulgadas) de diámetro.	La línea de Nitrógeno trabaja en una presión de 85 psi, la cual puede ser regulada ¿.Lo que se requiere es que se active una alarma en el Panel de Control, cada vez que se disminuya por debajo de las 85 psi.
Presión de Agua	1	1 en la línea de agua que suministra agua potable al controlador de ósmosis	La línea de agua es un conducto de PVC de 2.179 cm (0.8580 pulgadas) de diámetro.	La membrana de ósmosis inversa se detiene cada vez que la presión en la línea de agua es menor de 10 psi, por lo tanto se requiere que se active una alarma cada vez que se disminuya por debajo de las 10 psi.

4.2 Justificación de la colocación de los sensores, en el cuarto de máquinas.

Observando la figura 4.1, se tiene que:

S1: Sensor de presión para el abastecimiento adecuado de nitrógeno en las líneas de producción de la empresa, SITRANS P de 0 a 16 bar.

Se colocará a la salida de la Membrana de Nitrógeno, debido a que si se coloca en la línea principal, no se va a detectar la disminución de presión, ya que cuando la membrana deja de funcionar, el tanque de nitrógeno sigue enviando nitrógeno hacia la planta.

S2: Sensor de presión para el abastecimiento adecuado de agua potable en la membrana de ósmosis inversa, SITRANS P de 0 a 16 bar.

Observando la figura 4.2 este sensor se colocará luego de la llave de paso y antes de la entrada de agua pesada a la Membrana de Ósmosis Inversa (INLET) . Esto debido a que, es en este punto donde ingresa el agua que viene del tanque de agua potable. Además si el sensor se colocase antes de la llave de paso podría haber problemas, ya que si se cierra la llave, el controlador indicaría en el Panel de Control la activación de la señal de "Low Pressure" y el sensor indicaría que la presión está bien.

S3: Sensor ultrasónico para medición de nivel (6 metros), en el tanque de agua potable.

Se colocará en el tanque de agua potable, fuera de éste, con el fin de llevar el control del nivel de agua potable del tanque.

S4: Sensor de presión para el abastecimiento adecuado de aire en las líneas de producción de la empresa, SITRANS P de 0 a 16 bar.

Se colocará luego de los secadores de aire, debido a que si se ubica antes de ellos, no se podría saber si se están generando pérdidas de presión en los secadores de aire, además otra de las ventajas de colocarlo en la línea es que se ahorran dos sensores.

S5: Sensor de presión absoluta para el abastecimiento adecuado de Vacío en las líneas de producción de la empresa, SITRANS P de 0 a 1.3 bar.

Se colocará en la línea de vacío, debido a que colocar uno en cada compresor es muy costoso, por que estos sensores son los más caros. (\$ 1 595.00).

S6: Sensor ultrasónico para medición de nivel (3 metros), en el tanque de agua desionizada.

Se colocará en el tanque de agua desionizada fuera de éste debido a que al ser un tanque de agua desionizada, no es posible usar ningún otro tipo de sensor, por que el agua desionizada es no conductora y por lo tanto se debe usar un sensor ultrasónico, que no tiene contacto con el líquido.

Nomenclatura, de la figura 4.1.

ON: Señal de encendido de la máquina.

M: Medidor ubicado en la línea.

L: Llave de paso.

Sensores:

S1: Sensor de presión en la línea de nitrógeno.

S2: Sensor de presión en la línea de agua, de la membrana de ósmosis inversa. señal de "Low Pressure".

S3: Sensor de nivel en el tanque de agua potable.

S4: Sensor de presión de aire en la línea de aire.

S5: Sensor de vacío en la línea de vacío.

S6: Sensor de nivel en el tanque de agua desionizada.

Vista Superior del Cuarto de Máquinas.

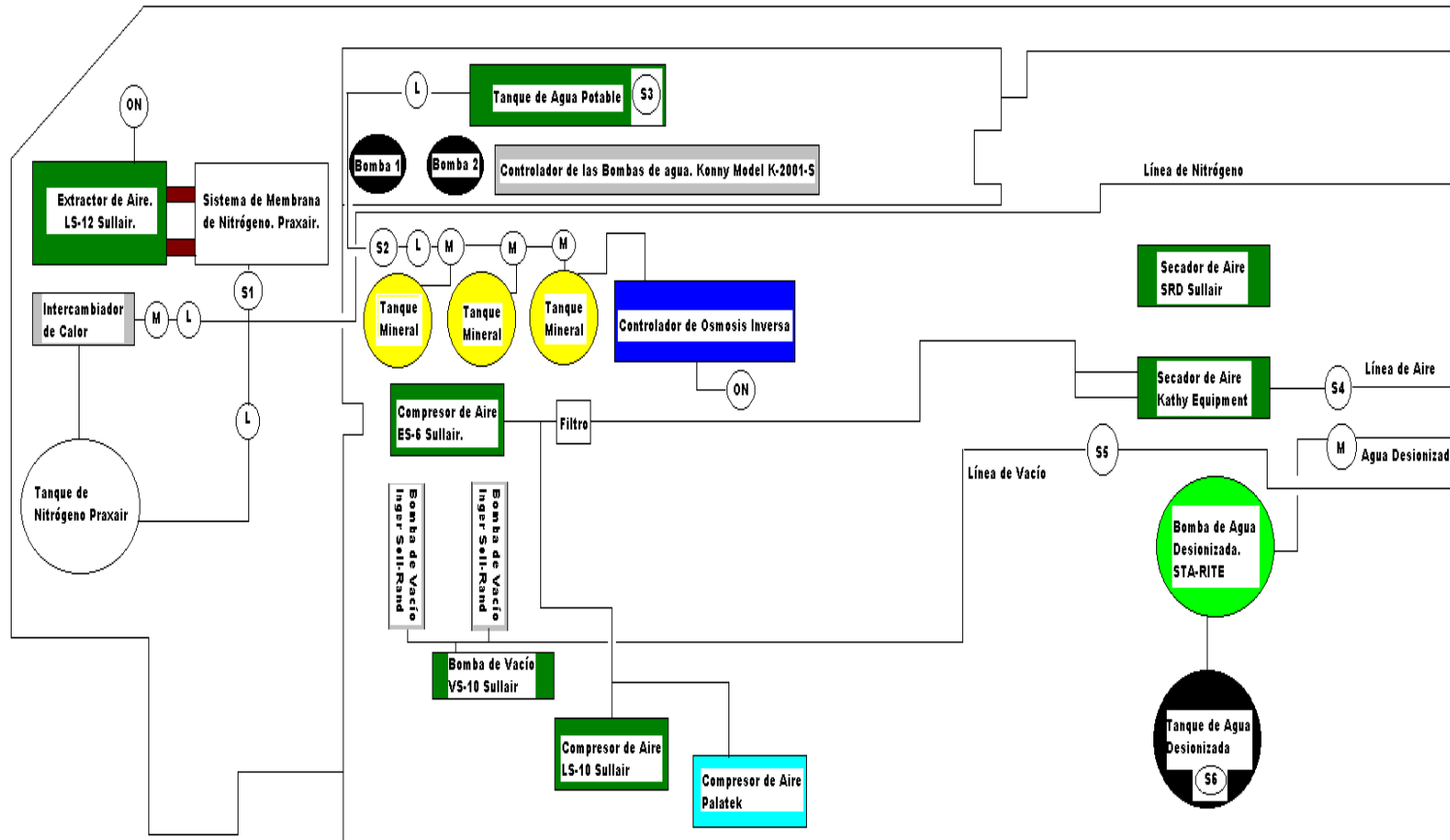


Figura 4. 1 Esquema general de la colocación de los sensores en el cuarto de máquinas.

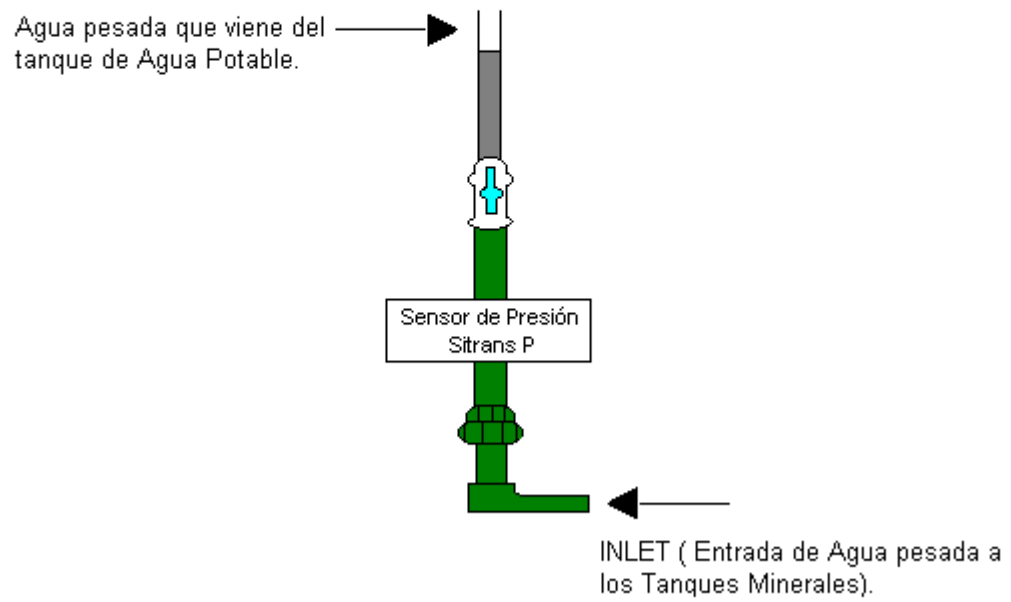


Figura 4. 2 Ubicación específica del sensor de presión de agua para la señal de "LOW PRESSURE ", en la membrana de ósmosis inversa.

4.3 Especificaciones importantes de los sensores a usar en el proyecto.

4.3.1.1 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso de los sensores de presión de aire.

Entradas:

Variable Medida: Presión.

Límite menor medible: 30 mbar.

Salidas:

Señal de Salida: 4 a 20 mA.

Límite inferior: 3.84 mA.

Límite Superior: 20.5 mA.

Controles: 2 para programar directamente el transmisor.

Alimentación: DC de 10.5 a 45 V.

Software para parametrizar: *WINDOWS 95 / NT 4.0 y SIMATIC PDM.*

Nota: Para observar este sensor refiérase a la figura A1.1

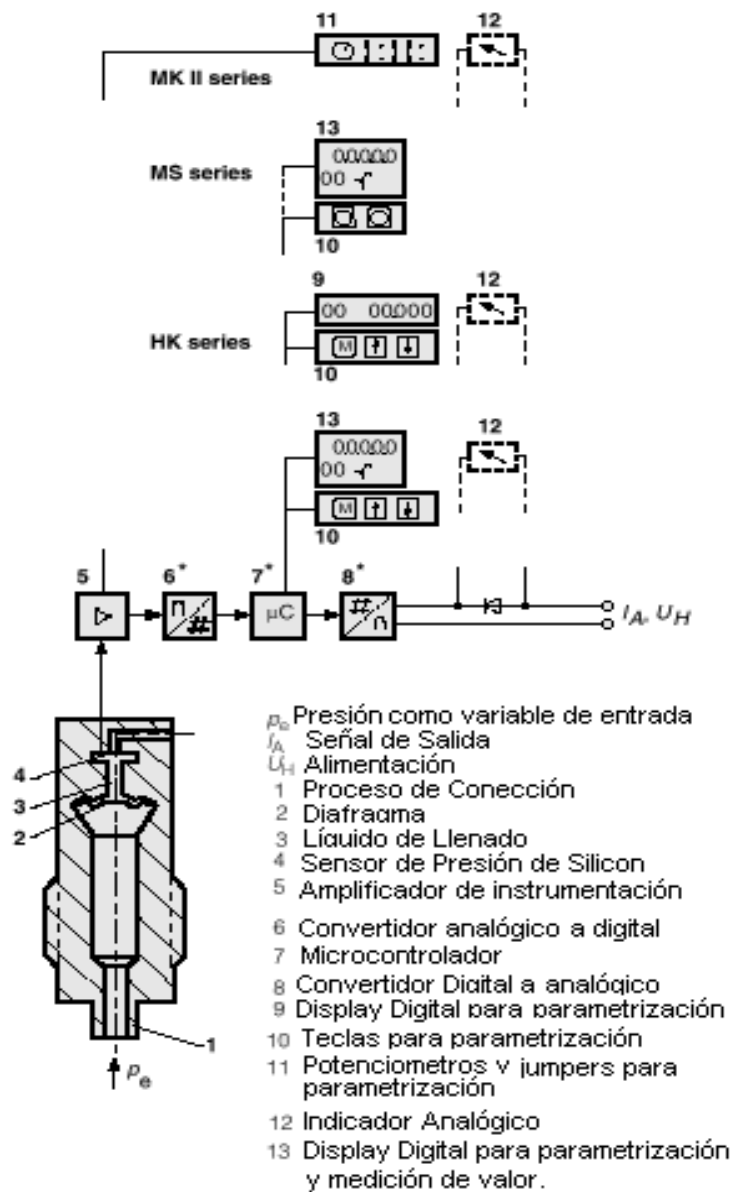


Figura 4. 3 Esquema del sensor de presión SITRANS P, a usar en las líneas de aire, nitrógeno y LOW PRESSURE.

4.3.1.2 Modo de operación de los sensores de presión de aire.

La presión es aplicada vía diafragma, (figura 4.3) y el líquido de llenado al sensor de presión de silicon. El cambio en la resistencia provoca un puente de voltaje de salida proporcional a la presión de entrada. Este voltaje es amplificado y convertido a una señal digital por medio de un convertidor analógico digital. Esta señal es evaluada por un microcontrolador. La señal procesada es convertida por un convertidor digital a analógico y genera una señal de salida de 4 - 20 mA.

4.3.1.3 Parametrización de los sensores de presión de aire.

Un punto muy importante a tener en cuenta a la hora de usar esta clase de sensores es que el rango de presiones a la cual trabajan y su correspondiente corriente están estrechamente ligados con su parametrización.

La parametrización es un proceso en el cual se programa el sensor para que responda a un rango de presión correspondiente, y proporcione una corriente adecuada. Por ejemplo en el caso del proyecto se deberían programar los sensores de la siguiente forma:

- El sensor de presión para la Membrana de Nitrógeno debe activar una alarma cada vez que se sobrepasen las 85 psi. Entonces en este caso se podría programar o parametrizar el sensor para que las 85 psi sean proporcionales a 10 mA.
- El sensor de presión para la señal de *LOW PRESSURE* , en la membrana de ósmosis inversa debe activar una señal cada vez que la señal sea menor de 10 psi. Entonces en este caso se podría programar o parametrizar el sensor para que las 10 psi sean proporcionales a 10 mA.

- El sensor de presión en la línea de aire proveniente de los compresores de aire debe activar una alarma cada vez que se baje de las 80 psi o se incremente de las 115 psi. En este caso un valor adecuado podría ser que 80 psi sean equivalentes a 10 mA y por lo tanto 115 psi serían 14.375 mA.

4.3.1.4 Tipos de parametrización.

Dependiendo del tipo de sensor hay tres tipos de parametrización.

- **La parametrización usando las teclas de entrada:** se parametriza el sensor sin usar equipo adicional.
- **Parametrización usando un comunicador *HART*¹¹:** Cuando se parametriza usando un comunicador *HART*, la conexión es hecha directamente en un sistema de 2 cables (figura 4.4). Cuando se parametriza con una laptop o una PC la conexión es hecha vía un *HART* modem.
- **Parametrización vía interfaz *PROFIBUS-PA*:** los sensores *SITRANS P* que se parametrizan con este sistema, se configuran desde un maestro usando señales transmitidas vía *PROFIBUS-DP*¹² y convertidas por un *SIMATIC DP/PA*.

Nota: El sensor a usar puede ser parametrizado usando las teclas de entrada o por comunicador HART.

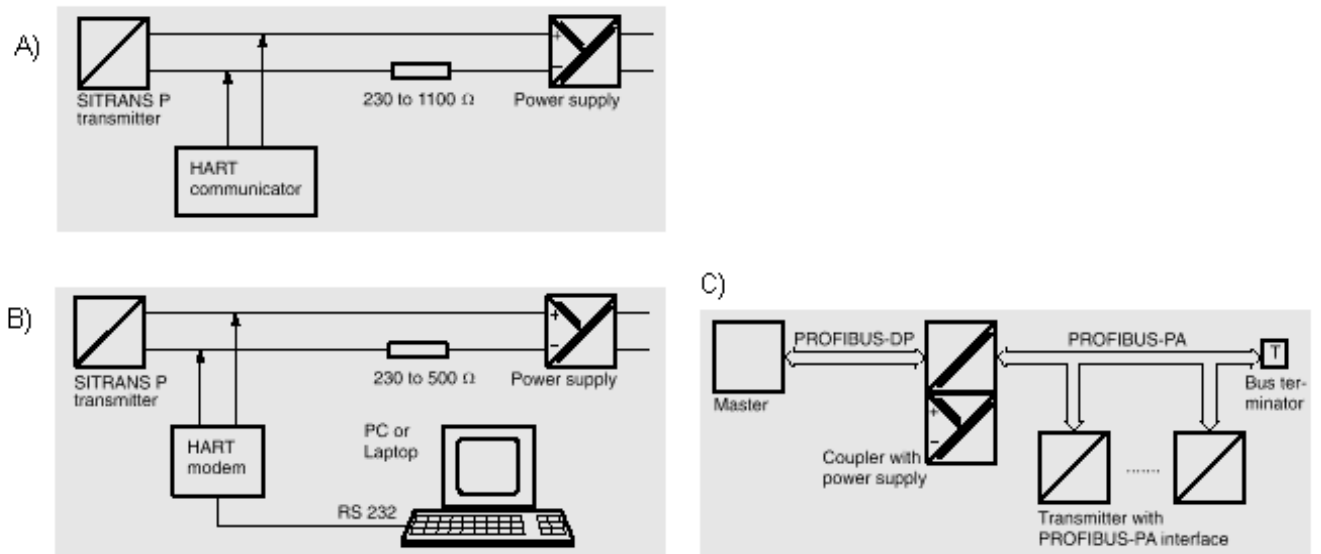


Figura 4. 4 Varios tipos de parametrización usados, con HART comunicador, HART modem y usando PROFIBUS-PA. A) Usando un comunicador HART. B) Usando un HART modem y C) Usando el protocolo PROFIBUS-PA.

4.3.2.1 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso del sensor de vacío.

Entradas:

Variable Medida: Presión Absoluta.

Límite menor medible: 30 mbar.

Salidas:

Señal de Salida: 4 a 20 mA.

Límite inferior: 3.84 mA.

Límite Superior: 20.5 mA.

Controles: 3 para programar directamente el transmisor.

Alimentación: DC de 11 a 45 V.

Software para parametrizar: *WINDOWS 95 / NT 4.0 y SIMATIC PDM.*

Nota: Para observar este sensor refiérase a la figura A1.2

4.3.2.2 Modo de operación del sensor de vacío.

La presión absoluta es aplicada vía diafragma, (figura 4.5) y el líquido de llenado al sensor de presión de silicon o al sensor de presión absoluta de silicon. La diferencia de presión entre la presión de entrada y la referencia de vacío en el lado de baja presión flexiona el diafragma.

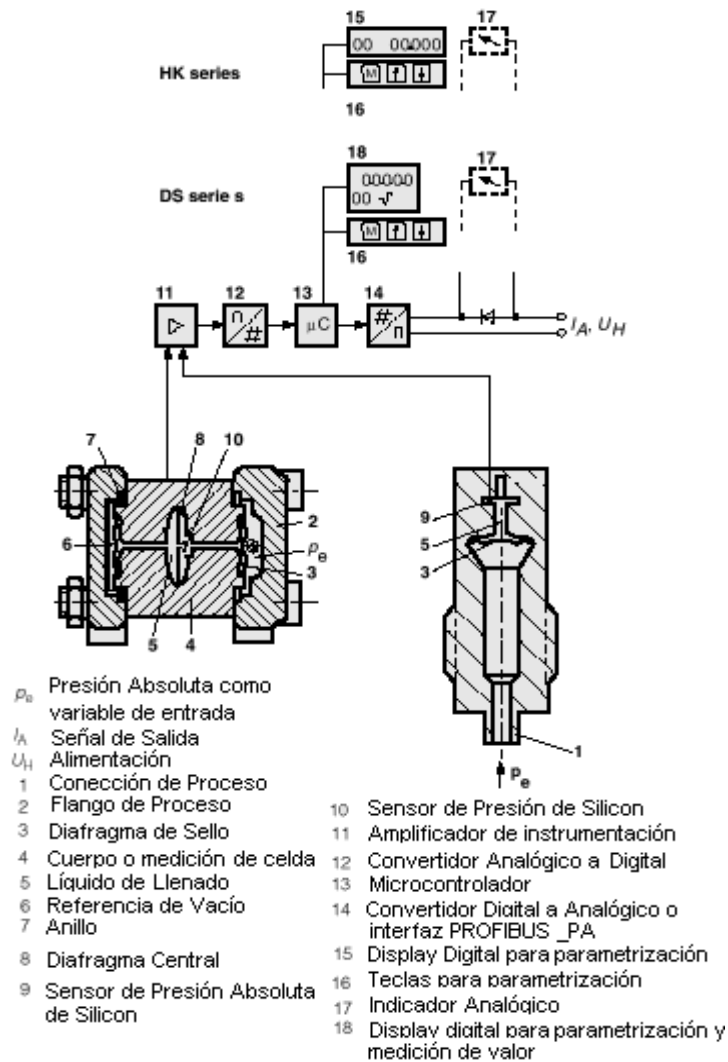


Figura 4. 5 Esquema del sensor de presión absoluta SITRANS P, a usar en la línea de vacío.

4.3.2.3 Parametrización del sensor de vacío.

Al igual que el sensor de presión de aire anterior este sensor de presión absoluta necesita ser parametrizado para su uso correcto. En este caso un buen valor podría ser que 1.3 bar sean equivalentes a 20 mA y así en este caso 0.64 bar corresponde a 9.85 mA y 0.74 bar corresponde a 11.38 mA.

4.3.2.4 Tipos de parametrización.

Los tipos de parametrización de este sensor son los mismos que los de los sensores de presión de aire. Para observar los tipos de parametrización refiérase a la sección 4.3.1.4 y a la figura 4.4.

4.3.3.1 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso del sensor 3RG61 14 (Tanque de Agua Potable).

Tensión de Empleo: 20 -30 VDC.

Consumo de Corriente: 60mA.

Frecuencia de ultrasonido: 80 KHz.

Frecuencia de Conexión: 1 Hz.

Tiempo de Reacción: 400 ms.

Posición de montaje: cualquiera.

Longitud máxima de conductor admitida: 300 m.

Salida Analógica: 4 - 20 mA.

Resolución: 12 Bits (4095 pasos).

Alcance: de 60 cm a 600 cm.

Software para parametrizar: *SONPROG* para Windows.

4.3.3.2 Especificaciones importantes a tomar en cuenta en el uso del sensor 3RG61 15 (Tanque de Agua Desionizada).

Tensión de Empleo: 20 -30 VDC.

Consumo de Corriente: 60mA.

Frecuencia de ultrasonido: 120 KHz.

Frecuencia de Conexión: 2 Hz.

Tiempo de Reacción: 200 ms.

Posición de montaje: cualquiera.

Longitud máxima de conductor admitida: 300 m.

Salida Analógica: 4 - 20 mA.

Resolución: 12 Bits (4095 pasos).

Alcance: de 40 cm a 300 cm.

Software para parametrizar: *SONPROG* para Windows.

Nota: Para observar estos sensores refiérase a la figura A1.3

4.3.3.3 Modo de operación de los sensores ultrasónicos.

El sensor emite en forma cíclica impulsos de ultrasonido, que son reflejados por objetos y superficies. El aparato determina así la separación al objeto midiendo la diferencia de tiempo entre el impulso emitido y la recepción del impulso reflejado.

4.3.3.4 Parametrización de los sensores ultrasónicos.

Con la interfaz *PC SONPROG* y su correspondiente software es posible configurar en forma individual los *SONAR - BERO*¹³. En cada sensor ultrasónico se pueden configurar, entre otros, los siguientes parámetros:

- principio y fin del rango de conexión.
- histéresis de conexión.
- zona ciega.
- fin de la zona de conexión.
- principio y fin de la curva característica analógica.
- curva característica creciente o decreciente.
- función de conexión NA^{14} o NC^{15} .
- formación del valor medio.
- función de multiplexado.
- función de detector por reflexión o barrera.
- frecuencia de conexión.

Los valores programados quedan guardados en el sensor ultrasónico y no se pierden aún sin interface o luego de un corte en la tensión de alimentación.

Los valores programados pueden ser impresos y guardados en diskette. De esta manera están inmediatamente disponibles por ejemplo para aplicaciones en serie o intercambio entre SONAR-BERO.

La interfaz *3RX4 001* es igual a la *3RX4 000*, pero se suministrará con una fuente de alimentación para conectar a AC 115 V.

4.4 Especificaciones importantes del CPU 224 AC/DC/Relay, que deben tenerse en cuenta en el diseño.

Especificaciones.

Tamaño Físico.

Dimensiones: 120.5 mm X 80 mm X 62 mm.

Peso: 360 g.

Disipación: 9 W.

Características del CPU.

- El CPU contiene 14 entradas discretas y 10 salidas tipo relay.
- Ajustes analógicos: 2 con 8 bits de resolución.
- Tamaño de memoria para el programa,(almacenado permanente): 4096 palabras.
- Tamaño de memoria para datos, (almacenado permanente): 2560 palabras.
- Número de módulos de expansión soportados: 7 módulos.
- Total de *TIMERS*: 256.
- Velocidad de procesamiento: 0.37 μ s por instrucción.
- Velocidad de ejecución de los timers: 50 μ s a 64 μ s por instrucción.
- Velocidad de ejecución para operaciones matemáticas: 100 μ s a 400 μ s por instrucción.

Características de comunicación:

- Números de puertos: 1.
- Interface eléctrica: RS - 485.
- *PPI*¹⁶/*MPI*¹⁷, tasa en baudios: 9.6 19.2 y 187.5 K baudios.
- Máximo largo de cable por segmento: 1000 m.
- *PPI* Modo Maestro (*NETR/NETW*): Sí.

Alimentación:

- Rango permisible de voltaje: 85 a 264 VAC, 47 a 63 Hz.
- Corriente Máxima de entrada: 35 / 100 mA a 240 VAC y 35 / 220 mA a 120 VAC.
- Salida de Voltaje: 24 VDC.

Características de las entradas:

- Número de entradas integradas: 14 entradas.
- Tipo de entrada: *SINK / SOURCE (IEC TYPE 1)*.
- Máximo voltaje continuo permisible en las entradas: 30 VDC.
- Máximo sobre-voltaje permisible en las entradas: 35 VDC por 0.5 ms.
- Valor nominal: 24 VDC a 4mA, nominal.
- Valor de 1 lógico: 15 VDC a 2.5 mA, mínimo.
- Valor de 0 lógico: 5 VDC a 1 mA, máximo.
- Número máximo de entradas encendidas simultáneamente a 40 ° C: 14 entradas.

Características de las salidas:

- Número de salidas integradas: 10 salidas.
- Tipo de salidas: Relay.
- Máximo voltaje continuo permisible en las salidas: 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC.
- Salida de corriente en un 1 lógico: 2 A.
- Número máximo de salidas encendidas simultáneamente: 10 salidas.

Nota: Para observar la ubicación de las entradas, salidas y el puerto de comunicaciones en el *CPU 224*, además de una vista frontal del mismo refiérase a las figuras A2.1, A2.2 y A2.3.

4.5 Características importantes a tener en cuenta en el uso del Módulo de Expansión de Entradas Analógicas EM235 AI 3/AQ X 12 Bits.

Características Generales:

- Tamaño físico: 90 X 80 X 62 mm.
- Peso: 0.2 Kg.
- Potencia Disipada: 2 W.
- Puntos: 3 entradas analógicas y 1 salida analógica.
- Alimentación: 24 VCD.

Puntos de Salida:

- Rango de Salida de Voltaje: ± 10 V.
- Rango de Salida de Corriente: 0 a 20 mA.
- Resolución en voltaje: 12 bits.
- Resolución en corriente: 11 bits.
- Formato de dato palabra: * Rango Bipolar: -32 000 a + 32000
* Rango Unipolar: 0 a +32 000.

Puntos de Entrada:

- Tipo de Entrada: Diferencial.
- Máximo Voltaje de Entrada: 30 V.
- Máxima Corriente de Entrada: 32 mA.
- Resolución: 12 bit Convertidor A/D.
- Formato de dato palabra: * Rango Bipolar: -32 000 a + 32000
* Rango Unipolar: 0 a +32 000.

Calibración y Configuración del módulo.

La calibración de los *DIP* switches adecuada para el uso del módulo EM235 en el proyecto es la siguiente:

Tabla 4. 11 Configuración adecuada de los *DIP* Switches para el uso del módulo EM235.

Configuración de los Switches						Escala de Entrada	Resolución
1	3	5	7	9	11	0 a 20 mA	5 μ A
ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF		

Calibración de las entradas.

La calibración afecta los tres canales de entrada del módulo y podría haber algunas diferencias después de la calibración en cada canal.

Para calibrar cada canal, se debe usar un programa designado a redondear los valores leídos del módulo. Para esto se debe usar el filtro de entradas analógicas, el cual se encuentra en el software de programación del *PLC*, en este caso es el *STEP - 7 - Micro / Win*. Use al menos 64 muestras en el cálculo del valor.

Para calibrar una entrada se siguen los siguientes pasos:

- Apagar el módulo. Seleccionar el rango adecuado de entrada.
- Encender el *CPU* y el módulo de entradas analógicas. Dejar que el módulo se estabilice por unos 15 minutos.
- Usar un transmisor, una fuente de voltaje o una fuente de corriente, y aplicar un valor de cero a una de las terminales de entrada.
- Leer el valor reportado al *CPU* por el apropiado canal de entrada.
- Ajustar el potenciómetro de *OFFSET*, hasta leer un cero o hasta leer el valor digital deseado.
- Aplicar un valor de escala máxima a una de las entradas. Lea el valor reportado al *CPU*.
- Ajustar el potenciómetro de ganancia hasta que la lectura sea de 32 000 o al valor digital deseado.
- Repetir la calibración de *OFFSET* y Ganancia si es necesario.

Formato de la palabra de entrada analógica.

La palabra de entrada analógica es un conjunto de 12 bits, donde el *MSB* corresponde al bit de signo . En el formato unipolar se colocan tres ceros para configurar los pasos del *ADC* y en el formato bipolar se colocan cuatro ceros.

Nota: Para observar un diagrama del tipo de conexiones posibles con este módulo, ver figura A3.1.

4.6 Unión del CPU con el módulo de expansión de entradas analógicas.

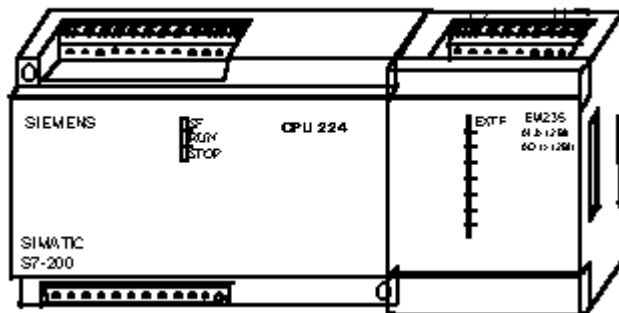


Figura 4. 6 Diagrama de la unión del CPU 224 con el módulo de expansión de entradas analógicas EM 235.

Explicación de la unión entre el CPU y el módulo de expansión de entradas analógicas.

La unión del CPU con el módulo de entradas analógicas se lleva a cabo mediante un cable tipo bus, que une los dos módulos. Los datos leídos y convertidos a formato digital son enviados al CPU para su debido procesamiento a través de este cable. Con respecto a la alimentación, el módulo se alimenta por medio del CPU al ser conectados (figura 4.6). Es decir el módulo de entradas analógicas no necesita una fuente externa para ser alimentado.

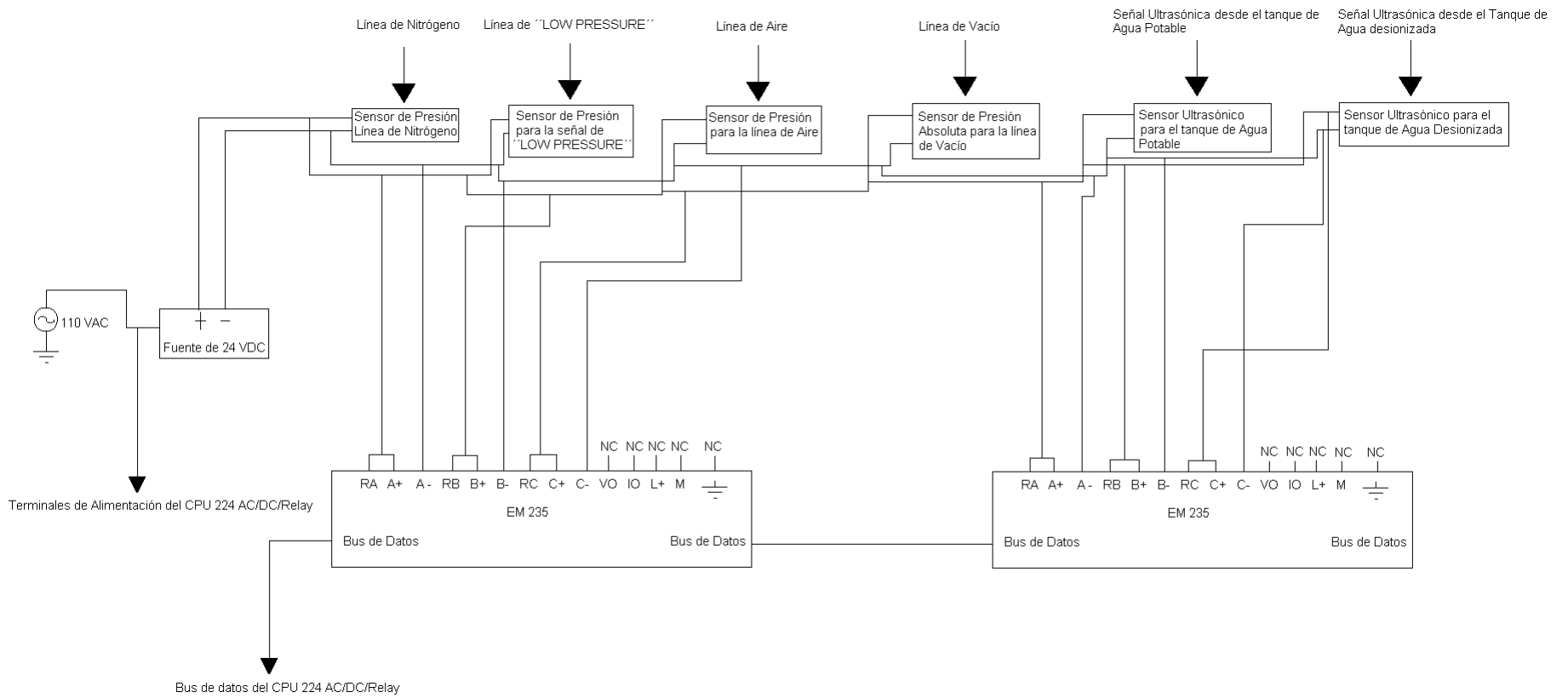


Figura 4. 7 Unión de los módulos de expansión de entradas analógicas y los sensores a usar.

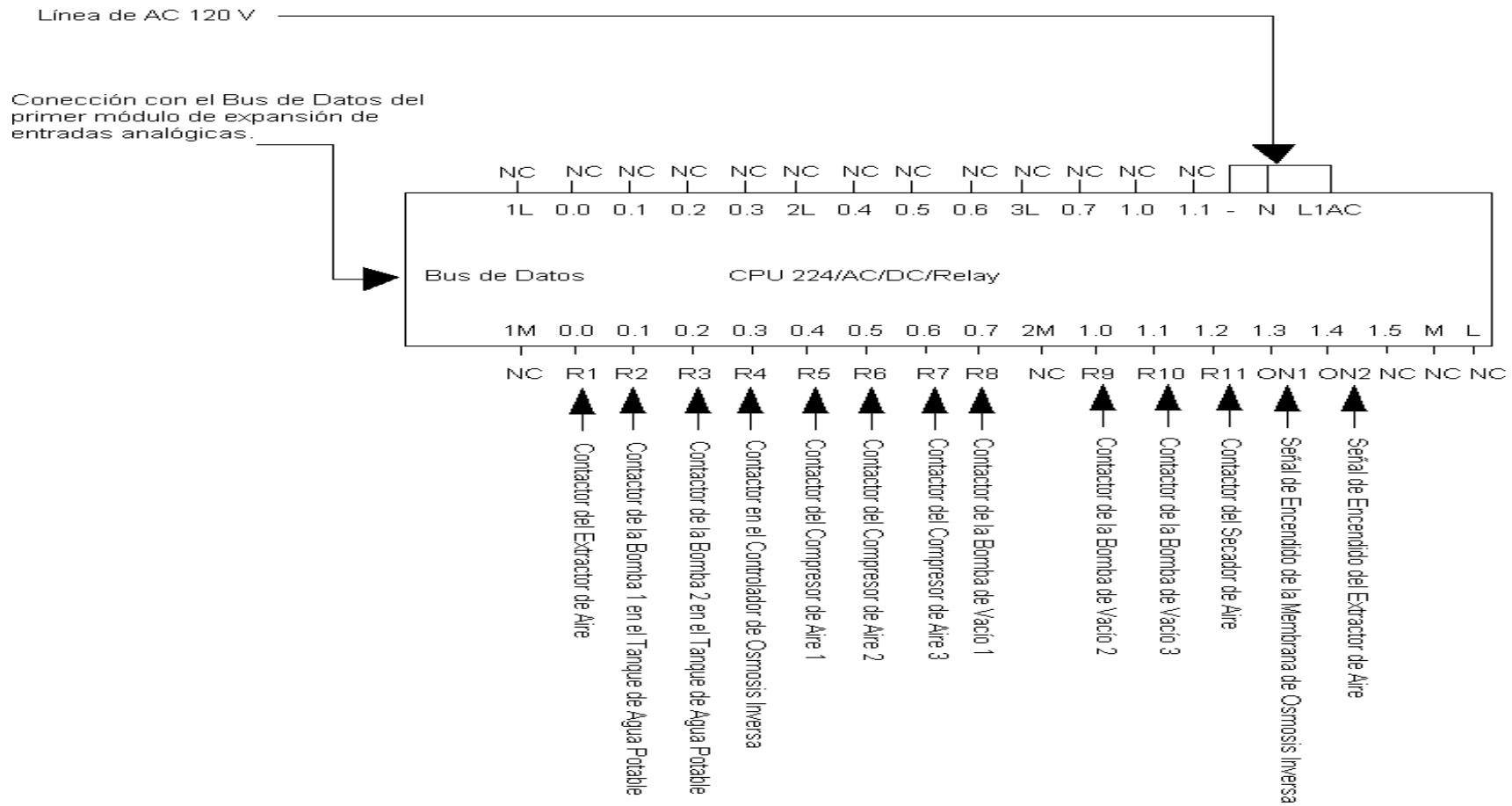


Figura 4. 8 Unión del CPU 224 AC / DC / Relay y los contactores de cada máquina.

En la figura 4.7 se muestra la unión de los sensores con las entradas analógicas del *PLC*. Estas entradas corresponden a las entradas del módulo de expansión analógico *EM 235* (figura A3.1), que debe conectarse ya que el *PLC* a usar no tiene entradas analógicas integradas; sólo cuenta con entradas digitales.

Nótese que los sensores usan el protocolo *HART*, que entre otros tiene la característica que por las líneas de alimentación también se toma la salida de datos. Estas salidas van a las entradas del módulo analógico que convierte las señales analógicas a un valor digital que pueda ser procesado por el *CPU* del *PLC*. Obsérvese también que los sensores deben ser alimentados por una fuente de 24 VDC.

Los módulos de expansión analógicos se conectan entre sí por medio de un bus, al cual se conecta también el primer módulo al *CPU*.

Además de las 14 entradas digitales integradas del *CPU* se usarán 13, de las cuales 11 corresponden a las señales de habilitación de los relojes de tiempo de funcionamiento de las máquinas. Estas señales provienen de los contactores colocados en cada máquina (figura 4.8). Las otras dos señales provienen del contactor del extractor de aire y del contactor de la membrana de ósmosis inversa. La diferencia consiste en que ahora estas señales no se usarán para llevar el tiempo de funcionamiento sino que servirán para detectar el encendido o no de las máquinas.

4.7 Señales de reloj para los relojes de horas de tiempo de funcionamiento de las máquinas.

Para detectar el encendido de cada máquina se usarán los contactores de los motores de las máquinas. Estos tienen contactos los cuales pueden ser normalmente abiertos (*NO*) o normalmente cerrados (*NC*), dependiendo de la clase de contactor que sea.

El procedimiento a seguir será alimentar con 24 VDC el contacto, ya sea *NO* o *NC*. Esto con el fin de llevar una señal de 24 VDC al *PLC*, para que esta señal habilite los temporizadores encargados de llevar las horas de funcionamiento.

Tabla 4. 12 Contactores en cada máquina, del cuarto de máquinas.

Máquinas	Contactores
Extractor de Aire.	Hay que colocar un contactor auxiliar
Bomba 1 en el Tanque de Agua Potable.	NEMA 8536SC03
Bomba 2 en el Tanque de Agua Potable.	NEMA 8536SC03
Controlador de Osmosis Inversa.	No tiene.
Compresor de Aire 1.	Cutler-Hammer AE16HNO
Compresor de Aire 2.	Cutler-Hammer AE16NNO
Compresor de Aire 3.	Telemecanique LC1D32-10
Bomba de Vacío 1.	Cutler-Hammer AE16FNO
Bomba de Vacío 2.	Cutler-Hammer CE15FN3
Bomba de Vacío 3.	Cutler-Hammer AE16JNO
Secador de Aire.	No tiene

Tabla 4. 13 Especificaciones de los motores en cada máquina, del cuarto de máquinas.

Máquinas	Especificaciones.
Extractor de Aire.	Motor de 208 V , 50 HP.
Bomba 1 en el Tanque de Agua Potable.	Motor de 208 V, 3450 rpm, 60 Hz, 3 fases , 5 HP y 13 A.
Bomba 2 en el Tanque de Agua Potable.	Motor de 208 V, 3450 rpm, 60 Hz, 3 fases , 5 HP y 13 A.
Controlador de Osmosis Inversa.	Motor de 120 V, 3/4 HP, 60 Hz, 1725 rpm y 2 A .
Compresor de Aire 1.	Motor de 208 V, 25 HP, 1770 rpm, 70 A y 3 fases.
Compresor de Aire 2.	Motor de 208 V, 25 HP, 1770 rpm, 70 A y 3 fases.
Compresor de Aire 3.	Motor de 208 V, 25 HP, 1770 rpm, 70 A y 3 fases.
Bomba de Vacío 1.	3 HP, 208 V, 8 A, 1725 rpm, 60 Hz y 3 fases.
Bomba de Vacío 2.	3 HP, 208 V, 8 A, 1725 rpm, 60 Hz y 3 fases.
Bomba de Vacío 3.	208 V, 3 fases, 1750 rpm, 10 HP, 60 Hz.
Secador de Aire.	Trabaja a 115 V-AC.

Nota: De las máquinas todas tienen contactores excepto :

- El motor de la Membrana de Osmosis.
- El Secador de Aire.

4.8 Panel de Lectura a utilizar. (*Touch Panel TP170*).

4.8.1 Especificaciones importantes del Panel de Operador a usar en el Proyecto.

Tamaño de la pantalla: 116 X 87 mm.

Tipo de Teclas: Toque (resistivo / analógico).

Procesador: 32 Bit *RISC* / 66 MHz, *Windows CE*.

Tipo de Memoria: 256 Kbyte Flash.

Interfaces: RS-232, RS-422 y RS-485.

Alimentación: 240 mA a 24 VDC.

Mensajes de Alarma: 100.

Variables: 100.

Pantallas Procesadas: 20.

Elementos de texto: 100.

Objetos Gráficos: 20.

Objetos Dinámicos: entrada, salida, campos de entrada-salida, campos de fecha y hora, visualizadores de estado para botones y señales de lámpara, barras, figuras de salida, etc.

Software para configurar: *SIMATIC PROTOOL*.

Cable requerido para conectar al PLC: *PROFIBUS-DP*.

Nota: Para observar el panel utilizado ver figuras A4.1, A4.2,A4.3 y A4.4.

Tabla 4. 14 Conexión de elementos en el Panel de Operador *TP 170A*.

No.	Nombre	Descripción / Uso	
1	Interfase:	Level:	Usando:
2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IF1 A ▪ IF1 B 	RS-232 RS-422 / RS-485	PC, PU PLC, PC,PU
3	Conexión a Tierra.	Para conectar la tierra del Gabinete.	
4	Alimentación	Conectar a 24 VDC.	
5	Switch	Para configurar interfase IF1 B	

Tabla 4. 15 Opciones de Comunicación del Panel de Operador *TP170A*.

Dispositivo	Conexión	Interfaz
Configuración de la Computadora (PC, PU)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RS-232 ▪ MPI ▪ PROFIBUS-DP 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ IF1 A ▪ 1F1 B ▪ 1F1 B
SIMATIC S7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ MPI ▪ PROFIBUS-DP 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1F1 B ▪ 1F1 B
LG (Lucky Goldstar)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RS-232 ▪ RS-422 / RS-485 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1F1 A ▪ 1F1 B

4.9 Cable para unir el *PLC* con el Panel de Operador *TP170A*.

El tipo de cable requerido, para conectar el *PLC* con el Panel de Operador debe ser un cable de red, ya que el panel estará en el Departamento de Mantenimiento de la empresa y el *PLC* junto con los sensores estará en el Cuarto de Máquinas, por lo tanto se debe utilizar un cable que soporte una distancia mayor a los 100 m, ya que la distancia que hay entre el Cuarto de Máquinas y el Departamento de Mantenimiento es de 110 m aproximadamente.

El Cable apropiado para esta aplicación es un cable de *PROFIBUS-DP*.

4.10 Tipo de cable a usar en la unión de las entradas analógicas del *PLC* con las salidas de los sensores y en la unión de las entradas digitales del *PLC* con las salidas de los contactores.

El tipo de cable a usar será cable de control o cable tipo 14AWG o 16AWG, de aplicación comercial.

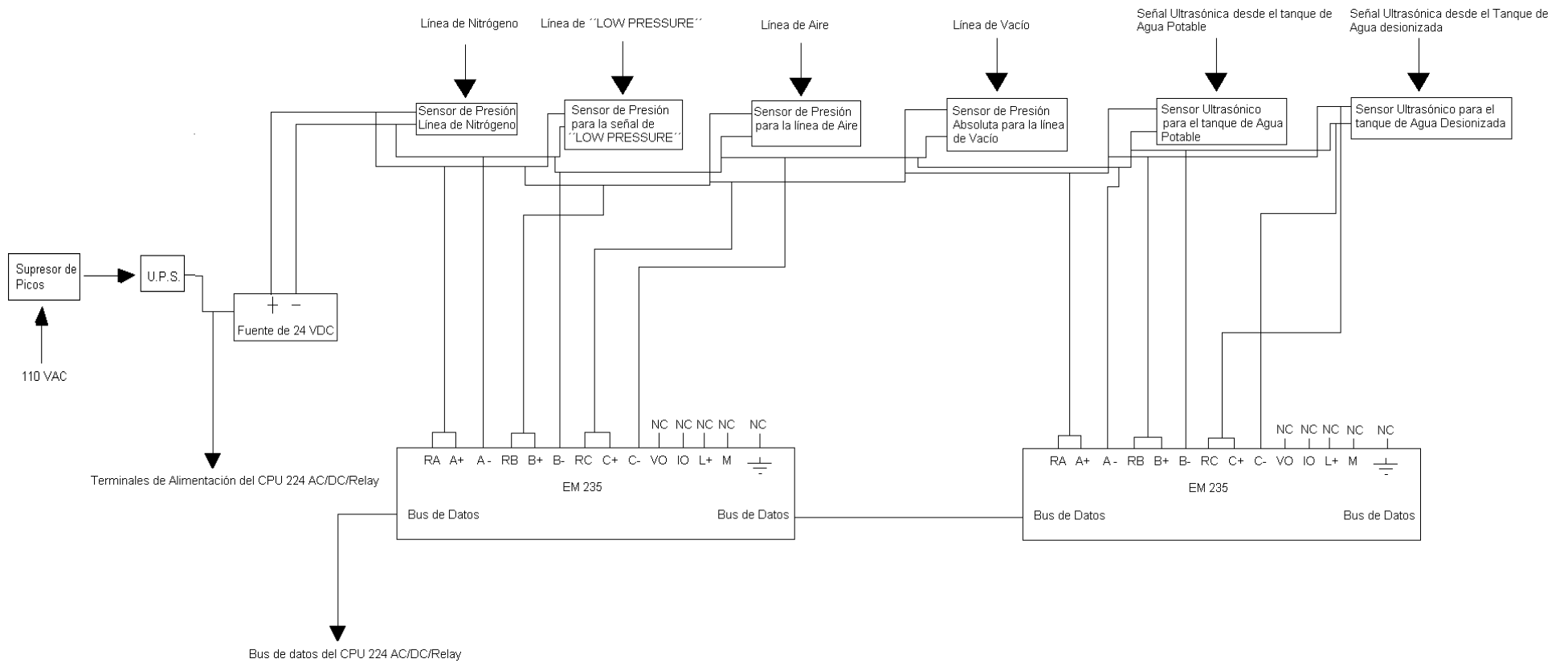


Figura 4. 9 Diagrama total del diseño efectuado, unión del Módulo de Expansión de Entradas Analógicas y los sensores a usar

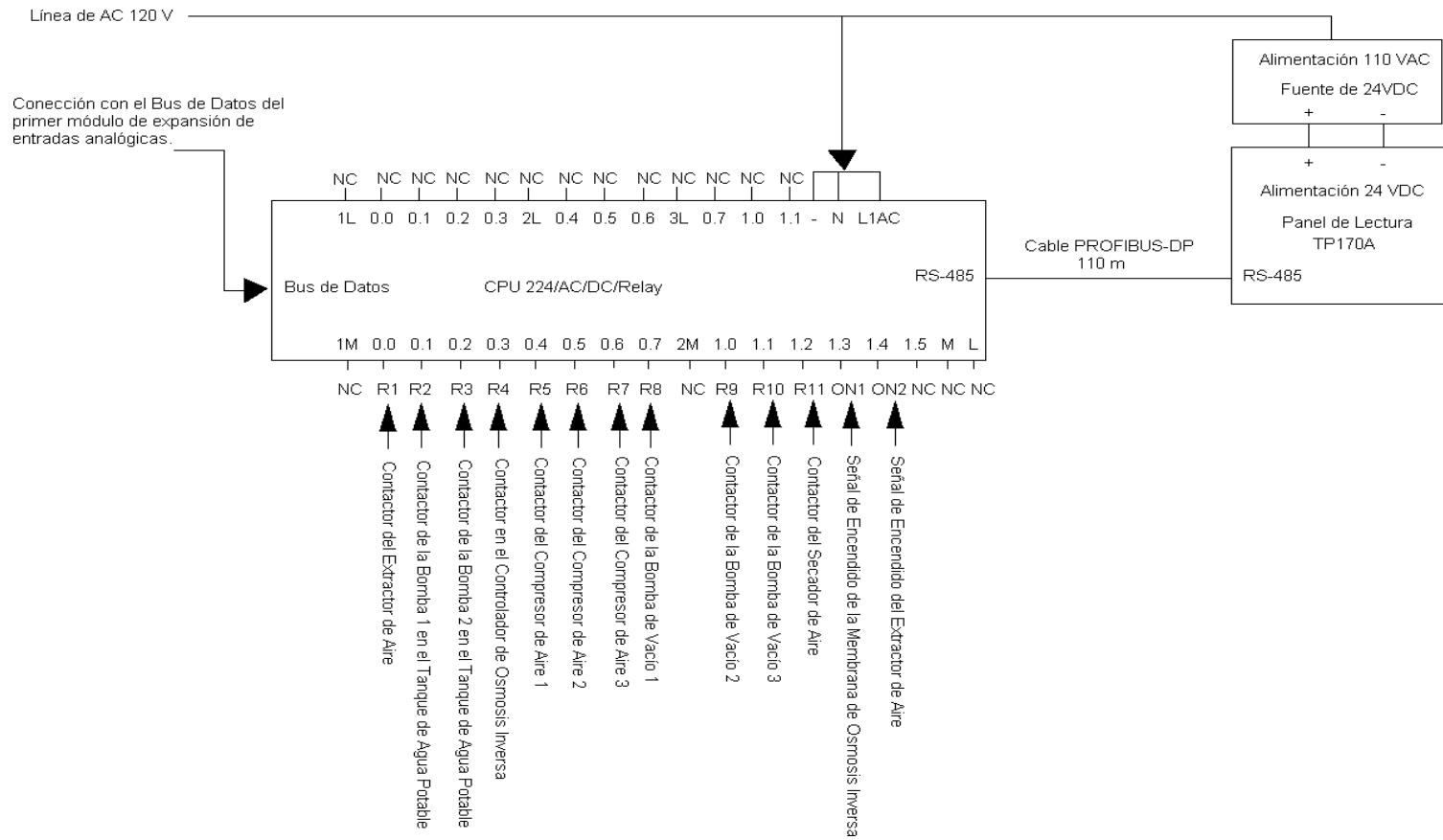


Figura 4. 10 Diagrama total del diseño efectuado, unión del CPU 224 AC / DC / Relay y los contactores de cada máquina, junto con el Panel de Lectura.

CAPÍTULO 5

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL SISTEMA.

Capítulo 5: Descripción del software del sistema.

5.1 Software usados.

5.1.1 STEP 7-Micro / Win 32 y componentes de la ventana principal.

En la figura 5.1 se pueden observar algunos de los componentes más importantes de la ventana principal del software usado para programar el PLC.

A continuación se explican algunos de estos componentes.

Barra de menús: Permite ejecutar funciones utilizando el ratón o combinaciones de teclas. El menú de Herramientas se puede personalizar añadiendo aplicaciones propias.

Barras de herramientas: Permiten acceder fácilmente con el ratón a las funciones de *STEP 7-Micro/WIN 32* utilizadas con frecuencia. El contenido y el aspecto de cada una de las barras de herramientas se puede personalizar.

Barra de navegación: Presenta grupos de botones para facilitar la programación:

"Ver"— Se selecciona esta categoría para visualizar los botones Bloque de programa, Tabla de símbolos, Tabla de estado, Bloque de datos, Bloque de sistema, Referencias cruzadas y Comunicación.

"Herramientas"— Se selecciona esta categoría para visualizar los botones del Asistente de operaciones y del Asistente *TD 200*.

Nota: Si la barra de navegación contiene objetos que no se puedan mostrar debido al tamaño actual de la ventana, se visualizarán botones de *SCROLLING* que permiten desplazarse hacia arriba o hacia abajo para ver los demás objetos.

Árbol de operaciones: Ofrece una vista en árbol de todos los objetos del proyecto y de todas las operaciones disponibles en el editor de programas actual (*KOP*¹⁸, *FUP*¹⁹ o *AWL*²⁰). Para insertar unidades de organización del programa adicional (*UOPs*), en el área de proyectos del árbol haga clic con el botón derecho del ratón en la carpeta en cuestión. Asimismo, puede pulsar el botón derecho del ratón en una *UOP* individual para abrirla, borrarla, editar su hoja de propiedades o cambiar el nombre de subrutinas y/o rutinas de interrupción. Estando en el área de operaciones del árbol, puede hacer clic con el botón derecho del ratón en una carpeta o en una operación individual, con objeto de ocultar el árbol entero. Tras abrir una carpeta de operaciones puede insertar operaciones en la posición de cursor en la ventana del editor de programas, haciendo doble clic en la operación en cuestión o utilizando el método de arrastrar y soltar. (En programas *AWL*, el árbol de operaciones se utiliza sólo de referencia, siendo preciso teclear la operación, puesto que no se puede adoptar del árbol).

Tabla de variables locales: Contiene asignaciones hechas a las variables locales (es decir, a las variables utilizadas por las subrutinas y las rutinas de interrupción). Las variables creadas en la tabla de variables locales utilizan la memoria temporal. El sistema se encarga de gestionar la asignación de direcciones. Las variables locales sólo se pueden utilizar en la unidad de organización del programa (*UOP*) donde se hayan creado.

Editor de programas: Contiene la tabla de variables locales y la vista del programa correspondiente al editor (*KOP*, *FUP*, o *AWL*) que se esté utilizando en el proyecto actual. En caso necesario, la línea divisoria se puede arrastrar para ampliar la vista del programa y cubrir la tabla de variables locales. Si se han creado subrutinas o rutinas de interrupción además del programa principal (*OB1*²¹), aparecerán fichas en el lado inferior de la ventana del editor de programas. Para desplazarse entre las subrutinas, las rutinas de interrupción y el programa principal (*OB1*) puede hacer clic en la ficha en cuestión.

Ventana de resultados: Visualiza mensajes de información cuando se compila el programa. El segmento en cuestión se visualizará entonces en la ventana del editor de programas.

Barra de estado: Informa acerca del estado de las funciones que se ejecuten en *STEP 7-Micro/WIN 32*.

Referencias cruzadas: Permite visualizar las referencias cruzadas y los elementos utilizados en el programa.

Tabla de símbolos/Tabla de símbolos globales: Sirven para asignar y editar símbolos globales (es decir, valores simbólicos que se pueden utilizar en cualquier unidad de organización del programa (*UOP*²²) y no sólo en la *UOP* donde se ha creado el símbolo). Es posible crear varias tablas de símbolos. La tabla de símbolos (tabla de variables globales) incorpora también una ficha que contiene los símbolos definidos por el sistema que se pueden utilizar en el programa de usuario.

Tabla de estado: Permite observar el estado de las entradas, salidas y variables del programa. Es posible crear varias tablas de estado para visualizar elementos de diferentes partes del programa. Cada una de dichas tablas tiene su propia ficha en la ventana Tabla de estado.

Bloque de datos/Inicializador de datos: Sirven para visualizar y editar el contenido del bloque de datos.

Componentes de la ventana de STEP 7 - Micro /WIN 32 (GS 1.1)

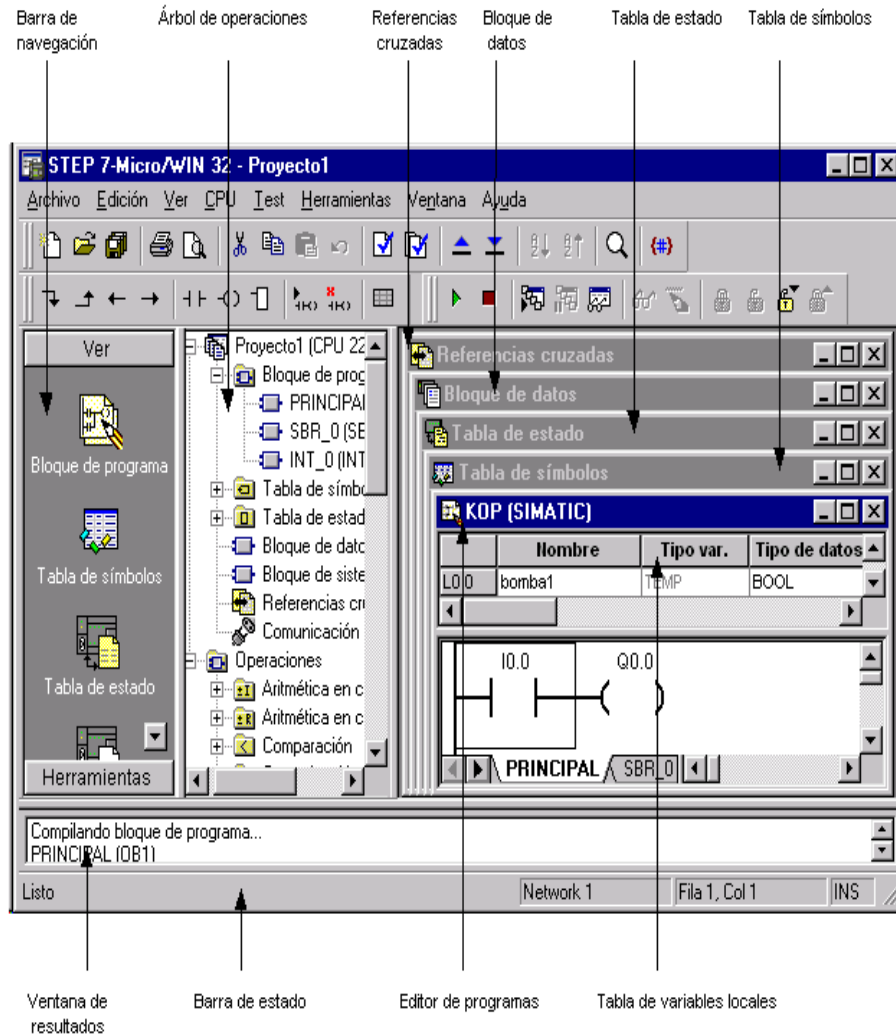


Figura 5. 1 Componentes de la ventana del software de programación del PLC.

5.1.2 TP DESIGNER y componentes de la ventana principal.

En la figura 5.2 se pueden observar algunos de los componentes más importantes de la ventana principal del software usado para programar el panel de monitoreo.

A continuación se explican algunos de estos componentes.

Barra de menús.

Entre los menús que se pueden usar en el *TP DESIGNER* se encuentra el menú de: Archivo, Edición, Ver, Configurar y Ayuda

Archivo.

En este menú se pueden encontrar las siguientes opciones:

- Crear un nuevo archivo de configuración del panel táctil.
- Abrir un archivo de configuración existente del panel táctil.
- Guardar el archivo de configuración actual del panel táctil.
- Guardar el archivo de configuración actual del panel táctil con otro nombre.
- Compilar el archivo de configuración actual del panel táctil.
- Cargar el archivo de configuración actual en el panel táctil.
- Visualizar las propiedades del archivo de configuración actual del panel táctil.
- Abrir el archivo de configuración indicado del panel táctil.
- Salir de la aplicación y le sugiere que guarde los cambios antes de salir.

Edición.

- Cortar la selección y la deposita en el portapapeles.
- Copiar la selección y la deposita en el portapapeles.
- Insertar el contenido del portapapeles.
- Insertar una pantalla, un campo, una variable o una imagen nuevas.
- Borrar la selección.
- Ajustar la pantalla actual como pantalla inicial.

Ver.

- Activar la pantalla anterior.
- Activar la pantalla siguiente.
- Activar la lista de variables.
- Activar la lista de imágenes.
- Activar la vista de resultados.
- Mostrar y ocultar la barra de grupo de campos.
- Mostrar y ocultar el árbol de proyectos.
- Mostrar y ocultar la barra de herramientas estándar o de campos.
- Mostrar y ocultar la retícula.
- Activar y desactivar la alineación automática a la retícula.

Configurar.

- Elige la nemotécnica, el idioma para configurar el *TP DESIGNER* ry el idioma a visualizar en el *TP 070*.
- Configura la comunicación entre *el TP DESIGNER*, la *CPU S7-200* y el *TP 070*.

Ayuda.

- Accede a la Ayuda en pantalla.
- Muestra la información de la herramienta, el número de versión y el copyright.

Barra de herramientas estandar.

Entre los iconos que se pueden encontrar en la barra de herramientas estándar están:

- Crear un nuevo archivo de configuración del panel táctil.
- Abrir un archivo de configuración existente del panel táctil.
- Guardar el archivo de configuración actual del panel táctil.
- Cortar la selección y depositarla en el portapapeles.
- Copiar la selección y la depositarla en el portapapeles.
- Insertar el contenido del portapapeles.
- Compilar el archivo de configuración actual del panel táctil.
- Cargar el archivo de configuración actual en el panel táctil.
- Mostrar y ocultar la retícula.
- Activar y desactivar la alineación automática a la retícula.
- Conmutar entre los porcentajes de zoom de la pantalla.

Barra de herramientas de campos.

Entre las opciones que podemos encontrar en esta barra están:

- Seleccionar.
- Insertar un nuevo campo de entrada en la pantalla actual.
- Insertar un nuevo campo de salida en la pantalla actual.
- Insertar un nuevo botón de estado en la pantalla actual.
- Insertar un nuevo campo de texto en la pantalla actual.
- Insertar un nuevo campo de barra en la pantalla actual.
- Insertar un nuevo campo "Gráfico" en la pantalla actual.

Barra de grupo de campos.

La barra de grupo de campos permite insertar campos en el área de diseño de pantallas. Haga clic en el icono de un campo. El campo en cuestión aparecerá en el área de diseño de pantallas. Para mostrar y ocultar la barra de grupo de campos, utilice el correspondiente comando del menú Ver. Alternativamente, haga clic con el botón derecho del ratón en un área vacía de la barra y elija el comando "Ocultar". Tras haber insertado un campo, puede hacer doble clic en él, o bien hacer clic con el botón derecho del ratón y elegir el comando "Propiedades" para configurar el campo.

Entre los tipos de campo encontramos :

- Campo de entrada.
- Campo de salida.
- Botón de estado.
- Campo de texto.
- Campo de barra.
- Campo de gráfico

Árbol de proyectos.

Se utiliza el árbol de proyectos para desplazarse rápidamente por los componentes del archivo: pantallas, variables e imágenes. En la ventana de resultados aparecerán los resultados de la última operación de compilación y carga.

Se puede hacer clic con el botón derecho del ratón en el icono de una pantalla, variable o imagen para acceder al correspondiente menú emergente:

Menú emergente de pantallas: Permite acceder al cuadro de diálogo de propiedades de la pantalla, ajustar la pantalla actual como pantalla inicial, borrar la pantalla, insertar un campo en la pantalla actual o insertar una nueva pantalla.

Menú emergente de variables: Inserta una nueva variable.

Menú emergente de imágenes: Inserta una nueva imagen.

Para ocultar el árbol de proyectos, se hace clic con el botón derecho del ratón en cualquier lugar del árbol.

Área de diseño de pantallas.

En el área de diseño de pantallas se crean todas las pantallas a utilizar en el TP 070. Se hace clic con el botón derecho del ratón en el área de diseño de pantallas para acceder a un menú emergente que permite cortar, copiar y pegar objetos en el área de diseño, insertar nuevas pantallas o campos, borrar objetos o pantallas, ajustar la pantalla actual como pantalla inicial, así como acceder al cuadro de diálogo de propiedades de la pantalla.

Consejos:

El botón "Mostrar retícula" muestra y oculta la retícula.

Estando activado el botón "Alinear a retícula", es posible alinear objetos a la retícula (en incrementos de 10 píxels). Si está desactivado, los objetos se pueden desplazar píxel por píxel.

El botón "Zoom" permite ajustar el factor de zoom (100%, 150% ó 200%) del área de diseño de pantallas.

Si se hace clic con el botón derecho del ratón en el espacio vacío fuera del área de diseño de pantallas se logra activar o desactivar la vista plana del área de diseño de pantallas.

Componentes de la ventana del TP Designer.

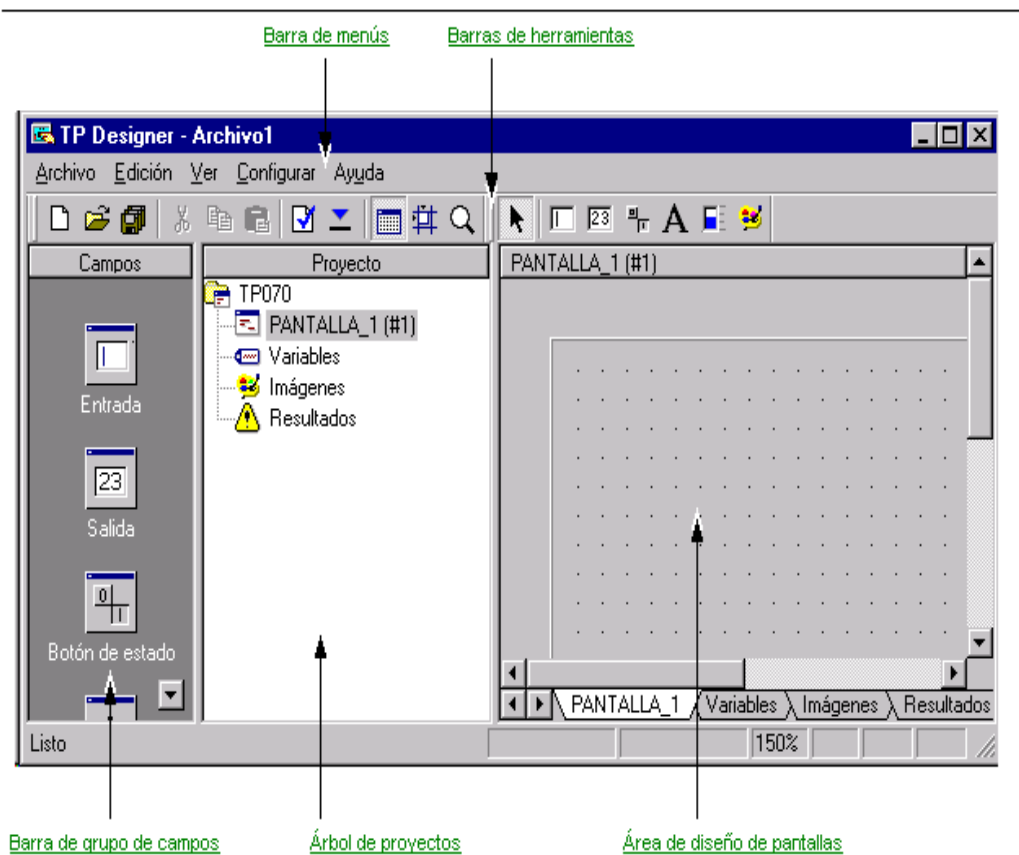


Figura 5. 2 Componentes de la ventana del software de programación del Panel de Monitoreo.

5.2 Explicación de la programación de algunas pantallas del panel *TP070*.



Figura 5.3 Pantalla inicial del programa realizado para el panel TP070.

5.2.1 Pantalla inicial del programa realizado para el panel *TP070*.

En la figura 5.3 se aprecia la pantalla inicial del panel, es decir al encender el panel será la primera pantalla que aparecerá.

Esta pantalla consiste de una imagen, un cuadro de texto y un botón el cual tiene como función elegir una pantalla, en este caso la pantalla del menú principal.

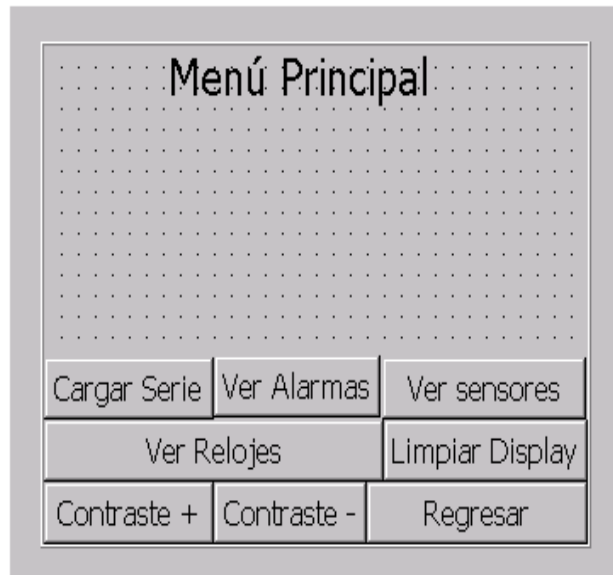


Figura 5. 4 Menú Principal del Panel TP070.

5.2.2 Pantalla que muestra el menú principal del panel *TP070*.

En esta pantalla se muestra el menú principal, que consta de un cuadro de texto y ocho botones, con diferentes funciones:

- El botón de cargar serie se encarga de preparar al panel para recibir la carga de un nuevo programa desde el software de programación.
- El botón de ver alarmas tiene como función escoger la pantalla que contiene la visualización de todas las alarmas.
- El botón de ver sensores tiene como función elegir la pantalla que contiene la visualización del estado de todos los sensores.
- El botón de ver relojes tiene como función llevar al usuario a la pantalla que contiene la visualización del estado de todos los relojes.

- El botón de limpiar display es un botón con una función ya predeterminada en el panel. Con ésta se desactivan todas las pantallas para que el usuario pueda limpiar la pantalla sin peligro de que se active alguna función.
- Los botones “contraste +” y “contraste -”, son botones con funciones predeterminadas en el panel. Su función es dar más o menos contraste a la pantalla del panel *TP070*.
- El botón de regresar es un botón que tiene como función elegir una pantalla, en este caso la pantalla anterior.

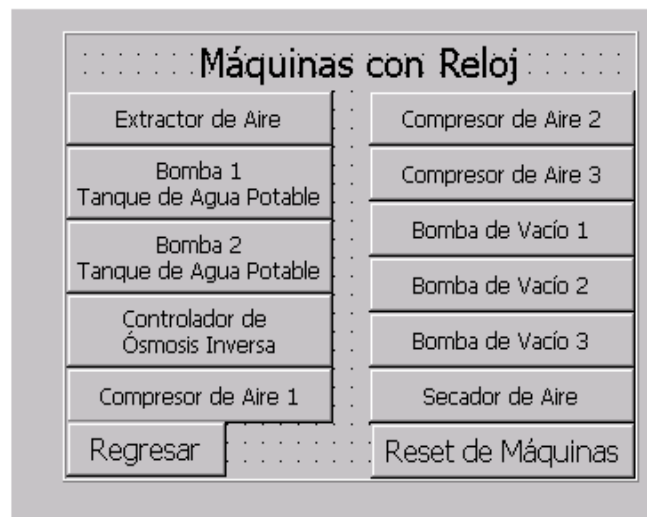


Figura 5.5 Pantalla para acceder a la visualización de las horas de tiempo de funcionamiento de cada máquina.

5.2.3 Pantalla para observar las horas de funcionamiento de las máquinas.

Esta pantalla se compone de un cuadro de texto y trece botones, de los cuales once son botones que eligen la pantalla en donde se visualiza el conteo de la máquina respectiva. Los otros dos botones restantes tienen como función elegir una pantalla, uno de ellos elige la pantalla anterior y el otro la pantalla donde se inserta el *PASSWC*



Figura 5.6 Ejemplo de una pantalla de visualización de las horas de funcionamiento de una de las máquinas.

5.2.4 Ejemplo de la visualización de las horas de funcionamiento de una máquina, en este caso el extractor de aire.

Esta pantalla consta de tres campos de texto, tres de campos de salida y tres botones. Los campos de salida son espacios de memoria del *PLC*, que el panel lee constantemente y muestra su valor en él. Los botones tienen funciones como regresar, continuar y menú principal, donde la acción principal es elegir una pantalla.

De la pantalla cuatro a la catorce del programa del panel, se sigue el mismo formato para la visualización del tiempo de funcionamiento de cada máquina.

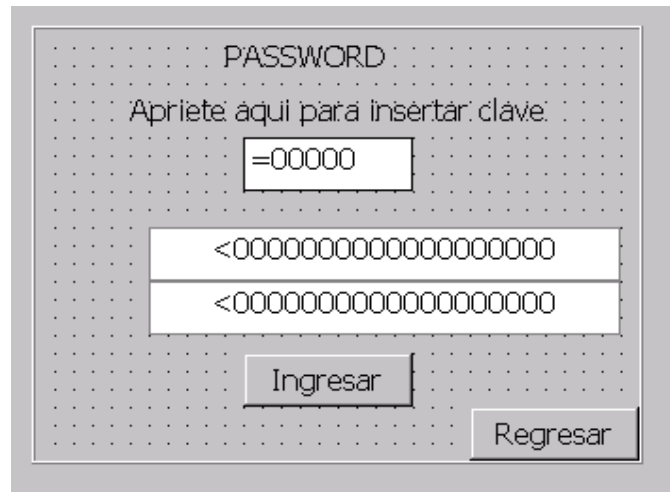


Figura 5.7 Pantalla para acceder al password de reset de máquinas.

5.2.5 Pantalla de reconocimiento del *PASSWORD* para el reset de las máquinas.

Esta pantalla es la pantalla quince del programa del panel. Contiene 2 campos de texto un campo de entrada , dos campos de salida y dos botones. El campo de entrada tiene como función permitir que el usuario ingrese el *PASSWORD* desde el panel y que éste sea almacenado en una posición de memoria para su debido procesamiento. Los dos campos de salida son para mostrar en pantalla el mensaje *''PASSWORD INVÁLIDO.* Y dos botones: uno tiene como función regresar y el otro activar un bit en el *PLC.*

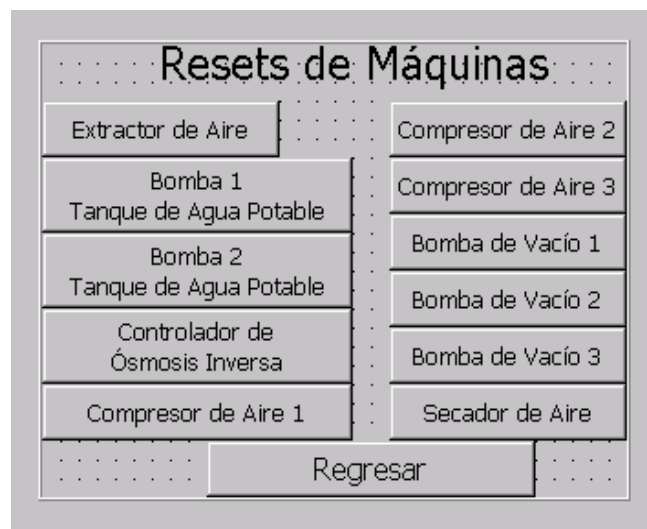


Figura 5.8 Pantalla de resets de máquinas.

5.2.6 Pantalla que muestra los botones para el reset de las máquinas.

Esta pantalla es la pantalla 16 del programa del panel y consta de un cuadro de texto y doce botones, de los cuales 11 tienen como función activar un bit en el programa del *PLC*, para que ocurra la inicialización de los respectivos registros de conteo de cada máquina. El último botón tiene como función elegir una pantalla en este caso la pantalla anterior.



Figura 5.9 Pantalla de indicación de que hay una alerta en alguna máquina o línea.

5.2.7 Pantalla de indicación de alarma.

Esta pantalla consta de dos cuadros de texto y dos botones. El botón de “OK”, tiene como función activar un bit en el *PLC* y el botón de “Ver Alarmas”, tiene como función elegir la pantalla que muestra el estado de todas las alarmas.

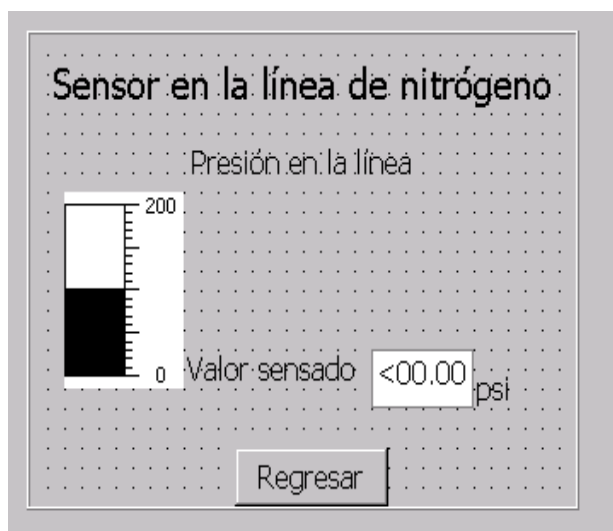


Figura 5.10 Ejemplo de la visualización del tipo de sensado efectuado con el panel TP070.

5.2.8 Pantalla que muestra el tipo de visualización hecha para el sensado, en este caso en la línea de nitrógeno.

En la figura 5.10 se muestra el tipo de pantalla usado para la visualización del sensado. Esta pantalla consta de cuatro cuadros de texto, un campo de salida, una barra y un botón. El cuadro de salida muestra el valor exacto del sensado y la barra es una representación gráfica de este valor. Además el botón tiene como función elegir una pantalla.

5.3 Diagramas de flujo utilizados en el proyecto.

5.3.1 Explicación de la rutina de relojes de tiempo de funcionamiento de las máquinas.

El conteo de cada máquina se lleva a cabo mediante una entrada digital del PLC, la cual es controlada por el estado del contactor. Es decir si hay voltaje en el contactor, quiere decir que la máquina está funcionando y por lo tanto hay voltaje en la entrada digital. Si no hay voltaje en la entrada digital, no se debe activar el temporizador. Si por lo contrario hay voltaje en la entrada digital, se debe activar el temporizador asignado a la entrada.

Si el bit del temporizador se activa, es decir ya ha pasado un segundo, se debe incrementar el registro de segundos asignado a esa máquina y luego inicializar el valor del temporizador (figura 5.11). Luego cuando el registro de segundos es igual a 60, se debe inicializar el registro de segundos y luego incrementar el registro de minutos, el mismo principio se sigue en el conteo de horas. La única diferencia es que el conteo de unidades (unidades de horas) llega hasta 10. Luego se inicializa este registro y se incrementa centenas (decenas hasta centenas de horas). Cuando éste registro llega a 10 se inicializa y se incrementa el registro Hdm (centenas, unidades de millar y decenas de millar de horas). Por último cuando éste registro llega al valor de 255 se inicializa. Por lo tanto el conteo máximo de esta rutina es 25 500 horas.

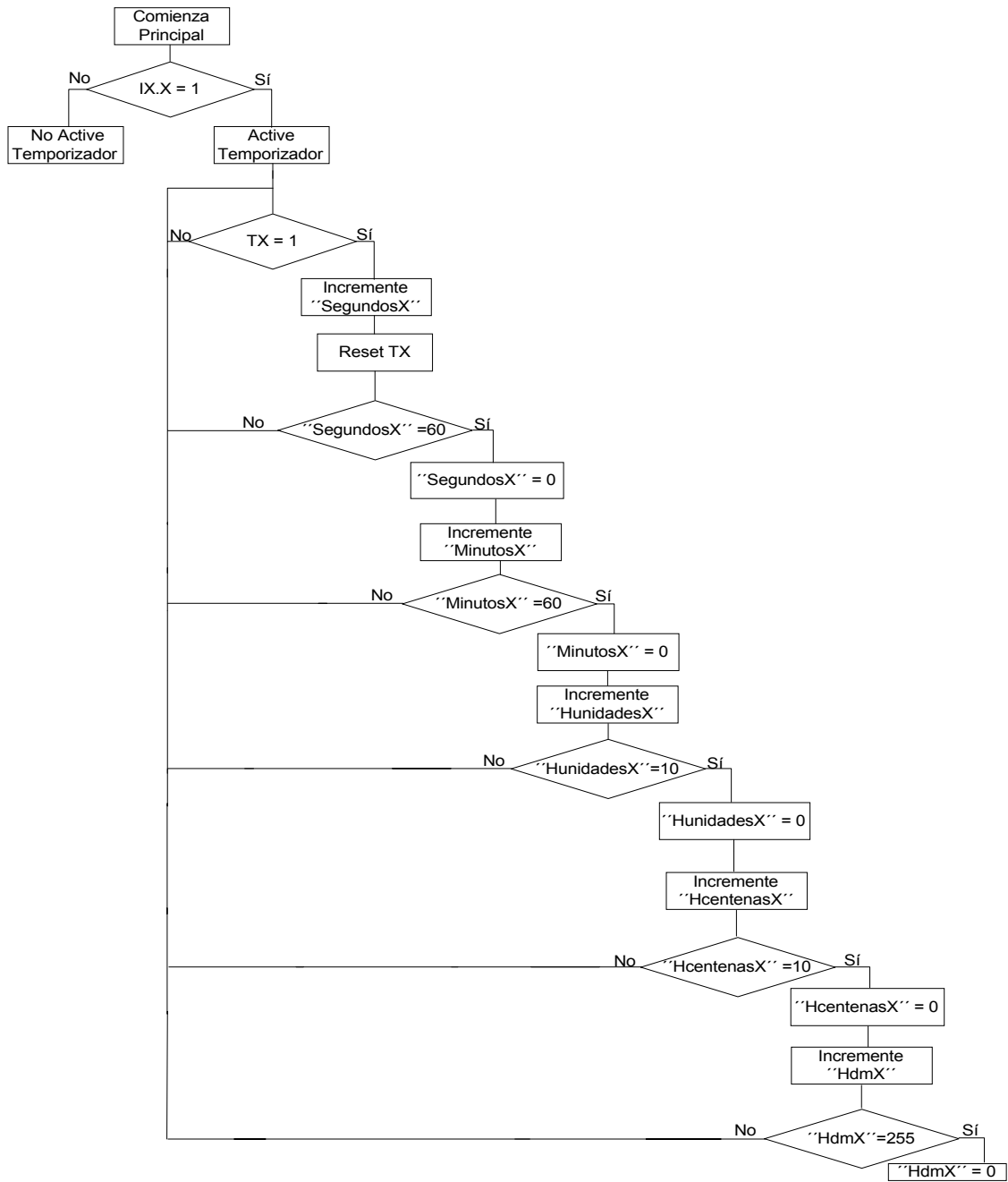


Figura 5. 11 Diagrama de flujo de la rutina de tiempo de funcionamiento de las máquinas.

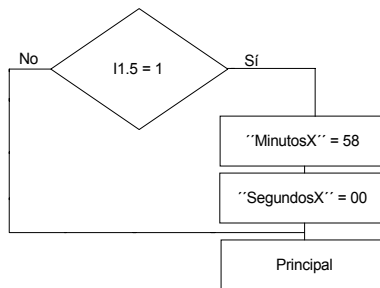


Figura 5. 12 Diagrama de flujo correspondiente a la prueba de cambio de "HunidadesX".

5.3.2 Explicación de la rutina de la prueba de cambio de "HunidadesX".

En esta rutina como lo que se realizó fue una inicialización de los registros de segundos y minutos para no esperar una hora para observar el cambio en el registro de unidades de horas(figura 5.12). Cuando se activa la entrada I1.5, se realiza el movimiento a los registros de segundos y minutos, para que éstos queden con un valor de 00 y 58 respectivamente y con esto solo se tenga que esperar únicamente 2 minutos para observar el cambio en el registro de unidades de horas.

El mismo principio se siguió para la prueba de cambio en hcentenas y hdm (figuras 5.13 y 5.14), la única diferencia es que el rango de registros en los que se hizo movimiento fue diferente. Todo esto con el fin de no tener que esperar 10 horas o 99 horas en el caso de hdm, para poder observar el cambio en el registro y corroborar el buen funcionamiento del programa.

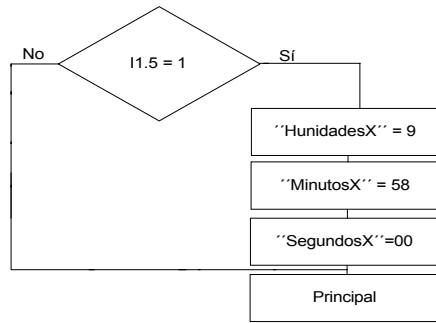


Figura 5. 13 Diagrama de flujo correspondiente a la prueba de cambio de "HcentenasX".

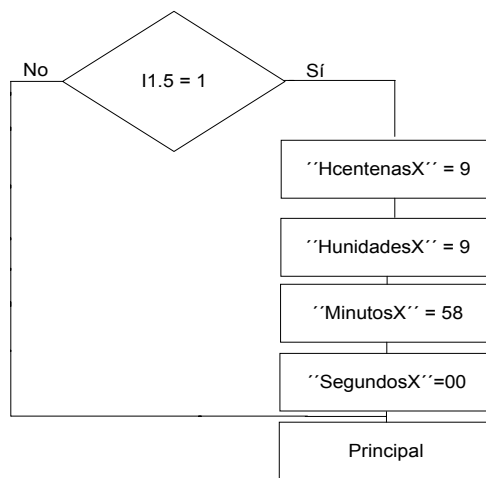


Figura 5. 14 Diagrama de flujo correspondiente a la prueba de cambio de "HdmX".

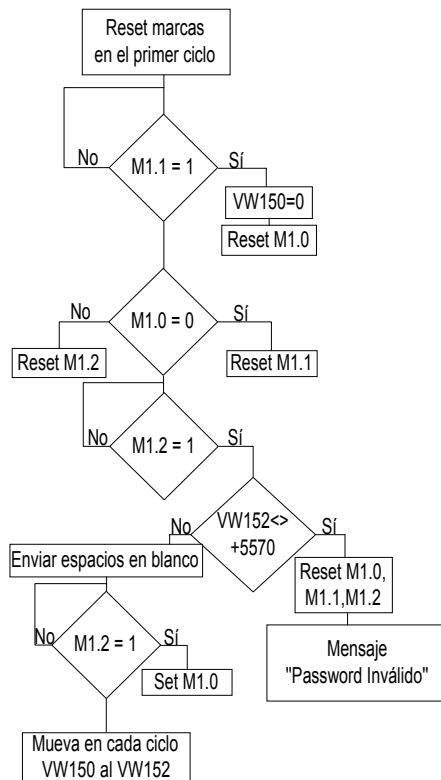


Figura 5. 15 Diagrama de flujo correspondiente a la rutina del **PASSWORD** para el reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.

5.3.3 Explicación de la rutina del **PASSWORD** para el reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.

En esta rutina se utilizaron tres marcas (M1.0, M1.1 y M1.2), donde M1.0 corresponde a un bit que activa la pantalla que indica **PASSWORD** correcto en el panel **TP070**, M1.1 es el botón de **OK** en el panel y que tiene como función activar este bit (figura 5.15). Por último M1.2 se activa al oprimir el botón de ingresar que tiene como función activar este bit.

Al inicio de la rutina se inicializan todas las marcas, luego si M1.1 es igual a 1 se inicializa la palabra **VW150** y la marca **M1.0**.

Si M1.0 es igual a 0 se inicializa M1.1 y si es igual a 1 se inicializa M1.2. Luego si M1.2 es igual 1 se compara el valor almacenado en VW152 con +5570. Cuando VW152 es diferente a +5570(valor de *PASSWORD* correcto), se inicializan todas las marcas y se manda el mensaje de '*PASSWORD CORRECTO*' al campo de salida de verificación de *PASSWORD* en el TP070. Si por lo contrario el *PASSWORD* no es distinto de +5570, en otras palabras es igual a +5570, se envían espacios en blanco al campo de salida de verificación de *PASSWORD* en el TP070 y se pregunta por el estado de la marca M1.2. Si M1.2 es igual a 1 se pone en 1 M1.0 (set M1.0) y por último en cada ciclo se mueve la palabra VW150 a la palabra VW152.

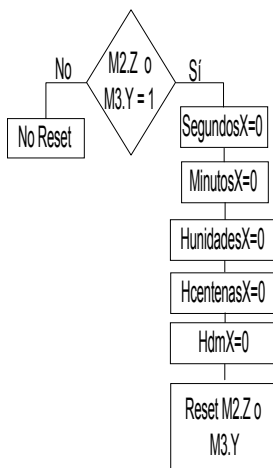


Figura 5. 16 Diagrama de flujo correspondiente de la rutina de reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.

5.3.4 Explicación de la rutina de reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.

Esta rutina se da en el momento en que el *PASSWORD* es aceptado. Si el *PASSWORD* es aceptado se activa una pantalla en el panel donde aparecen botones para el reseteo de cada máquina.

Una vez que se aprieta un botón en el panel, este botón tiene como función activar un bit. Al activarse este bit se mueve el valor de cero a todos los registros correspondientes a esa máquina. Una vez que se hace esto se inicializa la marca activada antes en el panel.

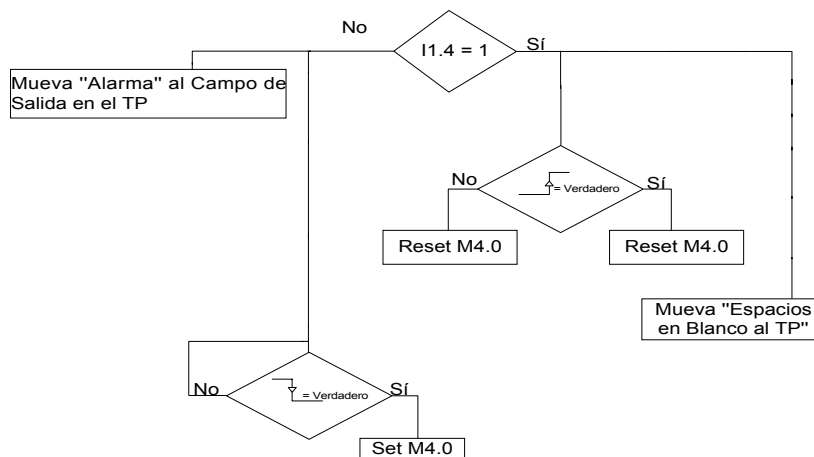


Figura 5. 17 Diagrama de flujo correspondiente de la rutina de reset de los relojes de horas de tiempo de funcionamiento.

5.3.5 Explicación de la rutina de reconocimiento y alarma de la señal de falta de fluido eléctrico en el extractor de aire.

El extractor de aire es una máquina importante en el abastecimiento de nitrógeno en la planta. Por esta razón si ésta se detiene debe haber una alerta que avise de su detención. Cuando la máquina está detenida la entrada I1.4 es igual a cero. Cuando este evento sucede se mueve el mensaje de "Alarma" al campo de salida en el *TP070* (figura 5.17). Además si la transición es negativa se debe activar el bit que activa la pantalla de alerta. Esto colocando un 1 en M4.0 (Set M4.0).

En el caso en que la máquina está encendida, es decir I1.4 es igual a 1. Se inicializa la marca M4.0, para que la pantalla que activa o alerta sobre alarma no se muestre en el panel. Además de que se mueven espacios en blanco hacia el campo de salida en el *TP070* Esto para indicar que no hay alarma.

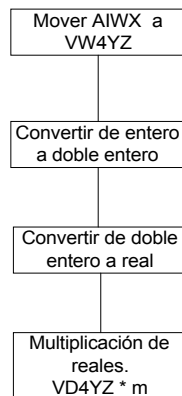


Figura 5. 18 Diagrama de flujo correspondiente a la rutina de simulación de los sensores a usar.

5.3.6 Explicación de la rutina de simulación de los sensores a usar.

Los sensores a usar son sensores que son parametrizables y se pueden programar para que su respuesta sea proporcional o inversamente proporcional. En la simulación de estos sensores se usó el principio de que los seis sensores a usar se comportan proporcionalmente.

La simulación de los sensores se lleva a cabo mediante una serie de transformaciones (figura 5.18). Primeramente se debe mover el valor convertido por el módulo de entradas analógicas a una palabra en la memoria de variables en el PLC. Una vez almacenado este valor en la memoria de variables del PLC se debe convertir éste de entero a doble entero, ya que el valor leído del módulo de entradas analógicas es un valor tipo entero. Luego de que se realiza la conversión a doble entero es decir en un formato de 32 bits, se transforma el valor a formato tipo real, con el fin de tener en la medición la posibilidad de leer decimales. Por último se multiplica el valor en formato tipo real por la pendiente correspondiente al tipo de sensor y al rango a medir.

A continuación se muestra el valor de la pendiente para cada tipo de sensor:

- Sensor ultrasónico del tanque de agua potable: $m = 2.30 \text{ m} / 32000 = 71.875 * 10^{-6}$.
- Sensor ultrasónico del tanque de agua desionizada: $m = 1.70 \text{ m} / 32000 = 53.125 * 10^{-6}$.
- Sensor de presión para la señal de "low pressure" : $m = 100 \text{ psi} / 32000 = 3.125 * 10^{-3}$.
- Sensor de presión en la línea de nitrógeno : $m = 200 \text{ psi} / 32000 = 6.25 * 10^{-3}$
- Sensor de presión en la línea de línea: $m = 200 \text{ psi} / 32000 = 6.25 * 10^{-3}$.
- Sensor de vacío (presión absoluta) en la línea de vacío : $m = 1.3 \text{ bar} / 32000 = 40.625 * 10^{-6}$.

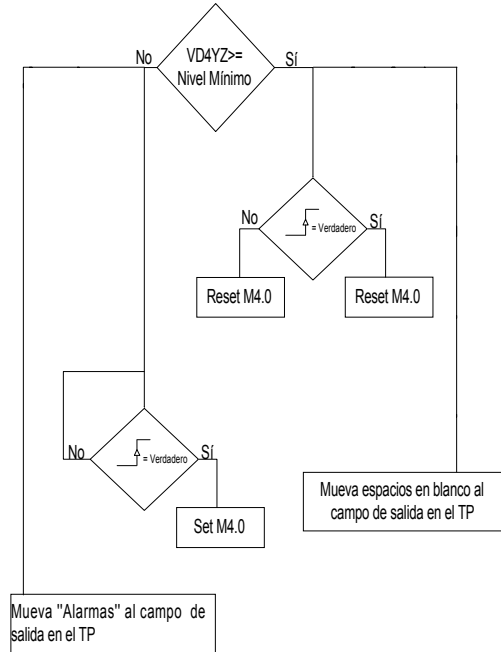


Figura 5. 19 Diagrama de la rutina de alarmas para sensores que detectan niveles mínimos.

5.3.7 Explicación de la rutina de alarmas para sensores que detectan niveles mínimos.

Con esta rutina se lee el valor real almacenado en la doble palabra asignada al sensor correspondiente (figura 5.19). Luego se compara el valor de la palabra con el valor de alarma para ese sensor. Si el valor de la palabra es mayor o igual que el valor de alarma (nivel mínimo), se inicializa M4.0, tanto para transiciones positivas como negativas y se envían espacios en blanco al campo de salida del *TP070* asignado para el mensaje de alarma del sensor. Si por lo contrario el valor de la palabra es menor que el valor de alarma (nivel mínimo) y se da una transición positiva, se debe poner en 1 la marca M4.0 y con esto se activa el mensaje de alarma en el panel y además se debe mover un mensaje de “alarma”al campo de salida del *TP070* asignado para el mensaje de alarma del sensor.

A continuación se muestran los niveles mínimos de los sensores que usan este tipo de alarma:

Nivel mínimo en el tanque de agua potable = 1.10 m.

Nivel mínimo en el tanque de agua desionizada = 0.60 m.

Nivel mínimo para la señal de "low pressure" = 10 psi.

Nivel mínimo para la línea de nitrógeno = 85 psi.

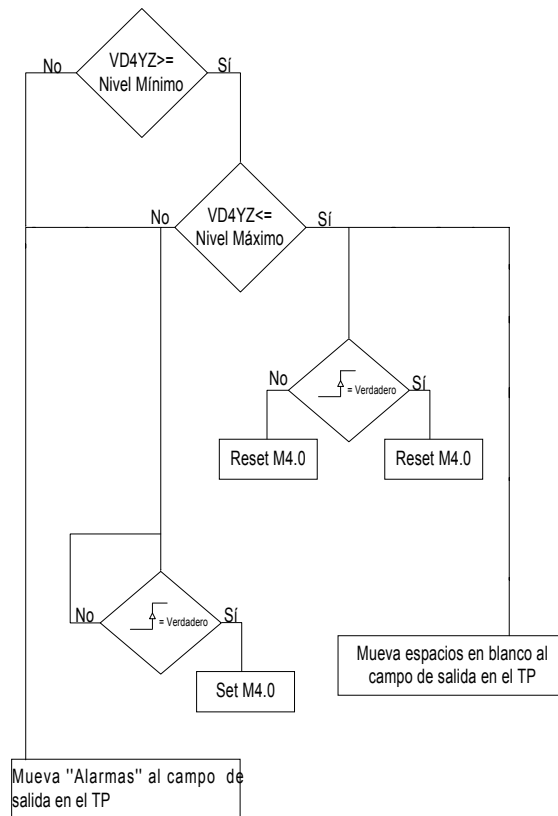


Figura 5. 20 Diagrama de la rutina de alarmas para sensores que detectan un rango determinado.

5.3.8 Explicación de la rutina de alarmas para sensores que detectan un rango determinado.

En este tipo de sensado se realiza casi el mismo procedimiento que en la rutina anterior, la única diferencia es que hay un nivel mínimo y un nivel máximo. Es decir las líneas sensadas (en este caso la de aire y vacío), trabajan en un rango determinado.

Si el valor real de la doble palabra asignada al sensor es mayor o igual que el nivel mínimo y menor o igual que el nivel máximo se inicializa la marca M4.0 y con esto no aparece el mensaje de alarma en el panel (figura 5.20) además de que se mueven espacios en blanco al campo de salida asignado en el TP070 para el mensaje de alarma de este sensor.

Si por lo contrario el valor real de la doble palabra asignada al sensor es menor que el nivel mínimo o mayor que el nivel máximo se debe activar el bit M4.0 (set M4.0) y mover el mensaje de alarma al campo de salida asignado en el TP070 para el mensaje de alarma del sensor.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS Y RESULTADOS.

Capítulo 6: Análisis y resultados.

6.1 Explicación del diseño.

Para el control de niveles adecuados en las líneas de aire, nitrógeno y vacío se utilizaron sensores del tipo *SITRANS P* de la marca Siemens. También se utilizó uno de éstos en la membrana de ósmosis inversa, para la señal de *LOW PRESSURE*. Por medio de una parametrización adecuada, los sensores responderán a los cambios de presión que detecten.

Como se observa en la figura 4.9, los sensores de presión de aire y de vacío se alimentaron con 24 VDC y por las mismas líneas de alimentación enviaron su señal de salida (4 – 20 mA), esto debido a que estos sensores utilizan el protocolo *HART*.

En la detección de niveles adecuados en el tanque de agua desionizada y en el tanque de agua potable, se utilizaron sensores ultrasónicos *SONAR BERO*, de la marca Siemens. Se utilizaron éstos debido a que el sensado requerido necesitaba un tipo de sensor que no tuviera contacto directo con el agua, ya que el agua desionizada no conduce y estos sensores no necesitan estar en contacto directo por que pueden ser ubicados en cualquier posición de los tanques de agua desionizada o el tanque de agua potable.

Al igual que los sensores *SITRANS P* , éstos se alimentan con 24 VDC, tienen una señal de salida de 4-20 mA, y tienen la posibilidad de ser parametrizados.

Obsérvese en la figura 4.9, que la alimentación del sistema total se controló por medio de un supresor de picos y una *U.P.S*. Esto debido a que se necesitaba un suministro de corriente sin interrupciones, para poder llevar las horas de funcionamiento y el control de niveles mínimos en las máquinas.

La salida de cada sensor se conectó a una entrada analógica de un módulo de entradas analógicas. Para el sistema diseñado se utilizaron dos módulos de entradas analógicas debido a que el *CPU 224 AC/DC/ RELAY*, no contenía entradas analógicas integradas y se requerían 6 entradas analógicas. La conexión de las salidas de los sensores con las entradas de los módulos de entradas analógicas se muestra en la figura 4.9.

La conexión entre los módulos de entradas analógicas se realizó mediante el bus de datos de cada módulo, como se muestra en la figura 4.9, además la conexión de éstos con el CPU, se llevo a cabo mediante el bus de datos de ambos.

Para el control de las horas de funcionamiento de cada máquina y el encendido del extractor de aire y la membrana de ósmosis inversa, se utilizaron los contactores de cada máquina para tener una señal de encendido o no de cada máquina. Es decir si el contactor es normalmente abierto y se cierra cuando la máquina está en funcionamiento, en la entrada digital del CPU destinada para esta máquina, se tendrán 24 VDC, los cuales indican al CPU que debe activar el temporizador de esta maquina y empezar a llevar el conteo del tiempo efectivo de funcionamiento de la misma.

Las siguientes son las máquinas a controlar con respecto a su tiempo efectivo de funcionamiento:

- 1Extractor de aire. (*LS-12 SULLAIR*).
- *1REVERSE OSMOSIS CONTROLLER*. (*U.S.FILTER*).
- 1 Purificador de aire o Secadores (*SRD-SULLAIR*).
- 3 Compresores de aire (*ES-6 SULLAIR*, *LS-10 SULLAIR* y *PALATEK INC*).
- 3 Bombas de vacío (*INGER SOLL - RAND*, dos y *VS-10 SULLAIR* la última).
- 2 Bombas de agua (Konny Model K-2001-S).

La entrada digital del *CPU* destinada para cada máquina se muestra en la figura 4.10.

Con respecto a las alarmas de apagado del extractor de aire y la membrana de ósmosis inversa, se utilizó el mismo principio que los relojes de tiempo de funcionamiento. Un contactor indica al *CPU* que la máquina está encendida. Las entradas digitales destinadas para éstas se muestran también en la figura 4.10.

La visualización de los relojes de tiempo efectivo de funcionamiento de cada máquina, las alarmas y el estado de cada sensor se observó por medio de un panel de control en este caso el panel utilizado fue el *TP170A*, el cual se conectó al *CPU* del *PLC* por medio de un cable de red *PROFIBUS-DP*. Esto debido a que la distancia que separa el cuarto de máquinas al departamento de mantenimiento fue de 110 m. La conexión de este panel se muestra también en la figura 4.10.

Con respecto a la programación del *PLC* junto con el panel *TP070*, se desarrollaron varias rutinas importantes, entre ellas están:

- Relojes de funcionamiento de las máquinas.
- *PASSWORD* para reset de máquinas.
- Reset de máquinas.
- Alarmas de falta de fluido eléctrico.
- Simulación de sensores.
- Alarmas para la detección de niveles mínimos.
- Alarmas para la detección de niveles fuera de rango.

La rutina de relojes de funcionamiento de las máquinas se basó en el uso de un temporizador para cada máquina el cual es el encargado de generar la base de tiempo usada, en este caso un segundo. La rutina almacena en tres registros el conteo de cada máquina, es decir al monitorearse 11 máquinas se necesitaron 33 registros de la memoria de variables del *PLC* para implementar esta rutina.

Los tres registros de cada máquina son visualizados en el panel para el debido conteo de horas de funcionamiento de cada máquina. Para cada máquina se diseñó una pantalla de visualización del conteo de horas. El conteo máximo de horas para cada máquina fue de 25 500 horas.

La rutina de *PASSWORD* para reset se implementó debido a la necesidad de que la inicialización del conteo de horas sólo pueda llevarse a cabo si se conoce el valor del *PASSWORD*, es decir que no cualquier persona pueda inicializar el conteo de una máquina. Este algoritmo consiste en comparar el valor accedido por el usuario desde el panel con un valor almacenado en la memoria del *PLC*, en otras palabras la única manera de cambiar el *PASSWORD* es cambiando el valor almacenado en la memoria del *PLC*. Si el *PASSWORD* es incorrecto el *PLC* envía un mensaje de "*PASSWORD INVÁLIDO*" al panel, si por lo contrario el *PASSWORD* es correcto, aparece una pantalla de *PASSWORD* aceptado y el sistema deja que el usuario accese a la pantalla de reset de máquinas.

La rutina de reset de máquinas consiste en solamente mover ceros a los registros de la máquina accedida. Esto solo si el *PASSWORD* de reset ha sido escrito correctamente.

La rutina de alarmas de falta de fluido eléctrico consiste en una comparación o detección del estado de la entrada digital asignada a la máquina. Es decir si la entrada tiene 0 voltios quiere decir que se debe activar esta alarma y se debe apreciar el mensaje de alarma en el panel, para que el usuario pueda monitorear cual de las alarmas está activada.

La simulación de los sensores consiste en una conversión del valor analógico leído por el módulo de entradas analógicas a un valor real, el cual es multiplicado por una pendiente, para obtener la equivalencia según el tipo de sensor que se está simulando.

Las alarmas de niveles mínimos son rutinas que detectan o comparan un valor. Este valor es el valor leído del módulo de entradas analógicas y luego convertido y almacenado en la memoria del *PLC*. Si se desciende del nivel mínimo establecido para la máquina o línea sensada, el *PLC* activa un bit que se encarga de dar la orden al panel que active la pantalla de alarma.

Las alarmas de niveles fuera de rango siguen el mismo principio descrito anteriormente sólo que detectan dos niveles. Un nivel mínimo y un nivel máximo, es decir la alarma se activa si se sobrepasa del nivel máximo o se desciende por debajo del nivel mínimo.

6.2. Alcances y limitaciones.

El proyecto quedó en una etapa de simulación, luego de pasar por la etapa de diseño y programación. En lo que respecta a la etapa de diseño la lectura de manuales y hojas de datos fue de vital importancia, ya que el tipo de conexión de los sensores y la conexión de los dispositivos a usar solamente se encuentra en éstos.

La etapa de diseño concluyó satisfactoriamente, donde además se debe tener en cuenta que el equipo utilizado en el diseño fue cotizado junto al equipo de otros proveedores.

En la programación y la simulación del sistema se tuvieron varias limitaciones. Entre ellas están:

- El panel *TP070* sólo permite el uso de 64 variables. Esto produjo que se quitara la alarma de falta de fluido eléctrico en la membrana de ósmosis inversa. Es importante recordar que el panel cotizado es el panel *TP170A*, el cual tiene más capacidad que el usado en la simulación del sistema.

- Entre el equipo prestado por Siemens solo se facilitó un módulo de entradas analógicas *EM235*, el cual tiene 4 entradas analógicas. Al tener cada módulo un número máximo de 4 entradas analógicas, el número máximo de sensores que se podían simular al mismo tiempo era de 4 también, lo cual provocó que se tuvieran dos programas. Uno donde aparecieran los seis sensores juntos a simular, con la limitante que solo se podían observar los primeros cuatros sensores ya que los otros dos sensores solo se podrían observar si se hubiera contado con otro módulo de entradas analógicas. En el otro programa quedaron solamente los dos últimos sensores que no pudieron ser simulados en el primer programa.
- Otra de las limitantes encontradas fue la cantidad de pantallas que se podían configurar en el panel. En este caso fueron de 30 pantallas como máximo, donde se utilizaron 27 de éstas para el desarrollo del proyecto. Aunque se debe tener en cuenta que el panel cotizado para el proyecto tiene mucho más cantidad de pantallas que el panel utilizado en la simulación.

Uno de los aciertos más importantes en el proyecto fue el uso del panel *TP070* junto con el *CPU 224*. Esto ya que este panel es un panel diseñado para ser usado con la familia *S7-200*, de la compañía Siemens. Así la comunicación y programación de los mismos fue mucho más fácil que si se hubiera usado un equipo de diferentes proveedores.

Otro de los aciertos en el proyecto fue haber realizado una comparación de los precios y facilidades que brindaba cada proveedor. Esto con el fin de escoger el tipo de equipo a usar en el diseño, la programación y la misma simulación.

CAPÍTULO 7
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones.

7.1 Conclusiones.

- a)** La parametrización permite modificar los rangos de sensado sin tener que modificar el programa principal del CPU del PLC.
- b)** Un sensor ultrasónico es el adecuado a utilizar cuando se requieren sensar niveles en fluidos no conductores.
- c)** En aplicaciones donde se necesitan comunicar dispositivos a largas distancias (más de 90 m), es conveniente utilizar un cable de red tipo PROFIBUS-DP.
- d)** El uso de sensores analógicos permite un mejor monitoreo del estado del flujo, que con el uso de sensores digitales.
- e)** La parametrización se utiliza en aplicaciones donde se necesitan sensores que permitan cambiar los rangos de medición.
- f)** La capacidad de almacenaje de variables del panel TP070 es relativamente baja comparada con la capacidad de memoria del CPU 224.
- g)** La simulación de sensores es posible mediante la conversión de entero a un número real y luego multiplicando el número real obtenido, por una constante.
- h)** Cuando se desactiva un bit en el panel TP070 se debe desactivar también en el CPU mediante una instrucción de reset.
- i)** El uso de las barras en el TP070, permite el monitoreo constante del estado de una entrada analógica.

7.2 Recomendaciones.

- a.** En sistemas donde se requiere un suministro de corriente sin interrupciones es conveniente utilizar un supresor de picos junto con una U.P.S.
- b.** En la colocación de sensores de presión de aire y vacío (presión absoluta), es recomendable ubicarlos en puntos donde la pérdida de presión es mínima.
- c.** En sistemas donde se tienen motores es importante utilizar los contactores de la máquina para cualquier señal de control y si éstos se encuentran ya ocupados colocar contactores auxiliares.
- d.** La distancia máxima para comunicar dos dispositivos digitalmente usando un cable de comunicaciones debe ser de 90 m.
- e.** Se debe realizar una rutina de visualización del momento en que se activó una alarma, es decir si se quiere saber cuantas veces se activó determinada alarma en una semana. Esto con el fin de monitorear el tiempo de fallo de una máquina o línea de fluido, y además para tener un registro de las alarmas.
- f.** Se debe implementar una rutina que avise mediante una alerta que el tiempo de mantenimiento preventivo de una máquina ha transcurrido.
- g.** En la etapa de implementación es recomendable usar un gabinete para colocar el *PLC* y demás conexiones.
- h.** El tipo de cable a usar en la implementación del proyecto debe ser cable de control o cable tipo 14AWG o 16 AWG.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.

1. Siemens, **S7-200 Programmable Controller Manual**; Siemens Energy & Automation, INC, 1999.
2. Siemens, **Touch Panel TP-170A Equipment Manual**; Siemens Energy & Automation, INC, 1999.
3. Siemens, **Low Voltage Control System Bero Sensors.**, www.ad.siemens.de, 2001.
4. Siemens, **SITRANS P Catálogo. pdf**, www.ad.siemens.de, 2001.
5. Siemens, **SONAR-BERO Catálogo.pdf**, www.ad.siemens.de, 2001.
6. U.S. Filter, **KF simplex softner with 1" or 1 1/2" valve.** Página 7.
7. Siemens, **Especificaciones del CPU 224 AC/DC/Relay.** Siemens Energy & Automation, INC, 1999. Páginas A16-A20.
8. Siemens, **Especificaciones del cable de expansión de entradas / salidas.** Siemens Energy & Automation, INC, 1999. Página A29.
9. Siemens, **Especificaciones del cable PC/PPI usado para cargar el programa al CPU y al panel.** Siemens Energy & Automation, INC, 1999. Página A30.
10. Siemens, **Especificaciones del panel a usar** Siemens Energy & Automation, INC, 1999.
11. Siemens, **Especificaciones del módulo de entradas analógicas EM-235** Siemens Energy & Automation, INC, 2000 Páginas A69-A76.

APÉNDICES

Apéndices.

Apéndice 1: Sensores usados en el proyecto.

Transmisor de Presión

Sitrans P



Figura A1. 1 Foto del sensor de presión SITRANS P, a usar en las líneas de aire, nitrógeno y LOW PRESSURE.

Transmisor de Presión Absoluta (Vacío)

Sitrans P



Figura A1. 2 Foto del sensor de presión absoluta SITRANS P, a usar en la línea de vacío.

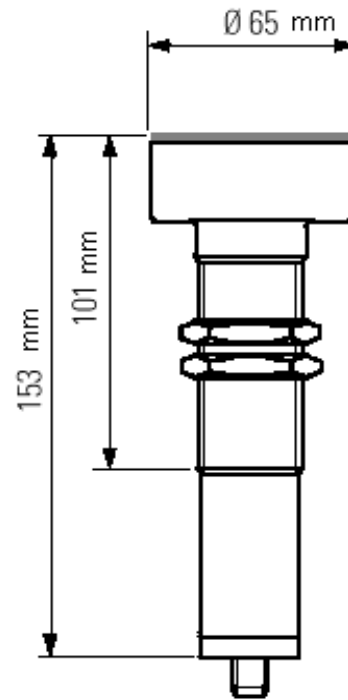
3RG61 15



3RG61 14



3RG6□14-



3RG6□15-

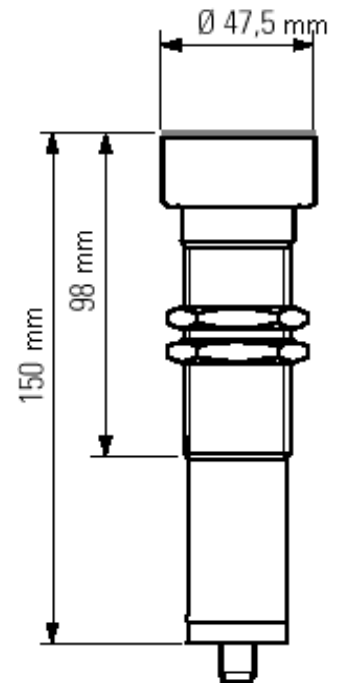


Figura A1. 3 Sensores Ultrasónicos para medir el nivel de llenado del tanque de agua potable y el de agua desionizada.

Apéndice 2: CPU AC/DC/RELAY.

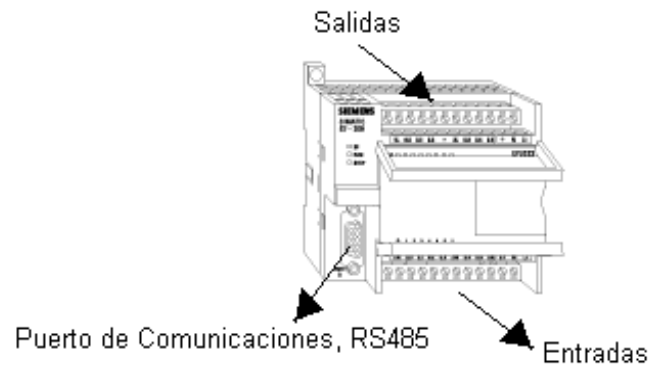


Figura A2. 1 Ubicación de las Salidas, Entradas y el Puerto de Comunicaciones en el CPU 224. AC/DC/Relay.

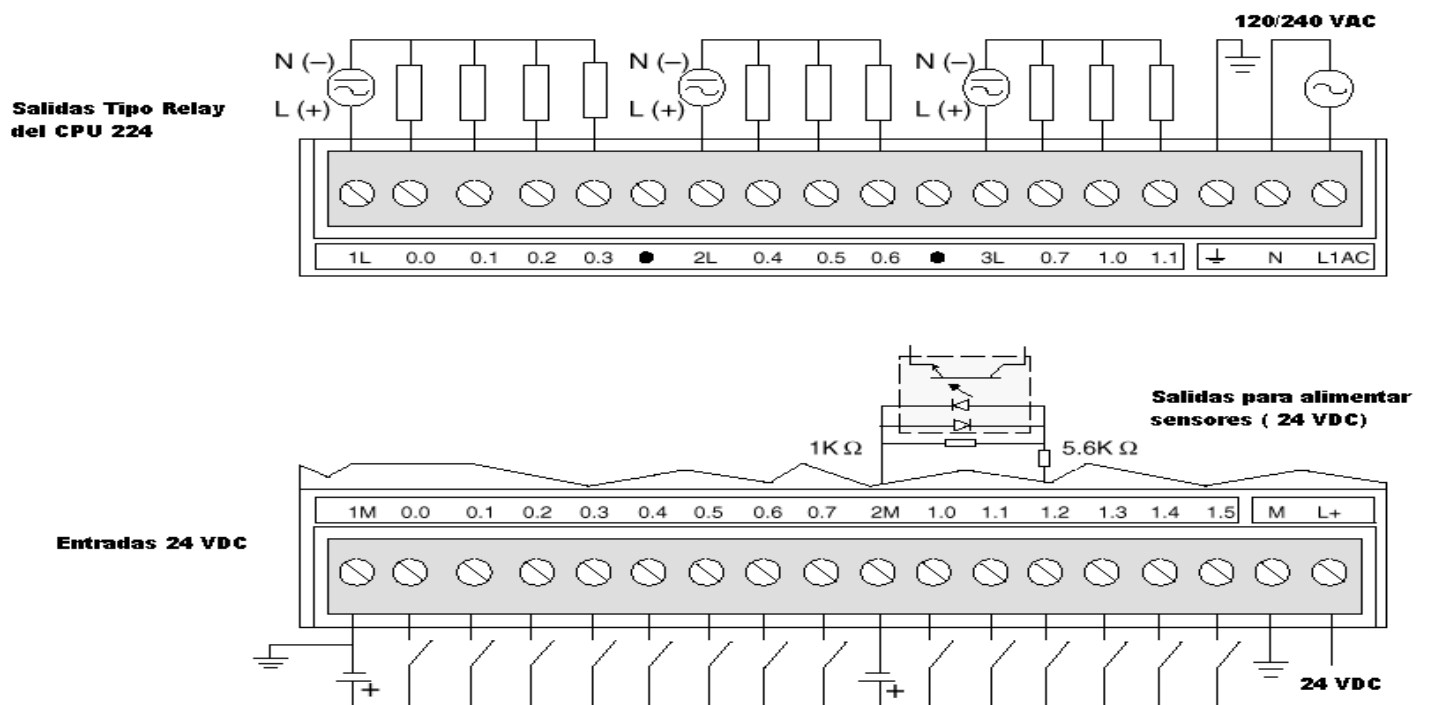


Figura A2. 2 Diagrama de las conexiones de las entradas y salidas del CPU 224.

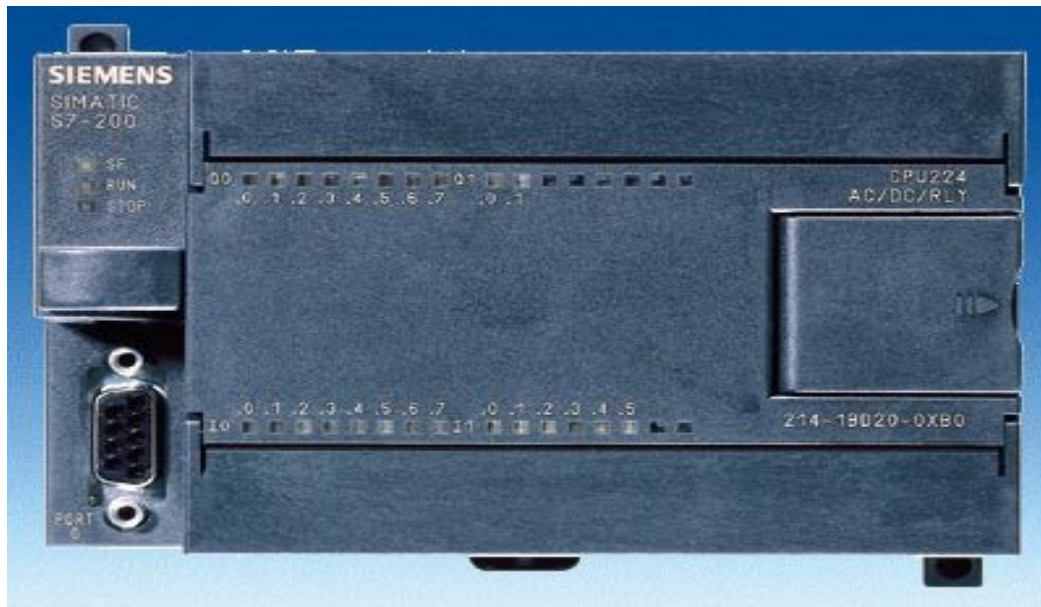


Figura A2. 3 Foto frontal del CPU 224.

Apéndice 3: Módulo de expansión de entradas analógicas (EM235).

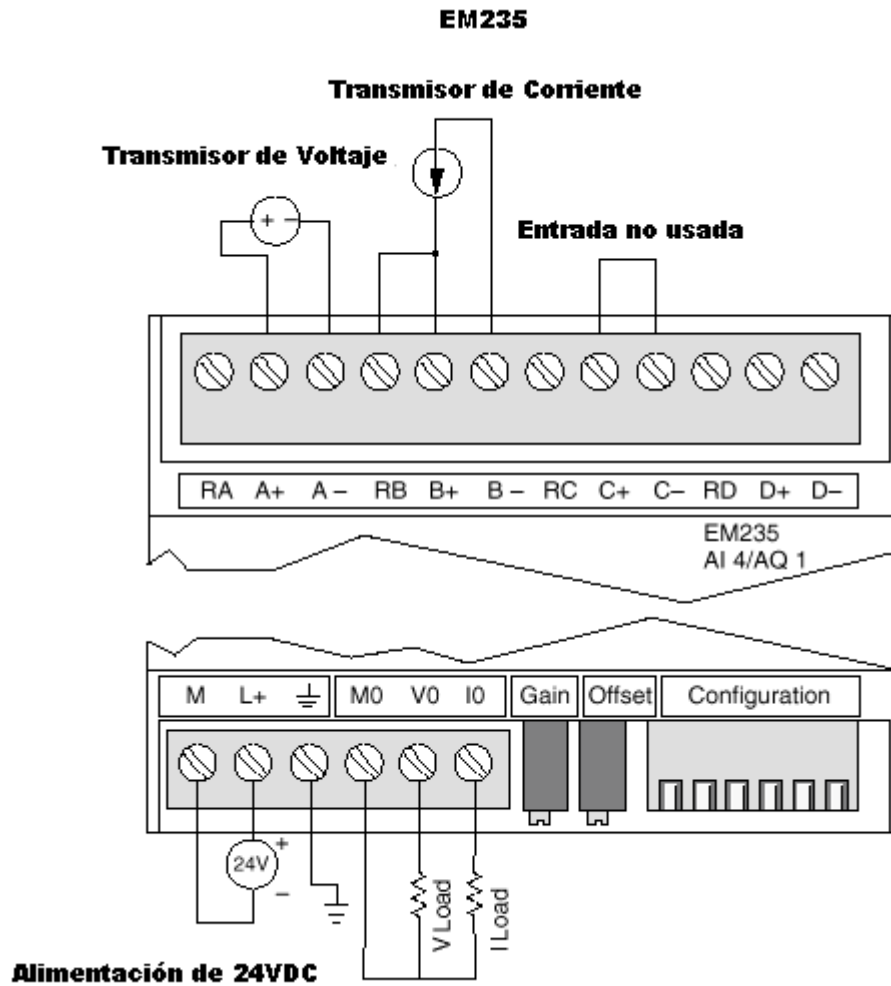


Figura A3. 1 Diagrama de las conexiones de las entradas y salidas del EM235.

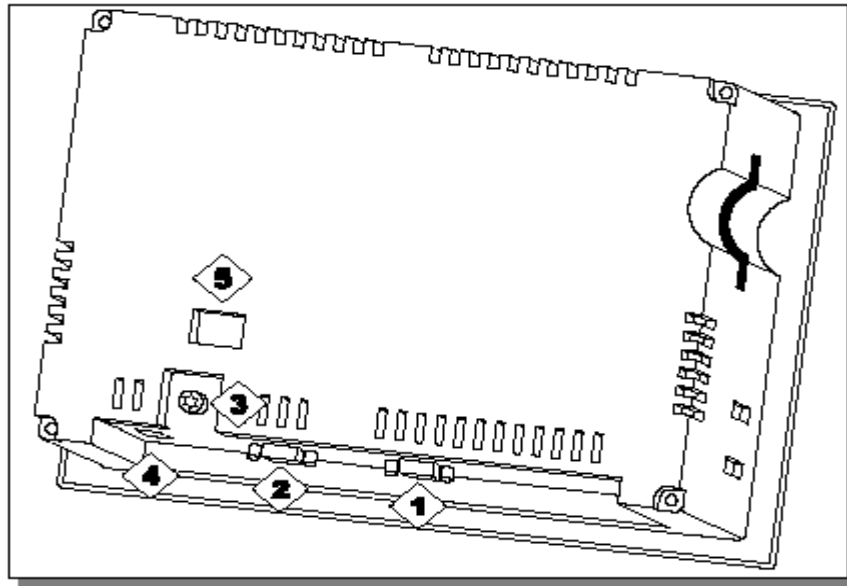


Figura A4. 3 Arreglo de las conexiones de elementos en el Panel de Operador TP 170A.

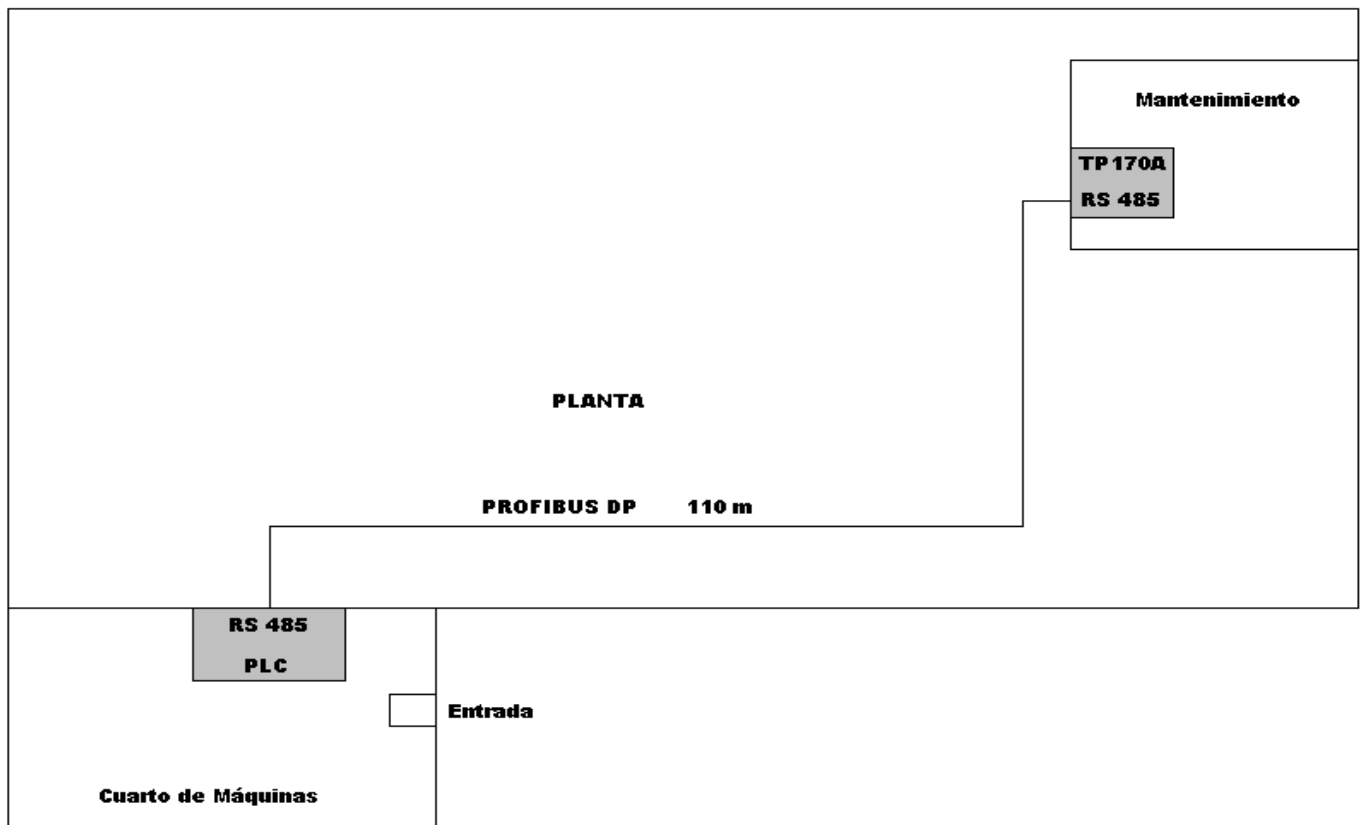


Figura A4. 4 Conexión entre el TP170A y el CPU 224 AC/DC/RELAY

Software usado en la elaboración de cada figura.

- Figura 4.1. Software usado: **Paint.**
- Figura 4.2. Software usado: **Paint.**
- Figura 4.3. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura 4.4. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura 4.5. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura 4.6. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura 4.7. Software usado: **Paint.**
- Figura 4.8. Software usado: **Paint.**
- Figura 4.9. Software usado: **Paint.**
- Figura 4.10. Software usado: **Paint.**
- Figura 5.1. Software usado: **STEP7-Microwin+Paint.**
- Figura 5.2. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.3. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.4. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.5. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.6. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.7. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.8. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.9. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.10. Software usado: **Toolbox+Paint.**
- Figura 5.11. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.12. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.13. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.14. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.15. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.16. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.17. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.18. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.19. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura 5.20. Software usado: **Visio 2.0.**
- Figura A1.1. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A1.2. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A1.3. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A2.1. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A2.2. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A2.3. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A3.1. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A4.1. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A4.2. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A4.3. Software usado: **HTML+Paint.**
- Figura A4.4. Software usado: **Paint.**