

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



**DISEÑO DE UN CONTROLADOR UTILIZANDO OPLC EN MÁQUINA COLECTORA
DE POLVO PARA AHORRO DE RECURSOS INDUSTRIALES Y REDUCCIÓN DE
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN CEMENTERA MIXERCON**

**TEMA DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

DANTE RAÚL RIVERA CHUMPITAZ

**Villa El Salvador
2015**

DEDICATORIA

A mi madre, ya que me ha apoyado no solo en la carrera universitaria sino durante toda la vida, dándome amor, cariño, comprensión, haciendo sacrificios para que esté bien, y aun así, a pesar del estado de salud que se encuentra, me sigue apoyando.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las personas que colaboraron en la realización de este trabajo, a mi asesor por sus acertadas guías e instrucciones, y las que me brindaron su apoyo a lo largo del estudio universitario

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD POBLEMÁTICA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.5. OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	6
2.2.1. Operador panel + PLC (OPLC).....	6
2.2.2. Área de recolección de polvo	11
2.2.3. Sistema de limpieza de filtros de mangas	11
2.2.4. Interpretación del valor de la presión diferencial	16
2.2.5. Medios de transmisión de datos	17
2.2.6. Modos de transmisión de datos.....	19
2.2.7. Protocolos.....	20
2.2.8. Interfaces de comunicación industrial.....	21
2.2.9. NIVELES DE INTEGRACIÓN INDUSTRIAL	22
2.2.10. Field bus.....	24
2.2.11. Lazo de corriente 4-20mA	29
2.2. MARCO CONCEPTUAL	31

CAPÍTULO III	
DISEÑO DE CONTROLADOR UTILIZANDO OPLC EN MÁQUINA COLECTORA DE POLVO	36
3.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA	36
3.2. FILOSOFÍA DE CONTROL.....	38
3.2.1. Funcionamiento general del Sist. De Recuperación de polvo	42
3.2.2. Funcionamiento del Sistema de control de Limpieza de los filtros ...	44
3.2.3. Diagrama de flujo	47
3.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE CONTROL.....	48
3.4. CONEXIONADO A MÓDULOS I/O DEL OPLC	50
3.5. DIRECCIONAMIENTO DE I/O A TRAVÉS DEL SOFTWARE U90 LADDER	53
3.6. ESCALADO SEÑAL ANALÓGICA.....	55
3.7. PARÁMETROS CONFIGURABLES EN EL OPLC DESDE EL HMI	58
3.7.1. Pantalla “Principal”	58
3.7.2. Pantalla “Tiempos”	59
3.7.3. Pantalla “Set Point Sensor de presión”	60
3.8. PROGRAMACIÓN DEL OPLC	62
3.9. REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS	66
CONCLUSIONES	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	72
Anexo 01. TABLA DE LETRAS DE IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS	72
Anexo 02. DATOS TÉCNICOS OPLC JZ10-11-T40.....	73
Anexo 03. DATOS TÉCNICOS TRANSMISOR APLISENS APR-2000ALW .	74
Anexo 04. DATOS TÉCNICOS CABLE DE INSTRUMENTACIÓN.....	75

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2. 1. Módulos que el OPLC integra.	7
Figura 2. 2. OPLC montaje en riel DIN.....	9
Figura 2. 3. Elementos de un colector de polvo.	13
Figura 2. 4. Modos de transmisión de datos.	19
Figura 2. 5. Niveles de integración industrial	22
Figura 2. 6. Modo de unidifusión	27
Figura 2. 7. Modo Broadcast.....	28
Figura 2. 8. Esquema básico de un lazo de corriente 4-20mA.....	29
Figura 2. 9. Conexión de transmisor a dos hilos	30
Figura 2. 10. Conexión de transmisor a tres hilos	30
Figura 2. 11. Conexión de transmisor a cuatro hilos	31
Figura 3. 1. Diagrama de bloques de un controlador.....	39
Figura 3. 2. Diagrama de bloques de un sist. en lazo cerrado	41
Figura 3. 3. Diagrama P&ID Sist. Recuperación de polvo.....	42
Figura 3. 4. Diagrama de tiempos permanencia e intervalo	45
Figura 3. 5. Arquitectura general del sistema de control.....	48
Figura 3. 6. Conexionado de entradas como NPN.....	50
Figura 3. 7. Conexionado de entradas como PNP	51
Figura 3. 8. Conexionado de salidas digitales.....	52
Figura 3. 9. Conexionado de entradas analógicas	52
Figura 3. 10. Selección de OPLC JZ10-11-T40	53
Figura 3. 11. Direccionamiento de entradas digitales	54
Figura 3. 12. Direccionamiento de salidas digitales	54
Figura 3. 13. Direccionamiento de entrada analógica 4-20mA.....	55
Figura 3. 14. Escalamiento de entrada analógica 4-20mA.....	56
Figura 3. 15. Variables "SI" asociadas a linearización	57
Figura 3. 16. Programación en lenguaje Ladder del escalamiento analógico ...	57
Figura 3. 17. Pantalla principal.....	58
Figura 3. 18. Pantalla "Tiempos"	59
Figura 3. 19. Pantalla "Set Tiempos"	60

Figura 3. 20. Pantalla “Set Point sensor de presión”	60
Figura 3. 21. Pantalla “Rango Presión Dif.”	61
Figura 3. 22. Parametrización variable MI80	62
Figura 3. 23. Lectura de estado de pulsadores Start/Stop	63
Figura 3. 24. Ejecución de alarma por valor de presión no segura	64
Figura 3. 25. Secuencia de temporización	65
Figura 3. 26. Reseteo de contador MI0	65
Figura 3. 27. Activación de salidas según valor del contador MI0	66
Figura 3. 28. Prueba de cambio de rangos de presión diferencial	67
Figura 3. 29. Prueba generando corriente de 20mA	67
Figura 3. 30. . Prueba modificación de tiempos intervalo y permanencia	68

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2. 1. Características de los medios de transmisión guiados.....	18
Tabla 2. 2. Requerimiento para los diferentes niveles de automatización	24
Tabla 3. 1. Equipos e instrumentos seleccionados	49

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación lleva por título “Diseño de controlador utilizando OPLC en maquina colectora de polvo para ahorro de recursos industriales y reducción de contaminación ambiental en cementera Mixercon” para optar el título de Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones, presentado por el alumno Dante Raúl Rivera Chumpitaz.

En primer lugar, se describe la realidad problemática observada. Ya que en Agosto del 2013 se desarrolló un proyecto de implementación de dos ensacadoras en la planta cementera de MIXERCON, se observó que podría reducirse deficiencias en el área de recolección de polvo.

En el presente informe se presenta propuesta de usar un controlador programable, en este caso un controlador de gama baja OPLC Unitronics, buscando reducir las deficiencias (posteriormente mencionadas a lo largo del presente informe), aumentar prestaciones de monitoreo y control, seguridad para el personal de la planta; ya que inhalar polvo, incluyendo partículas suficientemente pequeñas (menos de un micrón) para ser consideradas humos, es dañino a pesar de que el cuerpo humano tiene diferentes mecanismos naturales de defensa. Como resultado, cualquier equipo dentro de la planta que produzca polvo en el área de trabajo deberá conectarse a un sistema apropiado de control de polvos.

La estructura que se ha seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El primer capítulo comprende el planteamiento del problema, el segundo capítulo comprende el desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD POBLEMÁTICA

En Agosto del 2013 se realizó la fabricación y posteriormente la implementación del área de ensacado de cemento a granel, dentro de la planta MIXERCON.

Ya realizado todo el montaje, cableado y conexionado de motorización e instrumentación, se procedió a realizar las pruebas del proceso. Se observó que podría reducirse deficiencias en el área de recolección de polvo, constituida por dos máquinas electromecánicas llamadas Colectores de Polvo, cada colector de polvo incluye ocho filtros de mangas. La limpieza de éstos filtros se hace a través de dos tableros de control (uno para cada colector de polvo). Los tableros de control incluyen una tarjeta electrónica (secuenciador electrónico basado en contadores digitales y TRIAC's como dispositivo de accionamiento) que controla las electroválvulas encargadas de inyectar, por un pequeño periodo de tiempo, aire y limpiar los filtros de mangas. Esta tarjeta electrónica no es capaz de integrarse a los PLC ubicados en la sala de control, ni puede ser monitoreada a través del sistema SCADA ya que no cuenta con

módulos de comunicación industrial, otras de las desventajas es que no incorpora un sensor de presión diferencial con lo cual no puede medir diversos parámetros y mantiene las electroválvulas tipo diafragma encendidas a través de pulsos constantemente, desperdiciando así recursos industriales como es el aire de instrumentación (proporcionado por compresora) y energía eléctrica.

Es por ello, se presenta propuesta de diseñar un controlador utilizando un equipo programable, OPLC Unitronics, buscando reducir las deficiencias con respecto al secuenciador electrónico antes mencionado además de aumentar prestaciones de monitoreo y control.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los filtros de mangas de los colectores de polvo poseen un sistema de limpieza denominado Pulse Jet, la inyección del aire comprimido se hace a través de electroválvulas tipo diafragma, las cuales serán controladas por un programador electrónico, lo que otorga al sistema un mayor grado de efectividad, en caso de no contar con el controlador electrónico se produciría la saturación de los filtros de mangas con el polvo recuperado del proceso, para lo cual impide que la máquina colectora de polvo opere eficientemente. Ya que éste se encarga de la separación de dispersoides en los gases, mejorando la calidad del aire de ciertos procesos antes de regresarlo al medio ambiente.

Además, el sistema de control de polvos puede disminuir los costos de producción, ya que puede recuperar producto (en este caso: cemento a granel), y regresarlo al proceso o utilizarlo para obras internas, y poder justificar la optimización ó instalación del sistema. Se mejoraría la calidad del aire en el ambiente de trabajo. También se reduciría el mantenimiento de los equipos capturando el polvo que causa fallas o mal funcionamiento en componentes eléctricos o electrónicos, excesivo desgaste o fallas de otros equipos.

El sistema de control para la recolección de polvo puede reducir la posibilidad de que la empresa pueda ser multada por no cumplir con las normas establecidas para el mejoramiento de la calidad del aire.

1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- **Espacial:** Se realizará en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur (UNTELS)
- **Temporal:** Comprende el periodo ABRIL 2014 hasta AGOSTO 2014

1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible realizar un diseño utilizando OPLC Unitronics para mejorar la eficiencia en la máquina colectora de polvo ahorrando recursos industriales y por lo tanto disminuir la contaminación ambiental?

1.5. OBJETIVOS

Objetivos Generales:

Realizar un diseño óptimo de controlador utilizando OPLC de bajo costo, para mejorar la eficiencia en la máquina colectora de polvo de tal manera que se pueda ahorrar recursos industriales y disminuir la contaminación ambiental.

Objetivos Específicos:

- Mejorar la calidad del aire en el ambiente de trabajo, reduciendo enfermedades ocupacionales en los trabajadores.
- Reducir el mantenimiento de los equipos capturando el polvo que causa fallas o mal funcionamiento en componentes eléctricos ó electrónicos.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

A lo largo de la investigación, se encontraron tesis que sirvieron de ayuda para el presente trabajo, entre ellas están:

- Oscar D. (2010-Guayaquil/Ecuador), éste estudio tiene como objetivo fundamental evaluar las condiciones de operación del Filtro de Mangas de la FIMCP y que servir como banco de pruebas experimentales a los alumnos de la Especialización de Medio Ambiente de la Facultad, para lo cual se le han hecho mejoras mecánicas y tecnológicas, y que, a través de la automatización de su funcionamiento pueda ser más eficiente y capaz de evaluar los parámetros involucrados en el diseño de cualquier combinación tela- polvo para la filtración de aire. Donde concluye que el PLC cumple de manera muy satisfactoria los procedimientos experimentales requeridos en las pruebas además de que es muy versátil, puesto que no está sujeto a un solo valor de

los tiempos de agitación y mezcla, tiempos de filtración y de limpieza, activación de la electroválvula, sino según lo requiera el usuario.

-Edwin F. (2008, Piura/Perú), "Mejoras en la eficiencia de los colectores de polvo tipo Jet Pulse y precipitador electrostático", donde concluye que para el cálculo del tipo de filtro de mangas, es mejor el sistema electro neumático Pulse Jet utilizando un controlador secuencial y no uno con limpieza por sacudido mecánico o aire a la inversa. Esto se debe a que una relación aire-tela mucho más grande genera costos de compra del equipo más bajos y, a su vez, costos anuales más bajos.

-Carlos Santos Gallegos (2011, Querétaro/México); "PROGRAMACION Y MANTENIMIENTO A COLECTOR DE POLVO, cuyo trabajo concluye que el nivel de automatización con el PLC Logo permite obtener una mayor eficiencia en la colección de partículas y polvos, por consiguiente se genera una buena filtración de gases. La automatización de equipos así como la incorporación de instrumentación con equipos de tecnología de punta genera grandes beneficios ya que en conjunto proporciona una mejora en los controles de proceso y mantenimiento de equipos utilizados en el control y medición de la contaminación ambiental.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Operador panel + PLC (OPLC)

El OPLC es la integración de un PLC y una interfaz hombre-máquina (HMI) como un solo equipo (Figura 2.1), haciéndolo así un controlador más compacto, pequeño, eficiente y además muy económico. Esta generación de PLC's, llamados controladores "no ciegos", fue lanzada al mercado en el año 2000 por la empresa israelita Unitronics, quien tradicionalmente proveía de tecnología electrónica para tanques y misiles del ejército de su país lo cual da una buena idea de la resistencia que puede ser probada en estos equipos, así como de lo sofisticado que puede ser el producto de este fabricante.



Figura 2. 1. Módulos que el OPLC integra.

Los PLC's usualmente son equipos "ciegos" que requieren de un HMI externo, un handheld o elementos externos de maniobra tales como pulsadores, luces piloto, contadores y temporizadores, para que los operarios puedan interactuar con el PLC y el programa contenido en el mismo. Lo determinante es que todo eso puede pasar a ser historia cuando se trabaja con un OPLC, ya que de igual manera que las costosas interfaces hombre-máquina (HMI), con el HMI que integra el OPLC se puede diseñar displays múltiples, donde el operario puede interactuar con el PLC y manejar el sistema, máquina o proceso industrial.

El suministro de todos los modelos OPLC incluye el software de programación del PLC, en castellano, en ambiente Windows (98,2000, XP), totalmente orientado a objetos donde no es necesario conocer o memorizar previamente, como se denominan los I/O, ya que el propio software lo hace por nosotros; además, este paquete es el mismo que se usa para el diseño de los displays de la HMI, utilizando la misma base de datos, lo cual es algo único y que demuestra lo integrado que es el concepto del OPLC. Estas características reducen significativamente el tiempo de desarrollo, elimina errores de transcripción y por ende cuesta menos horas y menos dinero en ingeniería de programación.

Características generales de los OPLC marca UNITRONICS:

- Manejo de entradas y salidas discretas clásicas de todo PLC.
- Manejo de entradas de velocidad hasta 10 kHz.
- Manejo de salidas de alta velocidad de hasta 5Khz para control PWM.
- Instalable en el frente del Tablero en formatos estándar como el M90 que viene en formato de 1/4 DIN (ver Figura 2.2)
- Uno o dos puertos seriales de entrada RS-232.
- Posibilidad de integrarlos en redes de hasta 63 OPLC's vía CANBUS
- Maneja entradas y salidas analógicas (-10 a 10 V, 0-5 V, 0/4-20mA)
- Disponible modelos con entrada para Termopares.
- Expandibles hasta 64 o 128 I/O según la familia.
- Incluye 4 u 8 lazos PID por OPLC según el modelo.
- Series con posibilidad de configurar 2do. puerto serial a MODBUS.
- HMI con capacidades de texto y números en las familias pequeñas (M90 y M91) y con capacidades gráficas, animaciones y teclas funcionales en las familias superiores (Visión 230, 260 y 120). Posee su propia biblioteca de gráficos, pero es posible desarrollar propias gracias a que la pantalla gráfica es de formato libre y permite insertar imágenes desarrolladas por el usuario.
- Acceso remoto vía modem externo convencional o vía modem inalámbrico celular GSM pudiendo intercambiar mensajes en protocolo estándar SMS.
- Protegido contra ambientes húmedos y hostiles gracias a su frontal tipo membrana.

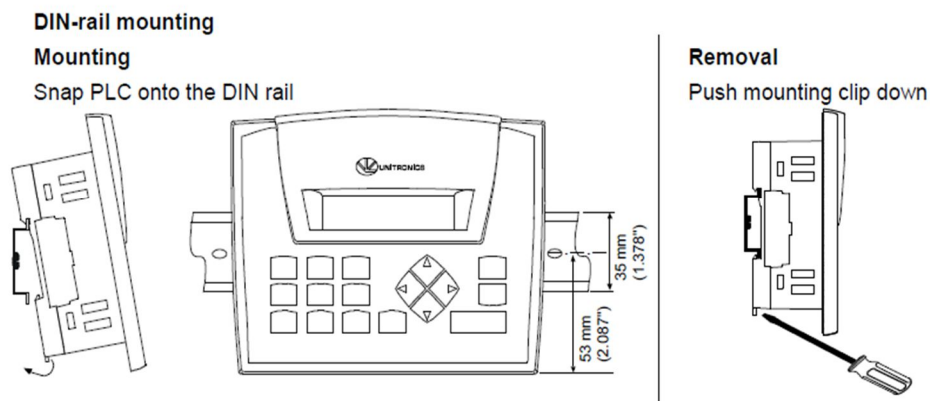


Figura 2. 2. OPLC montaje en riel DIN

Para la realización del proyecto se eligió el OPLC modelo JZ-11-T40, ya que cuenta con los requisitos suficientes que demanda nuestro proceso. A continuación se detallan sus características técnicas:

-Fuente alimentación

Entrada de voltaje (Power supply): 24vDc

Rango permisible: 20.4vDc a 28.8vDc

Máxima corriente de consumo: 170mA a 24vDc

Potencia de consumo: 3w

-Entradas digitales

Número de entradas: 18 entradas (Entradas I0-I15 están dispuestas en un solo grupo. Vía cableado, todo el grupo se puede establecer en PNP o NPN. Las entradas I16-I17 se pueden configurar como entradas analógicas. Las entradas I0-I1 pueden funcionar también como contador de alta velocidad o como entrada digital estándar dependiendo la configuración mediante programa.

-Salidas digitales

Número de salidas: 20 salidas tipo transistor pnp

Tipo de salidas: P-Mosfet (drenador abierto)

Corriente salida: 0.5A por salida

Frecuencia máxima: 50hz

Protección contra cortocircuitos: Si

Voltaje de alimentación: 20.4 a 28.8vDc

-Entradas analógicas

Número de entradas: 4 (AN0, AN1, AN2 y AN3)

Rango de entradas: AN0 y AN1: 0-20mA / 4-20mA; AN2 y AN3: 0-10vDc

Impedancia de entrada: AN0 y AN1: 154 Ω ; AN2 y AN3: 20k Ω

Aislamiento galvánico: Ninguno

Método de conversión: Aproximación sucesiva

Tiempo de conversión: 20ms

Precisión: $\pm 3\%$

Longitud de cable entrada: Arriba de 30m, el cable deberá ser trenzado/apantallado.

-Display

Tipo: STN LCD

Iluminación display: amarillo/verde, controlado por software

Tamaño de display: 2 líneas x 16 caracteres

-Programación

Memoria para código Ladder: 24k

Tiempo de ejecución: 46usec por bit de operación

Número de bobinas: 256

Timers: 64

HMI display: controlador HMI muestra 60 pantallas diseñadas por el usuario

-Comunicación

GSM: Puedo enviar SMS hasta 6 números de teléfono para acceso remoto.

Modbus: Soporta protocolo Modbus master-esclavo

2.2.2. Área de recolección de polvo

La recolección de polvo se ocupa de la separación de dispersoides de sólidos en los gases, básicamente los colectores de polvo tienen dos funciones principales:

-ECOLÓGICAS:

1. Eliminación de riesgos contra la seguridad o la salud; como en la recolección de polvos silíceos y metálicos, en las cercanías de equipos de trituración y perforación; en algunas operaciones metalúrgicas y producción a granel que se desprenden al efectuarse operaciones de molienda o embolsado.
2. La razón primordial es cumplir con las normas que actualmente están siendo aplicadas a todas aquellas industrias que generen contaminación ambiental. Parte de estas normas están orientadas a mejorar la calidad del aire en el sitio de trabajo, de tal forma que los trabajadores pueden realizar sus funciones productivamente y con seguridad. Estas normas afectan cada parte de la planta que genera polvo, incluyendo áreas que no son de producción como lo son empaque y embarque.

-DE PROCESO:

1. Mejoramiento de la calidad del producto; como en la limpieza o la purificación del aire en la producción de artículos farmacéuticos y películas fotográficas.
2. Recuperación de un producto valioso; como en la recolección de polvos de secadores y fundidores. Recolección de productos en forma de polvo; como en el transporte neumático, la desecación por rocío de leche, huevos y jabón, en la elaboración de óxido de zinc y negro de humo o carbón de alta pureza.

2.2.3. Sistema de limpieza de filtros de mangas

Los filtros del colector de polvos deben ser periódicamente limpiados debido a que las partículas se acumulan en la superficie del filtro formando un "filter

cake", cada vez que se forma el "cake", se incrementa la resistencia del flujo de aire a través de los filtros. A menos que los filtros sean limpiados, la resistencia al flujo puede aumentar hasta un punto donde es demasiado alto a través del sistema de control de polvo y el colector pierde eficiencia súbitamente llegando a no capturar el polvo.

El sistema de limpieza de un colector de polvo se encuentra instalado en el cuerpo del colector (ver Figura 2.3.), éste sistema usualmente consiste de:

- Válvulas solenoides (diaphragm valve) y tubos sopladores (blowtube): por donde periódicamente se pulsa aire comprimido hacia el lado limpio de los filtros e induce una expansión rápida de los filtros para desprender las partículas colectadas de la superficie del lado sucio de los filtros.

- Secuenciador electrónico (Pulse controller): El sistema de limpieza de los filtros normalmente debe ser automático, con válvulas activadas dependiendo del valor transmitido por el sensor de presión diferencial.

- Compresora de aire(Compressed air supply): es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

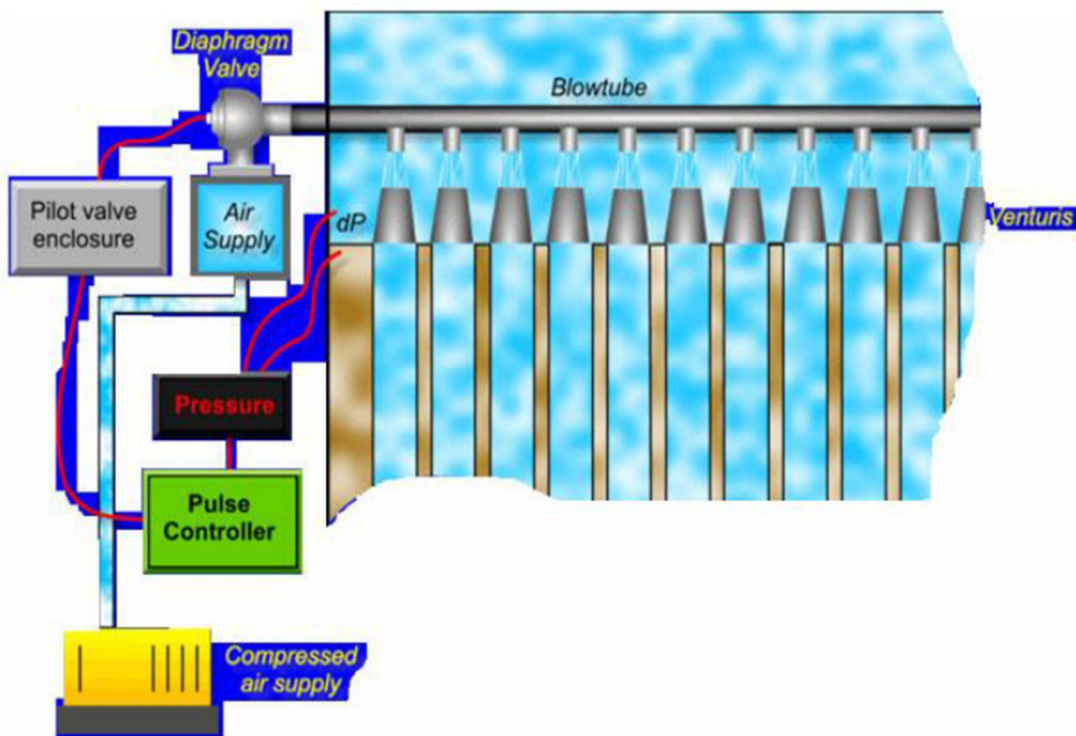


Figura 2. 3. Elementos de un colector de polvo.

-Tanque acumulador de aire (Air supply): Se debe tener en cuenta que el tanque de aire es el pulmón del sistema de limpieza, deben contener suficiente masa de aire a presión para proveer el flujo demandado. Si se cuenta con un tanque pequeño ocurrirá lo siguiente:

- Poca entrega de aire.
- Flujo no revertido.
- Operación de las válvulas poco fiable.

2.2.3.1. Cómo supervisar y mantener el buen funcionamiento del filtro

Tanto el colector de polvo como el filtro requieren de supervisión periódica y de mantenimiento. Si se han especificado, seleccionado e instalado propiamente bajo condiciones normales probablemente se puede lograr una vida útil de la manga filtrante de 5 años o más.

Bajo condiciones normales de operación, fácilmente se puede determinar cuándo cambiar los filtros revisando regularmente la caída de presión a través de la manga filtrante y midiendo la eficiencia de filtración.

Con un filtro nuevo, en el arranque, la caída de presión a través de la manga es alrededor de 1 pulgada de columna de agua (wg) al flujo establecido del colector. Como las partículas se van colectando sobre la manga, la caída de presión se incrementa.

Periódicamente la limpieza del filtro reduce la caída de presión hasta la establecida en el sistema de limpieza. Pero con el tiempo, las partículas llegan a incrustarse en la manga filtrante e incrementan la resistencia al flujo de la misma. Aunque se continúe limpiando los filtros, el setpoint más bajo colocado originalmente en el ciclo de limpieza del filtro se incrementará lentamente. En un punto, éste incremento ocurrirá rápidamente, lo cual significa que el filtro comenzó a ocluirse y necesita ser reemplazado.

En un colector de polvos se puede medir la eficiencia de filtración con un muestreo periódico de las partículas en la corriente a la entrada del colector y a la salida de éste. También se puede utilizar un detector de bolsas rotas para continuar revisando las emisiones del colector de polvos.

2.2.3.2. Problemas en los colectores de polvo

Un colector propiamente seleccionado y especificado operará con muy poco mantenimiento y ofrecerá alta disponibilidad de operación, esto es no se requerirá de paros o de servicios de limpieza extra en los filtros. Sin embargo si el colector de polvos tiene problemas se notará lo siguiente:

- Excesivas emisiones en la chimenea.
- Diferencial de presión alta o inestable.
- Acumulación de polvo en cuerpo de colector.
- Taponamiento de filtros.
- Fallas prematuras de filtros.

Después de las observaciones anteriores, también ocurren los siguientes problemas:

- La capacidad del colector es muy baja para la aplicación, de tal forma que la velocidad de filtración resulta muy alta provocando diferencial de presión inestable.

- El cuerpo del colector es muy pequeño para su aplicación, de tal forma que la velocidad es muy elevada, volviendo a capturar polvo en los filtros.

- El aire comprimido para la limpieza no tiene la presión mínima y permite taponamientos parciales de los filtros.

- El sistema de limpieza sobre limpia los filtros permitiendo excesiva emisión por chimenea.

- Condensaciones en las paredes del colector mezcladas con el polvo provocan acumulación del mismo en la tolva de descarga.

2.2.3.3. Criterios de temporización de accionamiento de electroválvulas

Se debe considerar la frecuencia de limpieza de los filtros así como la presión de aire inyectada ya que:

- 1.- Si la frecuencia o la presión es muy alta, los filtros pueden ser sobre limpiados, lo cual elimina mucho del "filter cake". Las bolsas dependen del "filter cake" para proporcionar una eficiencia de filtración alta. Si se desprende mucho del "filter cake", algunas partículas atravesarán los filtros reduciendo la eficiencia de filtración ya que las mangas serán penetradas.

- 2.- Si la frecuencia o la intensidad es demasiado baja, los filtros no se podrán limpiar completamente. Esto incrementará la resistencia del filtro y reducirá el flujo de aire a través del colector, disminuyendo la eficiencia en el control de polvo en las campanas del sistema.

La mayoría de los colectores son especificados para operar en forma continua con caídas de presión entre 0 y 500mmH₂O.

2.2.4. Interpretación del valor de la presión diferencial

La información del valor de caída de presión pueden decirnos mucho acerca de la condición de los filtros y de la condición y eficiencia de operación del sistema de control de polvo.

Posibles casos:

2.2.4.1. La caída de presión es menor de lo esperado:

Un diseño inapropiado o una mala fabricación están reduciendo el flujo de aire a través del sistema de control de polvo a un nivel menor al flujo de diseño. Se podría deber a:

- Pérdidas de aire en la ductería
- Bloqueo en alguna parte del sistema.
- Filtros mal instalados
- El exhaustor está trabajando sentido contrario.

2.2.4.2. La caída de presión inicial es mayor de lo esperado:

El diseño es inapropiado o una mala fabricación está incrementando el flujo de aire a través del sistema de control de polvo a un nivel mayor al flujo de diseño.

Posibles causas:

- Existe un bloqueo en el interior del colector
- Pérdidas de aire en la ductería.

2.2.4.3. Si la caída de presión se mantiene estable durante un tiempo satisfactorio y decrece rápidamente:

- Las bandas del exhaustor están sueltas o rotas
- Hay filtros rotos.
- No hay aire en la ductería.

2.2.5. Medios de transmisión de datos

Los medios de transmisión son el soporte físico a través del cual emisor y receptor pueden comunicarse. Se distinguen dos tipos de medios: guiados y no guiados. En ambos tipos la transmisión se realiza por medio de ondas electromagnéticas. Los medios guiados conducen (guían) las ondas a través de un camino físico, éstos medios son el cable coaxial, el par trenzado y la fibra óptica. Los medios no guiados dan un soporte para que las ondas se transmitan, pero no las dirigen; por ejemplo el aire y el vacío. La naturaleza del medio junto con la de la señal que se transmite a través de él constituye factores determinantes de las características y la calidad de la transmisión. En el caso de medios guiados, determinan principalmente las limitaciones de la transmisión: velocidad de transmisión, ancho de banda y espaciado entre repetidores. A continuación se describirán los medios de transmisión guiados:

-Cable Par Trenzado

Consiste en dos alambres de cobre aislados. Este par de alambres se entrelazan en forma helicoidal, de tal manera que reduce la interferencia eléctrica con respecto a los pares cercanos que se encuentran a su alrededor. Este tipo de cable trenzado se pueden utilizar tanto para transmisión analógica como digital, y su ancho de banda depende del calibre del alambre y de la distancia que recorre; en muchos casos pueden obtenerse transmisiones de varios megabits, en distancias de pocos kilómetros. Los cables por par trenzado son bastante usados tanto por su comportamiento y bajo costo.

-Cable coaxial

El cable coaxial consta de un alambre de cobre rígido en su parte central, el cual se encuentra rodeado por un material aislante. Este material aislante está rodeado por un conductor cilíndrico que frecuentemente se presenta como una malla de tejido trenzado. El conductor externo está cubierto por una capa de plástico protector. El cable coaxial permite el uso de gran ancho de banda y una excelente inmunidad al ruido. El ancho de banda que se puede obtener

depende de la longitud del cable. Se pueden utilizar cables con mayor longitud, pero se obtienen velocidades muy bajas. Los cables coaxiales se emplean ampliamente en redes de área local y para transmisiones de largas distancia del sistema telefónico.

-Fibra óptica

Un cable de fibra óptica consta de tres secciones concéntricas. La más interna, el núcleo, consiste en una o más hebras o fibras hechas de cristal o plástico. Cada una de ellas lleva un revestimiento de cristal o plástico con propiedades ópticas distintas a las del núcleo. La capa más exterior, que recubre una o más fibras, debe ser de un material opaco y resistente. Un sistema de transmisión por fibra óptica está formado por una fuente luminosa muy monocromática (generalmente un láser para transmisiones de largas distancias), la fibra encargada de transmitir la señal luminosa y un fotodiodo que reconstruye la señal eléctrica.

	Cable coaxial	Par trenzado			Fibra Optica
		UTP	FTP	STP	
Velocidad	10Mbps	100Mbps	100Mbps	100Mbps	1Gbps
Distancia	Fino: 200m Grueso: 500m	100m	110m	300m	2km a 40km
Inmunidad a interferencias electromagnéticas	Si, debido a su malla que se encuentra sobre el aislante	No, ya que no presenta una malla conductora conectada a tierra	Baja, debido a que solo hay un apantallamiento global y puede haber interferencias entre los	Si, porque presenta mallas en cada par trenzado y aparte un apantallamiento global para todos los cables	Si, porque las interferencias electromagnéticas no influyen ya que la fibra optica envia informacion mediante

Tabla 2. 1. Características de los medios de transmisión guiados

2.2.6. Modos de transmisión de datos

El modo de comunicación es la manera como dialogan los diversos elementos conectados en una red.

Comunicación simplex.- la transmisión simplex es aquella que ocurre en una sola dirección, no es posible confirmar la recepción. Normalmente la transmisión simplex no se utiliza donde se requiere interacción humano-máquina. Ejemplos de transmisión simplex son: La radiodifusión de TV y radio.

Comunicación Semi Dúplex.- La información fluye en ambas direcciones. Primero transmite un elemento y después que este ha finalizado, transmite el elemento que responde. Este es el modo de comunicación preferida para los elementos de campo en una red industrial.

Comunicación Dúplex.- La información puede ser transmitida y recibida simultáneamente. Un ejemplo es la conversación telefónica entre dos personas. Sin embargo, para comunicaciones entre máquinas se requieren líneas separadas para transmisión y recepción debido a que de otra manera la información no podría ser codificada. La Figura 2.4 muestra de manera esquemática los modos de transmisión de datos.

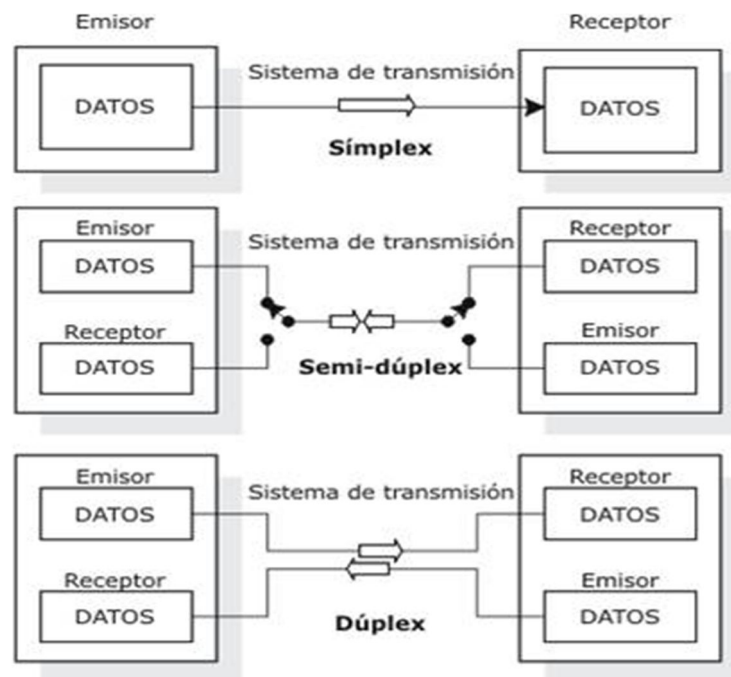


Figura 2. 4. Modos de transmisión de datos

2.2.7. Protocolos

Protocolo es el lenguaje por el cual se pueden comunicar dispositivos en la red. Por ejemplo, dos computadores conectados en la misma red pero con protocolos diferentes no podrían comunicarse jamás, para ello, es necesario que ambas "hablen" el mismo idioma, por tal sentido, el protocolo TCP/IP fue creado para las comunicaciones en Internet, para que cualquier computador se conecte a Internet, es necesario que tenga instalado este protocolo de comunicación. Pueden estar implementados bien en hardware (tarjetas de red), software (drivers), o una combinación de ambos. Por lo cual también se define que protocolo es un conjunto de convenciones relacionadas al formato de datos, métodos de transmisión, topología de red, accesos de bus y procedimientos de control en general necesarios para la comunicación entre dos o más equipos o servicios.

Funciones principales que debe cumplir un protocolo:

- Detección de enlace físico sobre la que se realiza la conexión (cableada o sin cables)
- Negociación de las características de la conexión.
- Cómo se inicia y cómo termina un mensaje
- Qué hacer con los mensajes erróneos o corruptos (corrección de errores)
- Cómo detectar la pérdida inesperada de la conexión, y qué hacer en ese caso.
- Terminación de la sesión de conexión.
- Estrategias para asegurar la seguridad (autenticación, cifrado).

Los protocolos que se implementan en sistemas de comunicación que tienen gran impacto, con el tiempo suelen convertirse en estándares, debido a que la comunicación e intercambio de información es un factor fundamental en numerosos sistemas. Por lo cual se crean consorcios empresariales o instituciones privadas que tienen como propósito proponer recomendaciones de estándares que se deben respetar para asegurar la interoperabilidad de los productos.

2.2.8. Interfaces de comunicación industrial

Son elementos que permiten la transmisión de información de un equipo de datos hacia un Modem o hacia el medio de transmisión para el cual va a comunicarse con otro tipo de datos.

La transmisión de datos está ligada a estándares internacionales, ya que muchas veces se requiere asegurar la compatibilidad entre equipos de diferentes fabricantes.

Éstas interfaces operan nivel de campo, generalmente se deben considerar que las líneas de transmisión de datos sean económicas y sencillas. El tipo de interface estándar en el nivel de campo industrial es serial. Los bajos costos de instalación (cables y conectores), grandes longitudes de los cables y la seguridad de la información compensan las bajas velocidades de transmisión que la caracterizan.

Las siguientes interfaces seriales son las de mayor aplicación industrial:

Interface RS 232.- Es una interface común en la actualidad, sobre todo en aplicaciones informáticas. La interface RS 232 es una interface de tensión $\pm 12v$ definida para las transmisiones seriales.

Es usada cuando se desea conectar a dos equipos mediante cable multipar, usualmente una computadora a un servicio periférico o módem.

Interface RS 422.- La interface RS 422 cubre solamente los requerimientos físicos y eléctricos para la transmisión. Emplea señales diferenciales que permiten elevadas velocidades de transmisión de hasta 10Mbits/S.

Interface RS 485.- Esta interface a diferencia de la RS232 se define como interface de tipo balanceada y con transmisión diferencial. Una interface balanceada consiste en que la transmisión de cada señal se realiza a través de un circuito exclusivo de dos hilos. Con cable de par trenzado se puede transmitir a 100 Kbps a una distancia de 1000 m. Posee alta calidad de transmisión, enlaces multipunto, modo de comunicación Half- Dúplex.

2.2.9. NIVELES DE INTEGRACIÓN INDUSTRIAL

El control de un proceso industrial extenso se divide en niveles de automatización. La arquitectura general del sistema debe estar orientada a las prestaciones de los equipos así como también a interfaces definidas para el intercambio de datos.

En la Figura 2.5. se muestran los niveles de automatización, los equipos y redes que se utilizan para cada nivel de integración.

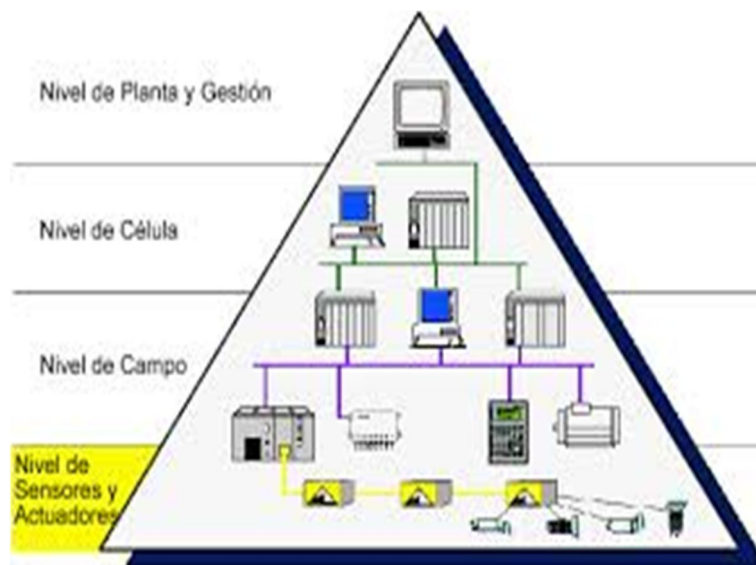


Figura 2. 5. Niveles de integración industrial

2.2.9.1. Nivel Actuator sensor.

En éste nivel se integran los equipos situados a pie del proceso. Los equipos de este nivel consultan a los switch finales de carrera y otros emisores de señal del proceso y controlan, según el programa establecido, los actuadores y señalizadores. Aquí se aplica el uso de interfaces RS-485, RS-422, RS-232 y TTY. La comunicación con el nivel superior debe establecer:

- Procesamiento seguro y tiempos muy cortos para la información, alto tráfico en el bus y mensajes cortos.
- La transparencia en el bus para comunicar equipos de diversos fabricantes se asegura adoptando normas y estándar de comunicación.

- Anteriormente los “sensores inteligentes” tenían un costo elevado comparado con equipos analógicos. Hoy en día, la diferencia de precios no es muy significativa.

2.2.9.2. Nivel de campo.

En el nivel de campo se encuentran los periféricos de entradas/salidas y los PLC que gestionan las áreas del proceso interrelacionadas tecnológicamente (por ejemplo líneas de montaje, líneas de transporte, máquinas complejas). Usualmente hay uno ó más controladores llamados Máster. El Máster regula el intercambio de información del bus de campo y contiene el programa de control de la planta. El Máster puede ser un PLC o un computador industrial.

El Máster debe contar con interfaces de comunicación que permita la comunicación con otros equipos o redes industriales de otros fabricantes, se recomienda tener capacidad “redundante” para los procesos críticos.

2.2.9.3. Nivel célula

En este nivel de automatización se visualizan las operaciones del proceso y se puede accionar manualmente en el mismo. Este nivel está caracterizado por:

- Ahorro de costos de instalación de equipos periféricos.
- Basarse en el uso del computador con un software SCADA.
- Representar en forma gráfica y dinámica el comportamiento de la planta.
- La estación de operador se conecta al controlador.
- Permite la comunicación al nivel superior, ejemplo redes de administración tipo Ethernet, Profibus, etc.

2.2.9.4. Nivel Administrativo

Las computadoras se encargan de funciones administrativas del proceso. Se caracteriza por:

- Entregar datos (por ejemplo cantidad y tipo de productos a fabricar) a los equipos en los niveles inferiores

- El intercambio de datos entre diferentes PLC y equipos de los niveles más bajos de automatización pueden hacerse a través de la red local en Bus. (Modbus, Profibus, etc.)
- Ethernet es recomendable en los niveles superiores donde se intercambian grandes cantidades de datos.

	Cantidad de información	Tiempo de respuesta	Frecuencia de transmisión
Nivel Administrativo	Mbyte	minutos	dias/horas
Nivel de Celula	kbyte	100ms-1s	Segundos a minutos
Nivel de Campo	byte	10ms-100ms	Segundos a minutos
Nivel Actuador-Sensor	bit	ms	milisegundos

Tabla 2. 2. Requerimiento para los diferentes niveles de automatización

2.2.10. Field bus

Un bus de campo (“Field Bus”) es un sistema de transmisión de datos que interconecta dispositivos industriales y elementos de control reemplazando al bucle de corriente de 4-20mA. A diferencia de los sistemas analógicos los buses de campo son normalmente redes digitales bidireccionales que permiten reducir los costos de implementación al rebajar la cantidad de cableado a instalar. Otras ventajas importantes del uso de buses de campo son la rapidez para transportar información, la facilidad para administrar los elementos de la red y la flexibilidad para distribuir el control.

Una clasificación aceptada de los tipos de buses es la siguiente:

- Buses de Control: Control Buses (HSE, ControlNet, Profinet)
- Buses de Campo: Field Buses (Foundation Fieldbus, Profibus FMDS)
- Buses de Dispositivos: Device buses (DeviceNet, Profibus DP, Interbus-S)
- Buses de Sensores: Sensor Buses (CAN, ASI, Profibus PA)

La elección del bus de campo depende de factores tales como: tamaño de la solución a implementar que depende de la cantidad de dispositivos que se interconectarán, rapidez a la cual se necesita transmitir los datos según sean los requerimientos del proceso a controlar, costo de implementación, interoperabilidad con equipamiento y medios de transmisión ya instalados en la empresa, escalabilidad, entre otros.

Se debe considerar que en el mercado existen buses de campo propietario y buses de campo abierto.

Los buses de campo propietario se caracterizan por su restricción de componentes a los productos de un solo fabricante, por lo tanto no existirá compatibilidad con productos de otros fabricantes.

Una de las ventajas principales de estos buses de campo propietarios es que tienen bajo requerimiento de configuración, ya que todos los componentes se obtienen de un solo fabricante y por lo tanto están estandarizados. La desventaja es la dependencia de los productos y precios a un fabricante.

En cambio, los buses de campo abierto son sistemas que facilitan la comunicación entre dispositivos diferentes fabricantes sin necesidad de adaptaciones adicionales. En pocas palabras, los usuarios podrán usar o desarrollar productos basados en estos buses de campos abiertos a un costo razonable y sin mucho esfuerzo. Existe una completa disponibilidad de herramientas y componentes hardware y software.

2.2.10.1. MODBUS

MODBUS es un protocolo de comunicación, actualmente es un protocolo abierto basado en una arquitectura maestro esclavo. Este protocolo solo especifica la capa 2 del modelo OSI (enlace). Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. Modbus RTU es una representación binaria compacta de los datos. Modbus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con una suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato

ASCII utiliza una suma de Códigos de Redundancia Longitudinal. La versión Modbus/TCP es muy semejante al formato RTU, pero estableciendo la transmisión a través de paquetes en formato TCP/IP.

El medio físico de conexión de MODBUS puede ser un bus half dúplex (RS-485 o fibra óptica) o full dúplex (RS-422, BC 0-20mA o fibra óptica). La comunicación es asíncrona y las velocidades de transmisión previstas van desde los 75 baudios a 19.200 baudios. La máxima distancia entre estaciones depende del nivel físico, pudiendo alcanzar hasta 1200 m sin repetidores.

Sabiendo que la capa física del modelo OSI es la que se encarga de las conexiones físicas de la computadora hacia la red, tanto en lo que se refiere al medio físico como a la forma en la que se transmite la información.

Sus principales funciones se pueden resumir como:

- Definir el medio o medios físicos por los que va a viajar la comunicación: cable de pares trenzados (o no, como en RS232/EIA232), coaxial, guías de onda, aire, fibra óptica.
- Definir las características materiales (componentes y conectores mecánicos) y eléctricas (niveles de tensión) que se van a usar en la transmisión de los datos por los medios físicos.
- Definir las características funcionales de la interfaz (establecimiento, mantenimiento y liberación del enlace físico).
- Transmitir el flujo de bits a través del medio.

2.2.10.1.1. Capa de enlace MODBUS

El protocolo Modbus es un protocolo de maestro-esclavo. Sólo un maestro a la vez se conecta al bus, y uno o varios (247 número máximo) nodos esclavos también están conectados con el bus de la misma serie. La comunicación MODBUS siempre es iniciada por el maestro. Los nodos esclavos nunca

transmiten datos sin recibir una petición del nodo maestro. Los nodos esclavos nunca se comunican entre sí. El nodo maestro inicia una sola transacción MODBUS, al mismo tiempo, El nodo maestro emite una solicitud MODBUS a los nodos esclavos en dos modos:

-Modo de unidifusión: el maestro dirige un esclavo individual. Después de recibir y procesar la solicitud, el esclavo devuelve un mensaje al maestro. En ese modo, una transacción MODBUS consiste en 2 mensajes: una petición del maestro, y una respuesta del esclavo (ver Figura 2.6). Cada esclavo debe tener dirección única, de 1 a 247, para que pueda abordarse de forma independiente de otros nodos.

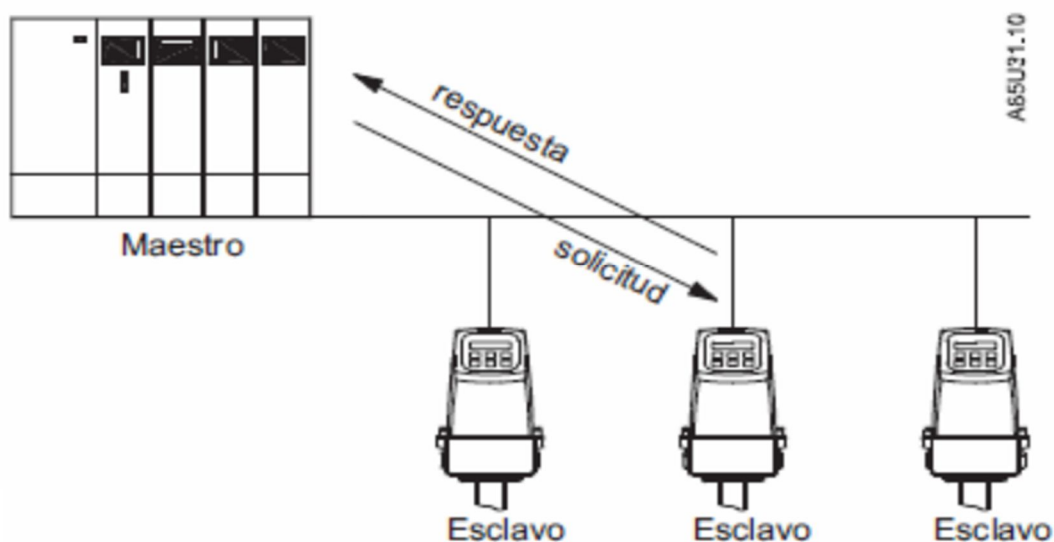


Figura 2. 6. Modo de unidifusión

-Modo broadcast: el maestro envía una petición a todos los esclavos tal como se muestra en la Figura 2.7. No hay respuesta de vuelta a la difusión de solicitudes dirigidas por el maestro. Las solicitudes de difusión son necesariamente escritas como comandos y todos los dispositivos deben aceptar la transmisión de la función de escritura. La dirección cero está reservada para identificar un cambio de emisión.

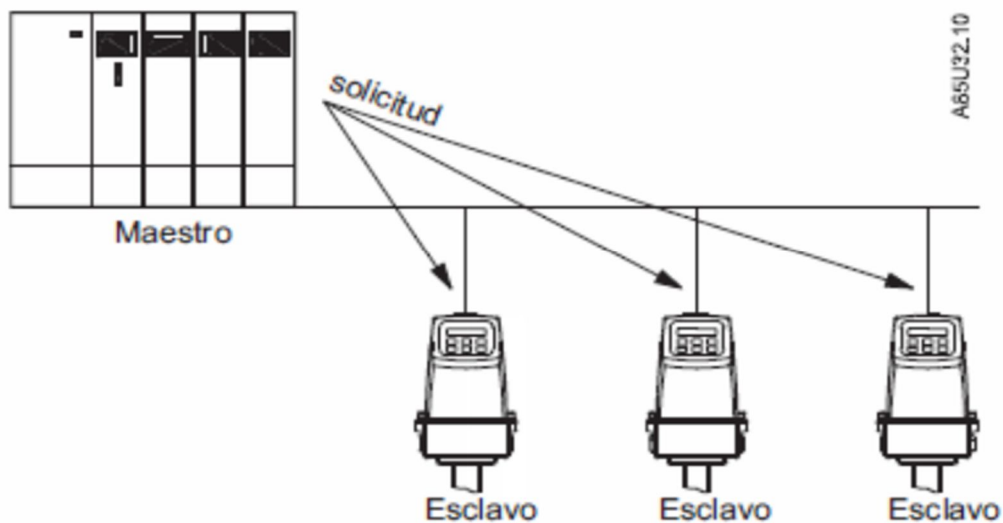


Figura 2. 7. Modo Broadcast

2.2.10.1.2. Integración con otras redes y arquitecturas CIM

El protocolo MODBUS, es un sistema de transmisión de datos que controla la estructura de las comunicaciones que tienen lugar entre la Estación Central o Maestra y las Estaciones Esclavas (Autómatas, RTU, PID, etc). A cada equipo remoto se le asigna un número de dispositivo (dirección unívoca) en el rango de 1 a 255. Una comunicación comprende una interrogación y una respuesta, lo que forma la ESTRUCTURA DE LAS TRAMAS del protocolo.

Modo ASCII: Se caracteriza porque la trama comienza con el carácter 2 puntos (:).

Cada carácter ocupa un byte. EL final de la trama se forma con los caracteres CR LF. El sistema de numeración es Hexadecimal.

Modo RTU ó Binario: Es más complejo, es una secuencia de unos y ceros en paquetes binarios de 8 bits. EL final de la trama se forma con los caracteres CR LF. Aparece en los niveles inferiores de la pirámide CIM, en donde aparecen los buses de campo, en donde constituyen el nivel más simple y próximo al proceso dentro de la estructura de comunicaciones industriales, lo estándares de comunicación de bus de campo cubren solo una parte de modelo OSI, concretamente los niveles físico de enlace y aplicación.

2.2.11. Lazo de corriente 4-20mA

Las señales analógicas de instrumentación está regulada por la norma ANSI/ISA-S50.1 (Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments), en la que se estandariza señales de instrumentación tales como:

- Salida de transmisores en nivel de tensión: 0/5v, -5/5v, 0/10v, -10/10v.
- Salida de transmisores en nivel de corriente: 0/20mA, 4/20mA.

Actualmente suele usarse señales de corriente en el control de procesos industriales, ya que la principal ventaja es que la señal no es afectada por la caída de tensión que se produce en la línea, lo que permite la instalación de sensores a grandes distancias, 1000m e incluso más considerando el medio de transmisión.

La salida del transmisor es de corriente y proporcional a la variable física que se desea transmitir (ver Figura 2.8). En lazos de corriente 4-20mA, el valor de 4mA representa el nivel bajo del rango y 20mA el nivel alto, este rango permite al receptor detectar si se ha producido algún fallo en la línea de transmisión e incluso alimentarse del propio lazo de corriente; ya que por ejemplo, si el cable sufre alguna rotura en su recorrido, la corriente en el receptor sería 0mA, logrando detectar así un fallo e indicar alguna alarma preprogramada.

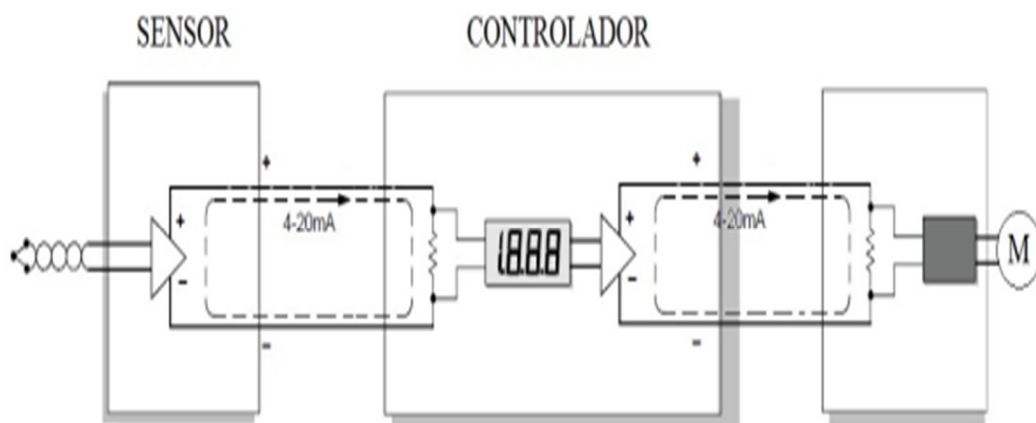


Figura 2. 8. Esquema básico de un lazo de corriente 4-20mA

2.2.11.1. Modos de conexión de transmisores

Comercialmente existen transmisores con conexión de dos, tres y cuatro hilos.

-Conexión a dos hilos: Por medio de dos líneas, se provee energía y se extraen los datos (la corriente proporcional a la variable sensada). Se considera al receptor como flotante. Debido que la fuente de alimentación se encuentra en el receptor, el uso de dos hilos facilita la instalación (ver Figura 2.9), pero demanda una electrónica más compleja en el transmisor.

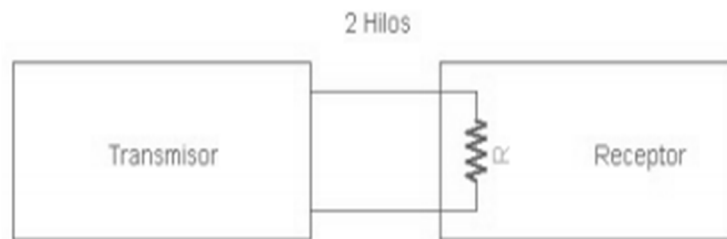


Figura 2. 9. Conexión de transmisor a dos hilos

-Conexión a tres hilos: por medio de una línea se alimenta al transmisor, otro hilo corresponde al lazo de corriente y el tercer hilo es común entre el transmisor, la fuente y el receptor. En este modo se obtiene una electrónica más simple en el transmisor, por el uso de un hilo adicional en las conexiones. La Figura 2.10 muestra el modo de conexión de un transmisor a tres hilos.

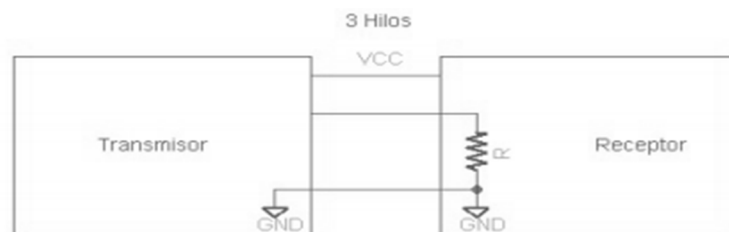


Figura 2. 10. Conexión de transmisor a tres hilos

-Conexión a cuatro hilos: Por medio de dos líneas se provee la señal de salida 4/20mA y se usan dos líneas adicionales para la alimentación, generalmente en corriente continua. El receptor se considera como una carga flotante (ver Figura 2.11).

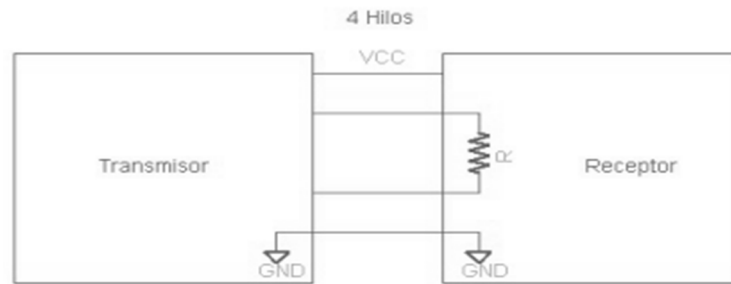


Figura 2. 11. Conexión de transmisor a cuatro hilos

2.2. MARCO CONCEPTUAL

A continuación se detallan conceptos claves que están involucrados con el proyecto en cuestión:

-Transmisor electrónico: Es un instrumento que capta la variable de proceso y la transmite a distancia a un instrumento indicador o controlador; la función primordial de este dispositivo es tomar cualquier señal para convertirla en una señal estándar adecuada para el instrumento receptor, es así como un transmisor capta señales tanto de un sensor como de un transductor, se debe tener en cuenta que todo transmisor es transductor más no un transductor puede ser un transmisor; las señales estándar pueden ser neumáticas cuyos valores están entre 3 y 15 Psi, las electrónicas que son de 4 a 20mA o de 0 a 5 voltios DC.

-Señal Analógica: La señal analógica presenta una variación continua a través del tiempo, es decir, que a una variación suficientemente significativa del tiempo le corresponderá una variación igualmente significativa del valor de la señal (la señal es continua).

-HART: estándar de comunicación para equipos de campo usado a gran escala. El estándar HART transforma la señal analógica de 4–20mA en una señal digital modulada apta para uso industrial. La ventaja es la combinación de transmisión analógica de medidas, ampliamente probada en campo, y

comunicación digital simultánea con transmisión bidireccional y acíclica, lo que permite transferir información de diagnóstico, mantenimiento y proceso de los equipos de campo a los sistemas de orden superior. Juegos de parámetros estandarizados permiten operar todos los dispositivos HART en sistemas con equipos de varios fabricantes.

-Sistema Secuencial: Es aquel cuyas salidas no solo dependen de sus entradas actuales, sino también de una secuencia de la entrada anterior. El estado de un circuito secuencial, es una colección de variables de estado, cuyos valores en cualquier momento contienen toda la información pasada necesariamente para establecer el comportamiento futuro del circuito. La mayoría de los sistemas secuenciales están gobernados por señales de reloj. A éstos se los denomina "síncronos" o "sincrónicos", a diferencia de los "asíncronos" o "asincrónicos" que son aquellos que no son controlados por señales de reloj.

-Relé de estado sólido (SSR): conmutadores que utilizan componentes de estado sólido o semiconductores como los TRIACS y los SCRs, a diferencia de los relés electromagnéticos y contactores convencionales que en su construcción emplean bobinas y elementos mecánicos. Los SSR tienen altas frecuencias de operación y son más rápidos, no sufren de desgaste mecánico ya que no usan partes móviles, manejan aislamientos del orden de kilovatios entre la entrada y la salida.

-Electroválvula: es una válvula electro-mecánica, la cual está diseñada para controlar el paso de un fluido a través de un conducto que puede ser una tubería. La válvula está controlada por el flujo de la corriente eléctrica a través de una bobina solenoide. A diferencia de las válvulas motorizadas, las válvulas motorizadas son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte la energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

-Filtro de mangas: dispositivo para la separación de partículas sólidas en suspensión de una corriente gaseosa. Se utilizan sobre todo en instalaciones industriales como una alternativa a los precipitadores

electrostáticos. Se trata de un filtro que consta de diversas mangas tejidas dispuestas sobre cestas metálicas. El polvo se acumula en su parte externa. De forma periódica o al superar un límite determinado se limpian aplicando una fuerte corriente de aire comprimido. De esta forma se elimina la capa de polvo acumulada que se recoge con embudos dispuestos debajo del filtro y se regenera el equipo.

-Colector de polvo: sistema que mejora la calidad del aire liberado por procesos industriales o comerciales mediante la recolección de polvo y otras impurezas de un gas o aire. Fue diseñado para separar grandes volúmenes de gas, y consiste en un escape de gas, un filtro de polvo, un limpiador del filtro, y un receptáculo o un sistema removedor del polvo. Se diferencia de los limpiadores de aire, que utilizan un filtro para remover el polvo.

-Partículas en suspensión: consiste en acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos en la atmósfera ambiental, generada a partir de alguna actividad antropogénica o natural. Los contaminantes en partículas no son idénticos física– y químicamente, sino más bien están constituidos por una amplia variedad de tamaños, formas y composiciones químicas. Algunos son mucho más nocivos para la salud, las propiedades y la visibilidad. El interés por las partículas atmosféricas se debe a dos causas esencialmente importantes: Afectación del balance de la radiación terrestre y los efectos nocivos sobre la salud. Las partículas pueden penetrar en los pulmones, los bloquean y evitan el paso del aire.

-Neumático: es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y, por tanto, al aplicarle una fuerza se comprime, mantiene esta compresión y devuelve la energía acumulada cuando se le permite expandirse, según dicta la ley de los gases ideales.

-Limpieza tipo Pulse Jet: limpieza basada en golpe por chorros de aire comprimido, el aire sacude momentáneamente una fila de mangas y hace que el polvo sea alojado en la tolva de recolección.

-Compresora de aire: es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar el aire. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética.

-Aire comprimido: aire que ha sido sometido a presión por medio de un compresor. En la mayoría de aplicaciones, el aire no sólo se comprime sino que también se deshumifica y se filtra. El uso del aire comprimido es muy común en la industria, su uso tiene la ventaja sobre los sistemas hidráulicos de ser más rápido, aunque es menos preciso en el posicionamiento de los mecanismos y no permite fuerzas grandes.

-Tolva: es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados. En ocasiones, se monta sobre un chasis que permite el transporte. Generalmente es de forma cónica y siempre es de paredes inclinadas como las de un gran cono.

-Programador electrónico: sistema que permite ingresar y modificar parámetros por el usuario, funciona con alimentación de la red eléctrica, robusto a ruidos electromagnéticos.

-Temporizador electrónico: es un dispositivo, con frecuencia programable. Con el temporizador podemos regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico después de que se ha programado un tiempo. El elemento fundamental del temporizador es un contador binario, encargado de medir los pulsos suministrados por algún circuito oscilador, con una base de tiempo estable y conocida. El tiempo es determinado por una actividad o proceso que se necesite controlar. Se diferencia del relé, en que los contactos del temporizador no cambian de posición instantáneamente.

-Periodo de activación: Este término se utiliza regularmente para designar al intervalo de tiempo necesario para completar un ciclo repetitivo, o simplemente el espacio de tiempo que dura algo. En el sistema de limpieza para los filtros de mangas este tiempo se controla con una perilla que sirve para modificar el periodo de activación entre las válvulas.

-Tiempo de intervalo: tiempo de reposo entre activación de válvulas en forma secuencial.

-Tiempo de permanencia: tiempo que se mantiene encendida la válvulas, usualmente está en el orden de los milisegundos.

-Transformador con derivación central: Es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a otro nivel de voltaje alterno, mediante la acción de un campo magnético. Este transformador se caracteriza por tener una bobina con un hilo central que sobresale, por el cual se puede obtener dos niveles de voltaje iguales o diferentes en la parte del secundario.

-Protección térmica en circuitos eléctricos: generalmente se usan los relés termo-magnéticos, los cuales protegen a las cargas conectadas a éste contra sobrecargas y cortocircuitos, evitando así que sufran daño.

CAPITULO III

DISEÑO DE CONTROLADOR UTILIZANDO OPLC EN MÁQUINA COLECTORA DE POLVO

3.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA

El controlador basado en OPLC será diseñado para el mando de electroválvulas tipo diafragma en aplicaciones de limpieza neumática de filtros de mangas (sistema PULSE-JET) ubicadas en los colectores de polvo, en éste caso, se aplicará al área de recuperación de polvo de las dos ensacadoras implementadas en la cementera MIXERCON.

Éste equipo indicará mediante el HMI los tiempos seleccionados, tanto tiempo de intervalo como tiempo de permanencia, además de la presión diferencial que hay entre la cámara de aire limpio y cámara de aire que aloja los filtros de mangas.

Calibrando los tiempos de intervalo y permanencia se podrá lograr que el gasto de aire comprimido sea lo que realmente necesita el sistema para mantenerse

limpio. Como resultado habrá un ahorro de aire comprimido y mayor ahorro de energía eléctrica según el cálculo siguiente:

Considerando que se utilizará válvulas diafragma de 1" de diámetro, para fines de comparación se tomarán en cuenta tiempos de permanencia distintos para dos casos.

- **1er caso:**

Diámetro válvula: 1"

Tiempo intervalo (Tint): 20seg

Tiempo permanencia (Tperm): 0.2seg

Consumo de aire comprimido por la válvula a Tperm. de 0.2seg: 100NL/min.

Gasto de aire comprimido en un minuto será:

$$\text{NL/min} = ((60\text{s}/20\text{s}) * 100\text{NL/min}) = 300\text{NL/min}$$

Teniendo en cuenta que para generar 100NL/min se necesita 0.735kw, entonces el consumo de energía por un compresor será: $0.735\text{kw} / (100\text{NL/min} * 60) = 0.1225\text{W/L}$.

Por lo cual **cada minuto se consume**: $300\text{NL/min} * 0.1225\text{W/L} = \mathbf{36,75\text{W/min}}$

- **2do caso:**

Diámetro válvula: 1"

Tiempo intervalo: 20seg

Tiempo permanencia: 0.4seg

Consumo de aire comprimido por la válvula a Tperm de 0.4seg: 185NL/min

Gasto de aire comprimido en un minuto será:

$$\text{NL/min} = ((60/20) * 185) = 555\text{NL/min}$$

Entonces, cada minuto se consume: $555\text{NL/min} * 0.1225\text{W/L} = \mathbf{67,99\text{W/min}}$

Haciendo la diferencia del resultado del 1er y 2do caso del consumo de energía por minuto del compresor: $67,99 - 36,75 = 31,24\text{W}/\text{min} = 1874,4\text{W}/\text{h}$

Concluyendo que se desperdician 1874,4W cada hora de funcionamiento del compresor, por lo que se debe tener en cuenta el rango de tiempo de permanencia programado en el OPLC y que será configurado por el operador a través del HMI.

3.2. FILOSOFÍA DE CONTROL

El objetivo de cualquier estrategia de control es mantener una variable llamada controlada próxima a un valor deseado conocido como punto de ajuste (set-point). El término regularización es utilizado para describir la acción de control de agentes de perturbación del estado de equilibrio de la variable controlada. Un sistema de control, solamente puede llegar a la regulación, aplicando en oposición a las fuerzas perturbadoras llamadas cargas, correcciones equivalentes en una o más variables denominada manipulada. La variable controlada permanecerá estable en el proceso, mientras se encuentre en estado estacionario.

Para la limpieza de los filtros de mangas se utilizará control ON/OFF o "Todo/Nada". Estos envían una señal de activación ("On", "Encendido") cuando la entrada de señal es menor que un nivel de referencia definido previamente y desactiva la señal de salida ("OFF", "Apagado" o "0") cuando la señal de entrada es mayor que la señal de referencia.

Las principales características de un sistema de control ON/OFF son las siguientes:

- Modo de control depende del signo del error.
- Variación cíclica continua de la variable controlada.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.

-Simple mecanismo de construcción, por eso éste tipo de controladores es de amplio uso.

La expresión matemática del control ON/OFF es la siguiente:

$$Y(t) = M1(\text{on}) ; e > 0$$

$$Y(t) = M2(\text{off}) ; e < 0$$

Donde $e = (\text{SetPoint} - \text{ValorProceso})$; es decir, si la variable de salida es menor al Set Point se le asigna el valor máximo (ON) al elemento final de control; caso contrario, si la variable de salida es mayor al Set Point se asignará el valor mínimo (OFF) al elemento final de control.

La variable física controlada es la presión diferencial, ya que ésta debe mantenerse en un rango establecido por el operario, en éste rango los filtros de mangas están considerablemente limpias y por lo tanto las electroválvulas de inyección de aire deberán estar apagadas.

La retroalimentación del lazo cerrado se hará a través del transmisor de presión diferencial.

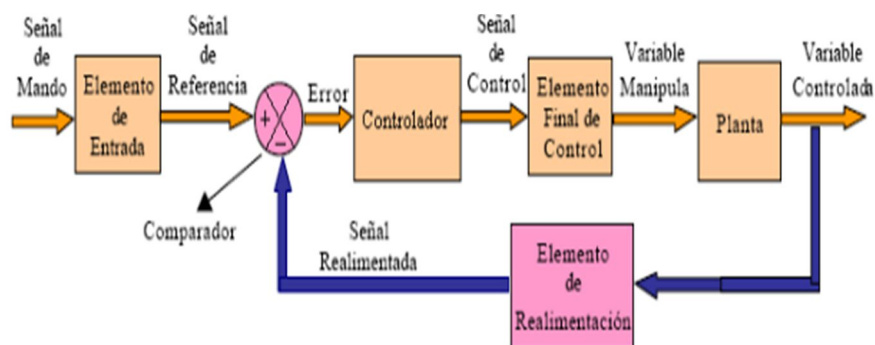


Figura 3. 1. Diagrama de bloques de un controlador

Un sistema de control puede tener varios componentes. Para mostrar las funciones que lleva a cabo cada componente en la ingeniería de control, por lo

general se usa una representación denominada diagrama de bloques. Un diagrama de bloques, presenta un método para obtener los diagramas de bloques de sistemas físicos y, por último, analiza técnicas para simplificar tales diagramas. Éste diagrama es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales.

Tal diagrama muestra las relaciones existentes entre los diversos componentes. A diferencia de una representación matemática puramente abstracta, un diagrama de bloques tiene la ventaja de indicar en forma más realista el flujo de las señales del sistema real.

En un diagrama de bloques se enlazan una con otra todas las variables del sistema, mediante bloques funcionales. El bloque funcional o simplemente bloque es un símbolo para representar la operación matemática que sobre la señal de entrada hace el bloque para producir la salida. Las funciones de transferencia de los componentes por lo general se introducen en los bloques correspondientes, que se conectan mediante flechas para indicar la dirección del flujo de señales. Observe que la señal sólo puede pasar en la dirección de las flechas. Por tanto, un diagrama de bloques de un sistema de control muestra explícitamente una propiedad unilateral.

De acuerdo a la Figura 3.1, los elementos del controlador corresponden con las siguientes variables aplicadas en el proyecto:

- Elemento de entrada: Set-point ingresado al OPLC por el operador, en unidades de mmH₂O.
- Controlador: control ON/OFF según programación del OPLC
- Elemento final de control: electroválvulas que serán accionadas secuencialmente para limpiar los filtros de mangas.
- Planta: filtros de mangas ubicadas en el interior del colector de polvo.
- Elemento de Realimentación: sensor de presión diferencial cuyo transmisor enviará una señal 4-20mA al controlador.

La Figura 3.2 muestra el diagrama de bloques de lazo cerrado ya que la retroalimentación lo hace el sensor de presión diferencial. La salida C(S) se realimenta al punto suma, en donde se compara con la entrada de referencia R(s). La salida del bloque, C(s) en este caso, se obtiene multiplicando la

función de transferencia $G(s)$ por la entrada al bloque, $E(s)$. Cualquier sistema de control lineal puede representarse mediante un diagrama de bloques formado por puntos suma, bloques y puntos de ramificación.

Cuando la salida se realimenta al punto suma para compararse con la entrada, es necesario convertir la forma de la señal de salida en la de la señal de entrada. Por ejemplo, el sistema de control de presión, por lo general la señal de salida es la presión controlada. La señal de salida, que tiene la dimensión de presión, debe convertirse a una fuerza, corriente o voltaje antes de que pueda compararse con la señal de entrada. Esta conversión se consigue mediante el elemento de realimentación, cuya función de transferencia es $H(s)$ como se aprecia en la *Figura 3.2*. La función del elemento de realimentación es modificar la salida antes de compararla con la entrada. La salida del sensor se compara con la entrada y se genera la señal de error. En la *Figura 3.2*, la señal de realimentación que retorna al punto suma para compararse con la entrada es $B(s) = H(s)C(s)$.

Para el sistema que aparece en la *Figura 3.2*, la salida $C(s)$ y la entrada $R(s)$ se relacionan del modo siguiente:

$$C(s) = G(s)E(s)$$

$$E(s) = R(s) - B(s)$$

$$E(s) = R(s) - H(s)C(s)$$

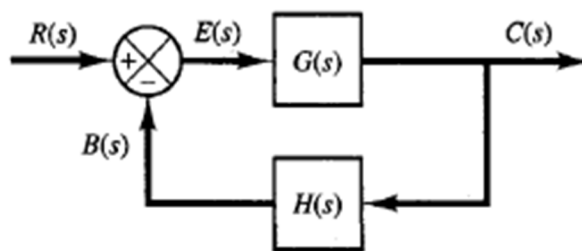


Figura 3. 2. Diagrama de bloques de un sist. en lazo cerrado

3.2.1. Funcionamiento general del Sist. De Recuperación de polvo

En la Figura 3.3 se muestra al diagrama P&ID del sistema de recuperación de polvo en la ensacadora de cemento N°01.

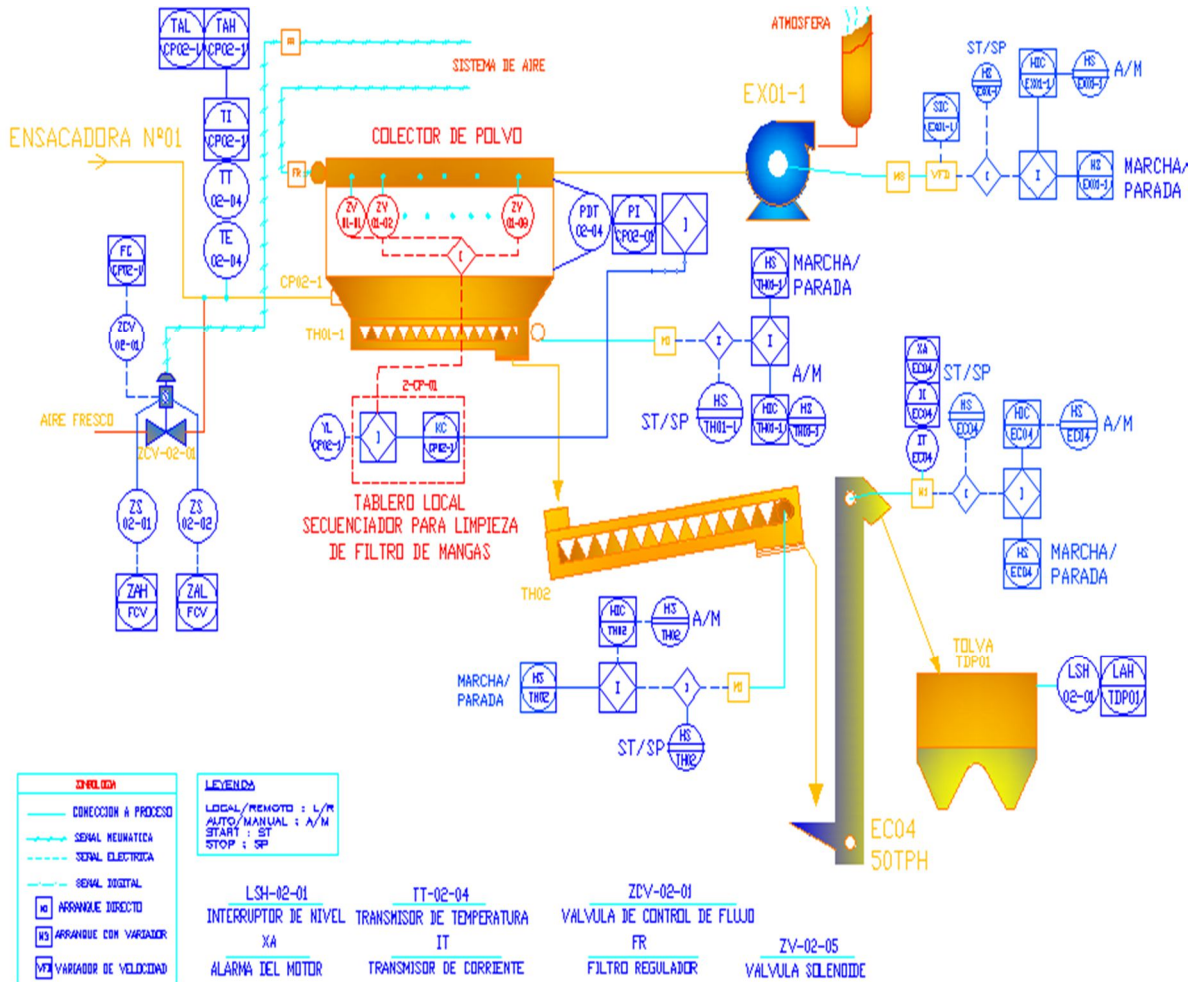


Figura 3. 3. Diagrama P&ID Sist. Recuperación de polvo

El colector de polvo extraerá aire con partículas de polvo desde las ensacadoras de cemento a través del motor exhaustor “EX01-1”, direccionando el flujo de aire extraído hacia los filtros de mangas, estos filtros separarán los polvos o partículas de materiales de la corriente de aire que es enviada luego hacia la atmósfera (como aire limpio). El polvo que se queda impregnado en los filtros será sacudido a través de ocho válvulas solenoides (“ZV-01-01, ZV-01-02,..., ZV-01-08”), las cuales se activarán secuencialmente por un tiempo

de permanencia inyectando impulsos de aire proveniente de una compresora (la compresora deberá ser debidamente instalada con su unidad de mantenimiento Filtro-Regulador para evitar posibles daños a las válvulas diafragma).

Al sacudirse los filtros de mangas, el polvo se desprenderá de éstas y caerá por gravedad hacia el transportador helicoidal motorizado "TH01-1", éste a su vez llevará el polvo recogido hacia otro transportador helicoidal "TH02" el cual depositará el material hacia el elevador de cangilones "EC-04".

El elevador de cangilones "EC-04" transportará el polvo verticalmente y lo arrojará hacia la tolva de recolección "TDP01". La tolva de recolección tendrá instalado un sensor de nivel alto "LSH-02-01" tipo radar, de tal manera que cuando la tolva esté llena al nivel máximo permitido se abrirá una compuerta de descarga, recuperando así el material extraído del proceso. Éste material recolectado puede ser devuelto al proceso o puede usarse para actividades internas dependiendo de la calidad en la que se encuentre (ya que el polvo extraído es cemento a granel).

Cabe mencionar que el motor del elevador de cangilones "EC-04" tendrá instalado un transmisor corriente "IT-EC04" tipo toroidal (con señal analógica 4-20mA), lo cual permite al operador monitorear alguna condición de atasco u obturamiento, ya que en estas circunstancias el motor elevaría su corriente nominal rápidamente recalentando su embobinado.

En el ducto de entrada del colector de polvo será instalado un transmisor de temperatura "TT-02-04", el cual será enlazado con el control de la válvula on/off "ZCV-02-01". Ya que si la temperatura de ingreso es considerablemente alta (220°C) la válvula se abrirá permitiendo el ingreso de aire fresco del ambiente. Esto sirve también para que los filtros de mangas no estén expuestos a altas temperaturas y se dañen. Ya que en el mercado, uno de los parámetros que depende del costo de los filtros de mangas es la temperatura de operación. La válvula "ZCV-02-01" está asociada a dos sensores de posición "ZS-02-01" y "ZS-02-02", los cuales permitirán tener la retroalimentación del estado de la válvula e indicar en el panel de control si está abierta o cerrada.

3.2.2. Funcionamiento del Sistema de control de Limpieza de los filtros

El sistema de limpieza de los filtros que se propone tendrá dos modos de activación, en ambos casos el sistema deberá ser capaz de integrarse a otra red existente de la planta a través del protocolo de comunicación MODBUS RS485.

-Modo MANUAL: Accionamiento secuencial de las válvulas de manera continua y cíclica

En la posición “Manual” del selector Auto/Manual, instalado en el tablero local donde se encontrará el controlador OPLC UNITRONICS, el operador podrá poner en marcha y parar el ciclo de limpieza a través de los pulsadores Start/Stop. Las ocho electroválvulas se accionarán por el tiempo de permanencia seteado en el controlador de manera secuencial y cíclica (cuando el controlador termine de activar la última válvula, regresará a activar la primera válvula). El operario dispondrá el tiempo de parada del ciclo de limpieza de los filtros de mangas.

Parámetros configurables en modo “Manual”:

-Tiempo de permanencia: el tiempo de permanencia estará en el orden de milisegundos, ya que las electroválvulas solo inyectarán un impulso de aire a los filtros de mangas para poder desprender las partículas impregnadas. El operario podrá modificar el tiempo de permanencia dentro del rango preconfigurado: 0-120mseg.

- Tiempo de intervalo: depende de la cantidad de las electroválvulas, tendrá un rango máximo de 1-25seg, el cual podrá ser seleccionado por el operario. Se deberá tomar en cuenta que tiempos muy cortos de intervalo obligará a tener una fuente de aire comprimido con recuperación muy rápida, de lo contrario no se inyectará el chorro de aire suficiente para la limpieza de los filtros. Y tiempos muy largos de intervalo conllevará a que las mangas acumulen más polvo

haciéndose mayor masa acumulada. Ver Figura 3.4 para diferenciar los tiempos de intervalo y permanencia.

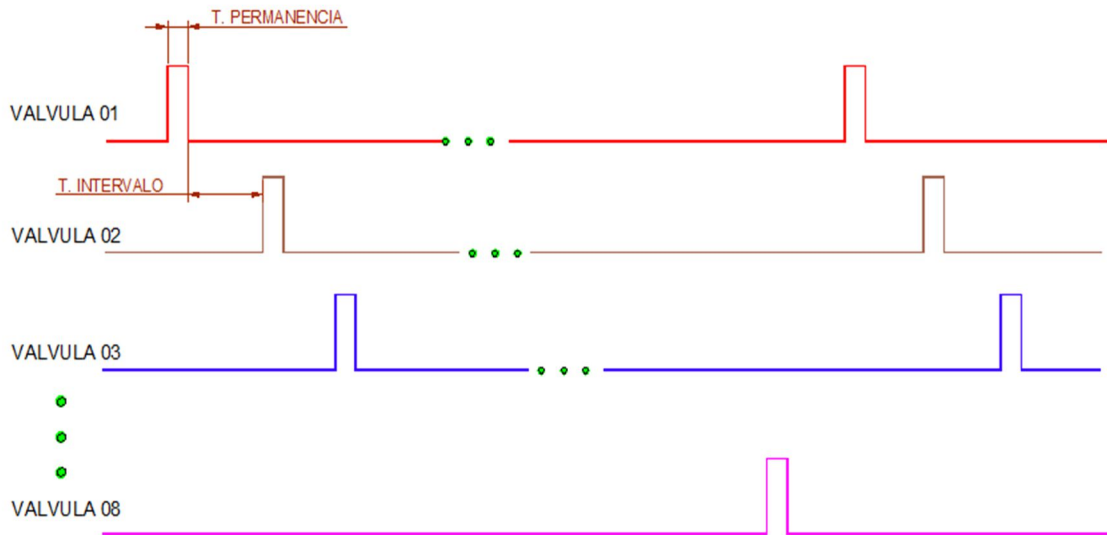


Figura 3. 4. Diagrama de tiempos permanencia e intervalo

-Modo AUTO: Accionamiento secuencial dependiendo del valor de la presión diferencial.

En la posición “Auto” del selector Auto/Manual, instalado en el tablero local donde se encontrará el controlador OPLC UNITRONICS, el ciclo de limpieza de los filtros de mangas dependerá del valor de la presión diferencial que hay entre la cámara de aire limpio y cámara donde se alojan los filtros. La presión diferencial será medida a través de un sensor cuyo transmisor tendrá como salida una señal analógica 4-20mA, la cual será procesada y escalada por el controlador. El ciclo de limpieza de los filtros solo se mantendrá encendido mientras la presión diferencial este en el rango configurado por el operario. El pulsador de Start servirá para habilitar el programa cargado en el OPLC, mas no servirá para iniciar el ciclo de limpieza, ya que como se explicó líneas arriba, el inicio del ciclo de limpieza dependerá del valor de la presión diferencial. El

pulsador de Stop permitirá poner en reposo el OPLC, es decir, mantendrá sus salidas inactivas.

Parámetros configurables en modo "Auto":

-El operario tendrá acceso a seleccionar el tiempo de permanencia y tiempo de activación tal como se especifica en el modo "Manual".

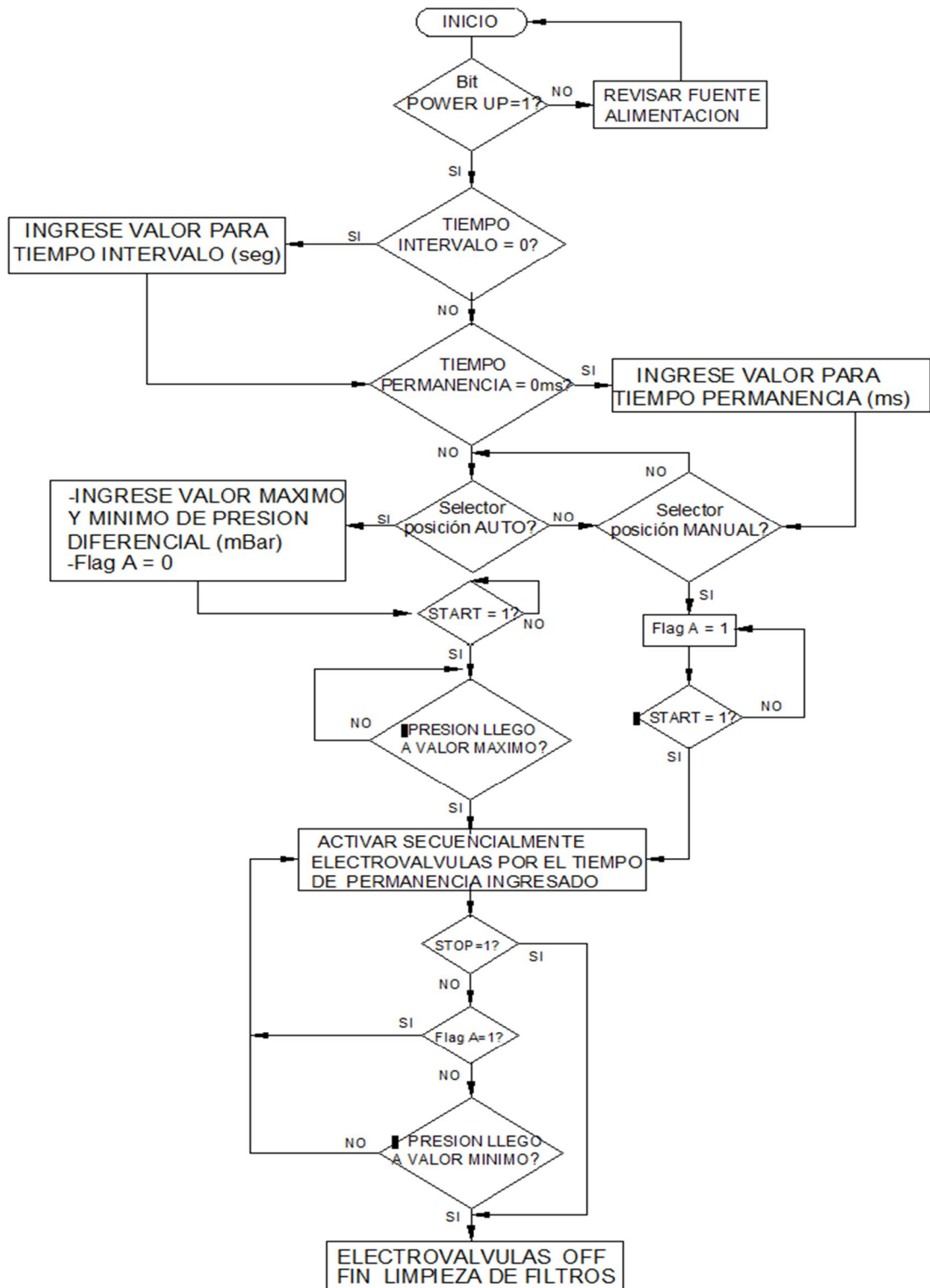
-Rango de presión diferencial máxima: el operario podrá ingresar el valor de la presión máxima en la unidad de medida "mmH₂O". A esta presión se considera que los filtros de mangas están sucios y necesitan limpiarse.

-Rango de presión diferencial mínima: el operario podrá ingresar el valor de la presión mínima en la unidad de medida "mmH₂O". A éste valor de presión el sistema de activación de las electroválvulas es apagado.

Es decir, si la configuración alta es de 100mmH₂O, y la configuración baja es de 50mmH₂O, el ciclo de limpieza empezará cuando la presión diferencial alcance los 100mmH₂O y continuará hasta que la presión diferencial alcance la configuración baja de 50mmH₂O (en ese momento, el ciclo de limpieza se detendrá). La limpieza no empezará hasta que la presión diferencial no alcance los 100mmH₂O.

3.2.3. Diagrama de flujo

A continuación se presenta el diagrama de flujo, por el cual se plantea la lógica general en que se basará la programación del OPLC.



3.3. SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE CONTROL

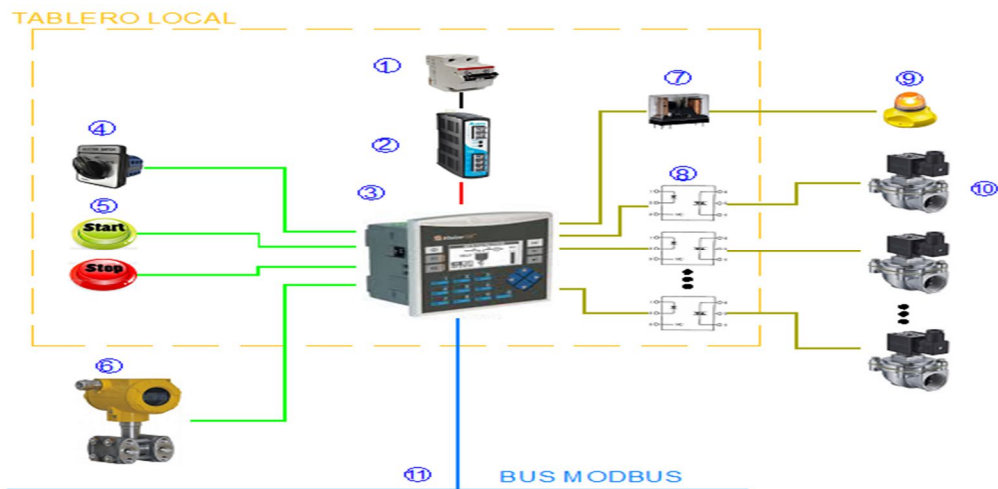


Figura 3. 5. Arquitectura general del sistema de control

En la Figura 3.5 se muestran los equipos e instrumentos de control, siendo el componente principal el OPLC Unitronics, el cual se observa tendrá pocos elementos periféricos de entradas y salidas que serán direccionados al módulo tanto de salidas y entradas digitales como analógicas. Además se considerará que el OPLC tendrá la capacidad de comunicarse e intercambiar información con la red MODBUS existente en la planta.

Cabe indicar que el OPLC, fuente de alimentación, relés de estado sólido, selector Auto/Manual y pulsadores Start/Stop tendrán que trabajar de una manera segura durante un largo período de tiempo y bajo condiciones ambientales adversas tal como la planta cementera, donde la humedad no se puede evitar siempre, así como las partículas de polvo, por lo cual serán instalados en un tablero eléctrico con grado de protección IP66 según la norma IEC60529. Con el grado de protección IP66 se tiene protección total contra ingreso de polvo e ingreso de chorros de agua desde cualquier dirección al interior del tablero. Mientras que el transmisor de presión diferencial APLISENS APR-200ALW y las válvulas solenoides SMC tendrán grado de protección IP67, ya que están en contacto directo con el proceso. Con el índice de protección IP67 se tendrá protección completa contra el polvo y deberá soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30

minutos. El OPLC Unitronics seleccionado es modelo JZ-11-T40 ya que tiene las características electrónicas suficientes para la aplicación además de tener bajo coste en el mercado. En la siguiente tabla se describen los equipos usados:

#	DESCRIPCION	MARCA / MODELO	SEÑAL	TIPO	FUNCION
1	Llave termomagnética	ABB / S240 2x16A			Interrumpir el paso de corriente eléctrica del circuito en caso ocurra sobrecarga o cortocircuito
2	Fuente Alimentación	DELTA / DRP024V060W1AZ			Convertirá el voltaje de alimentación 220vAc en 24vDC. Potencia máxima a suministrar: 60w.
3	OPLC	UNITRONICS / JZ10-11-T40			Controlador principal, será programado para cumplir con las necesidades del proceso. Requiere alimentación 24vDC, tiene 16 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 20 salidas tipo transistor.
4	Selector Auto/Manual	Shneider Electric / XB4BD3	Entrada	Digital	Posiciona un switch en estado auto o manual, según sea la posición del switch se enviará la señal al OPLC.
5	Pulsadores Start y Stop	Shneider Electric / XB4BW33M5	Entrada	Digital	La señal del contacto normalmente abierto (NA) del pulsador de Start y del contacto normalmente cerrado (NC) del pulsador Stop se enviarán directamente al OPLC.
6	Transmisor de presión diferencial	APLISENS / APR-2000ALW	Entrada	Analógica	Enviará el valor de la presión diferencial que hay entre la cámara de aire limpio y la cámara donde se ubican los filtros de mangas; hacia el OPLC, el medio de transmisión es vía cable de instrumentación trenzado y apantallado. La alimentación al transmisor es a dos hilos 24vDC y la señal de salida es 4-20mA/HART.
7	Rele electromecánico	Shneider Electric / RXM4AB1P7	Salida	Digital	La bobina del relé será 24vDC, será conectado al modulo de salida digital del OPLC. Se usará un contacto normalmente abierto del relé para activar la luz estroboscópica.
8	Relé de estado sólido	DISEÑO ELECTRONICO	Salida	Digital	Se diseñará de acuerdo a las necesidades del proyecto, activará a las válvulas solenoides. Se elige usar relé de estado sólido ya que la velocidad de conmutación es elevada. El voltaje de activación es 24vDC, corriente de carga: 3A max, voltaje de la carga: 220vAC.
9	Luz estroboscópica	ALARM&SON / ST35WBB-127	Salida	Digital	Al elevarse o disminuir demasiado el valor de la presión diferencial fuera del rango permitido, se activará la luz estroboscópica como señalización de alarma. El voltaje de activación de la luz estroboscópica de 24vDC.
10	Válvula solenoide	SMC / VXF	Salida	Digital	Voltaje de activación de la válvula: 220vAC, Corriente de operación: 500mA. Será activada por un periodo muy pequeño (120mseg. Max.). Al activarse inyectará un pulso de aire a los filtros de mangas.

Tabla 3. 1. Equipos e instrumentos seleccionados

3.4. CONEXIONADO A MÓDULOS I/O DEL OPLC

Respecto al módulo de entrada del OPLC modelo JZ-11-T40, las entradas son tipo transistor, éstas están dispuestas en dos grupos: NPN y PNP. Es decir, es posible conectar un grupo como NPN y otro grupo como PNP, o ambos grupos pueden ser conectados como PNP o NPN. A continuación se muestra el diagrama de conexionado respecto al módulo de entradas digitales según el fabricante:

-Cableado de entradas como NPN (sink)

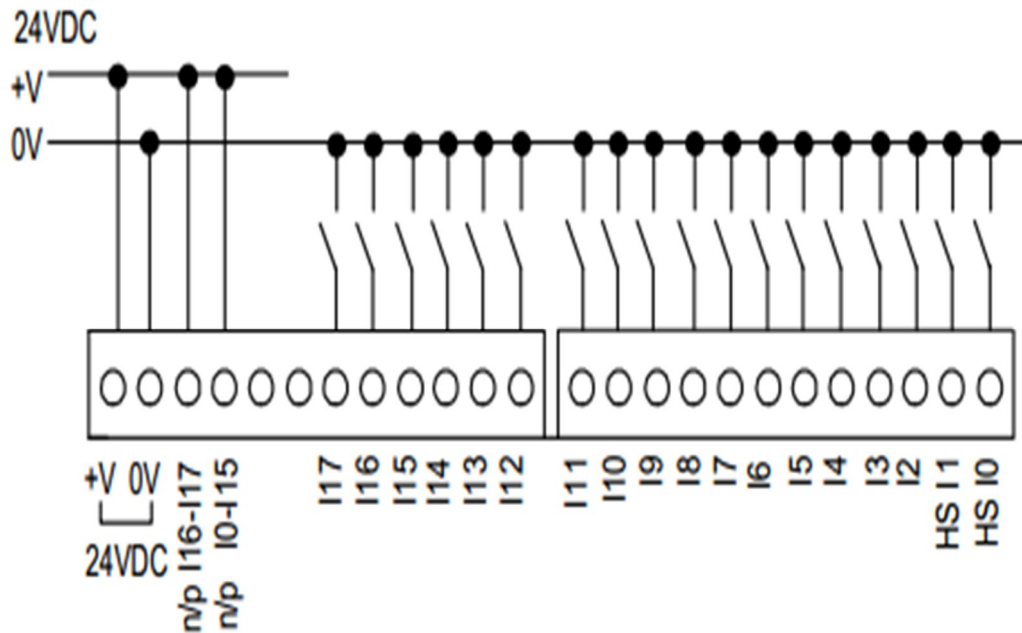


Figura 3. 6. Conexionado de entradas como NPN

Tal como muestra la Figura 3.6, la línea común para las entradas digitales es 0v, teniendo en cuenta que los bornes “n/p I0-I15 y n/p I16-I17” deberán ser conectados a 24vDC.

-Cableado de entradas como PNP (source)

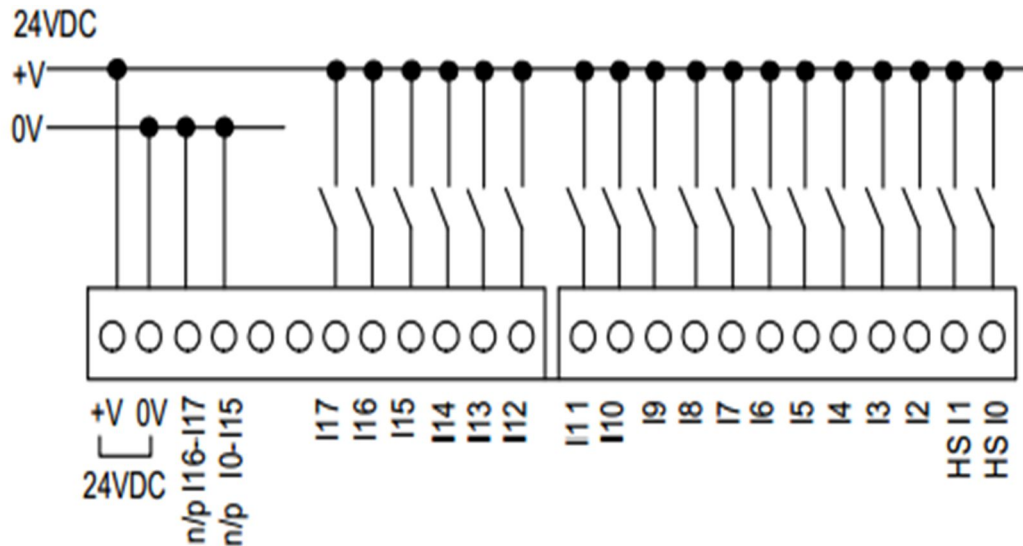


Figura 3. 7. Conexión de entradas como PNP

En la Figura 3.7 se especifica que para el conexión de entradas como PNP la línea común es 24v, teniendo en cuenta que los bornes “n/p I0-I15 y n/p I16-I17” deberán ser conectados a 0vDC.

Cabe indicar que se trabajará con lógica positiva, es decir, el ingreso como señal de 24vDC al OPLC será como “1” lógico, mientras que el ingreso de 0v al OPLC será como “0” lógico.

Respecto al módulo de salidas digitales del OPLC modelo JZ-11-T40, se agrupan en dos, cada grupo puede operar con fuente de alimentación de distinto voltaje (máximo 24vDC). El primer grupo corresponde a las salidas O0-O11 y el segundo grupo corresponde a las salidas O12-O19.

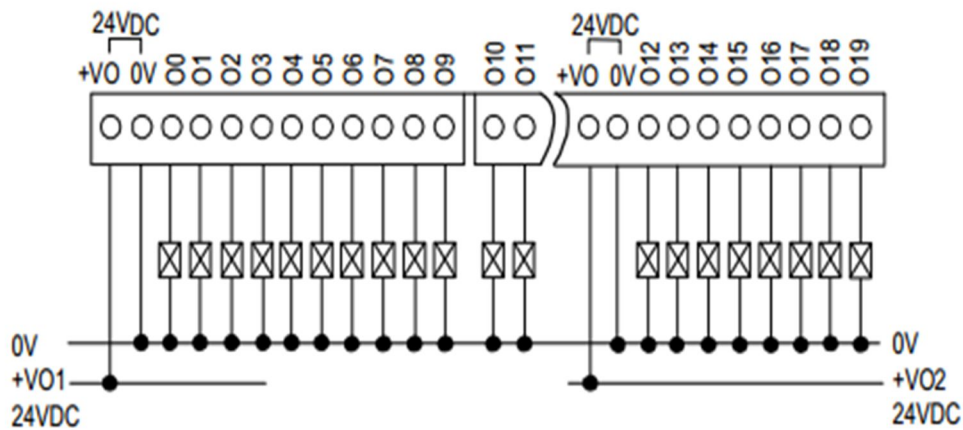


Figura 3. 8. Conexionado de salidas digitales

En la Figura 3.8, según el fabricante del OPLC muestra que la línea común es 0v para los dispositivos conectados en las salidas digitales y la línea de control para la activación es 24vDC. Esto se tuvo en cuenta para poder diseñar el relé de estado sólido, por lo cual éste dispone de un voltaje de control 24vDC y el voltaje proporcionado a la carga (válvulas) es 220vAC.

Ya que se utilizará un transmisor de presión diferencial analógico con salida 4-20mA a dos hilos con alimentación 24vDC en el lazo, el diagrama de conexionado para la entrada analógica es el siguiente:

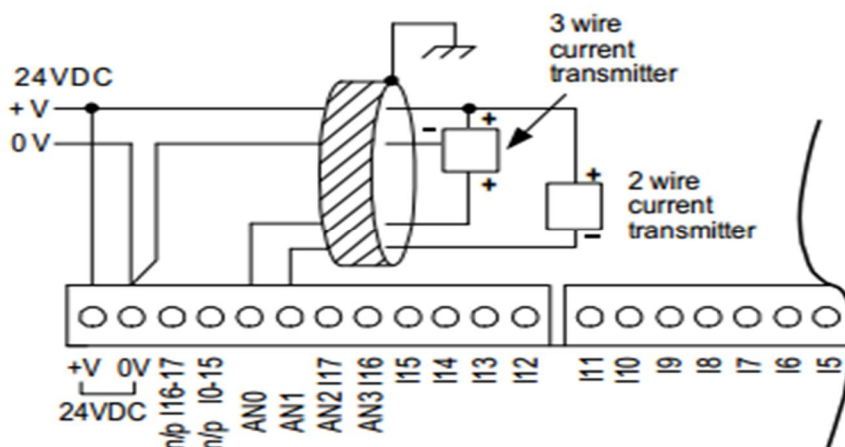


Figura 3. 9. Conexionado de entradas analógicas

3.5. DIRECCIONAMIENTO DE I/O A TRAVÉS DEL SOFTWARE U90 LADDER

Para fines prácticos de conexionado, se usará el modo de conexionado de entradas como NPN, tales entradas a continuación se direccionarán al módulo de entrada integrado en el OPLC. Para el direccionamiento por software, el OPLC Unitronics JZ-11-T40 se programa a través del programa U90 Ladder. En primer lugar, en el software se configurará el tipo de controlador que se utilizará (JZ-11-T40).

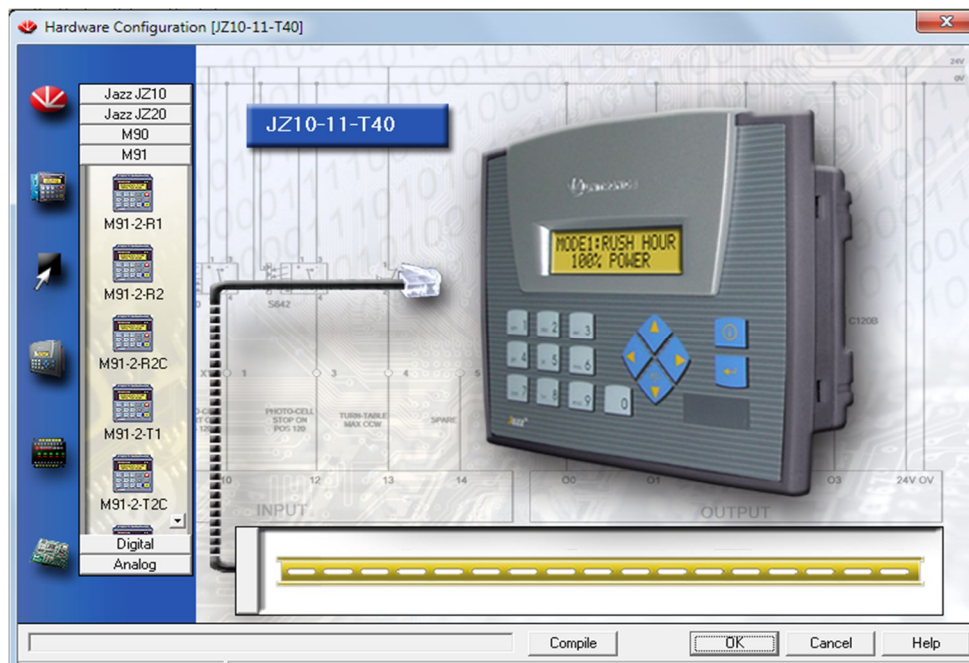


Figura 3. 10. Selección de OPLC JZ10-11-T40

Luego de haber seleccionado el OPLC (ver Figura 3.10), se procederá a direccionar e etiquetar las entradas y salidas digitales, y entradas analógicas. Teniendo en cuenta que los periféricos de entrada digitales son: pulsador de Start y Stop, selector Auto/Manual; se los direccionará tal como muestra la siguiente figura:

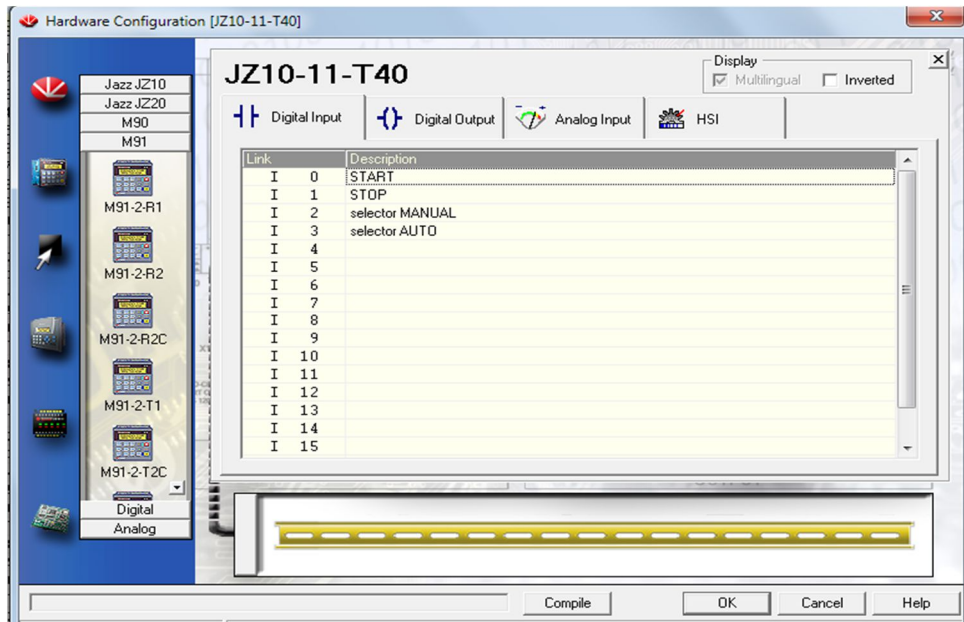


Figura 3. 11. Direccionamiento de entradas digitales

Las direcciones de entradas (I0, I1, I2,...,I18) y salidas (O0, O1,O2,...,O19) también están marcadas en los bornes externos del OPLC como se muestran en las figuras 3.7 y 3.8, esto servirá de guía para el alambrado físico de los periféricos.

El direccionamiento de las salidas digitales se realiza de la siguiente manera:

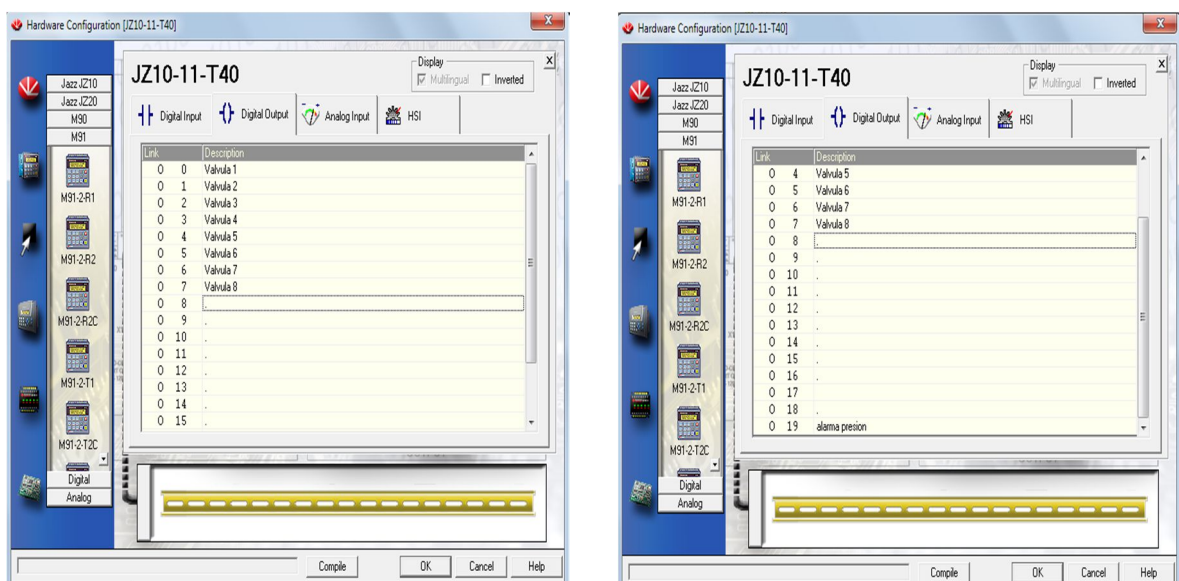


Figura 3. 12. Direccionamiento de salidas digitales

Las salidas hacia los relés de estado sólido están direccionadas desde O0 hasta O7, mientras que la salida para la luz electroboscópica se ha direccionado en O19.

Respecto al transmisor de presión diferencial APLISENS se conectará a la entrada analógica AI0, la cual se configurará como señal de corriente 4-20mA.

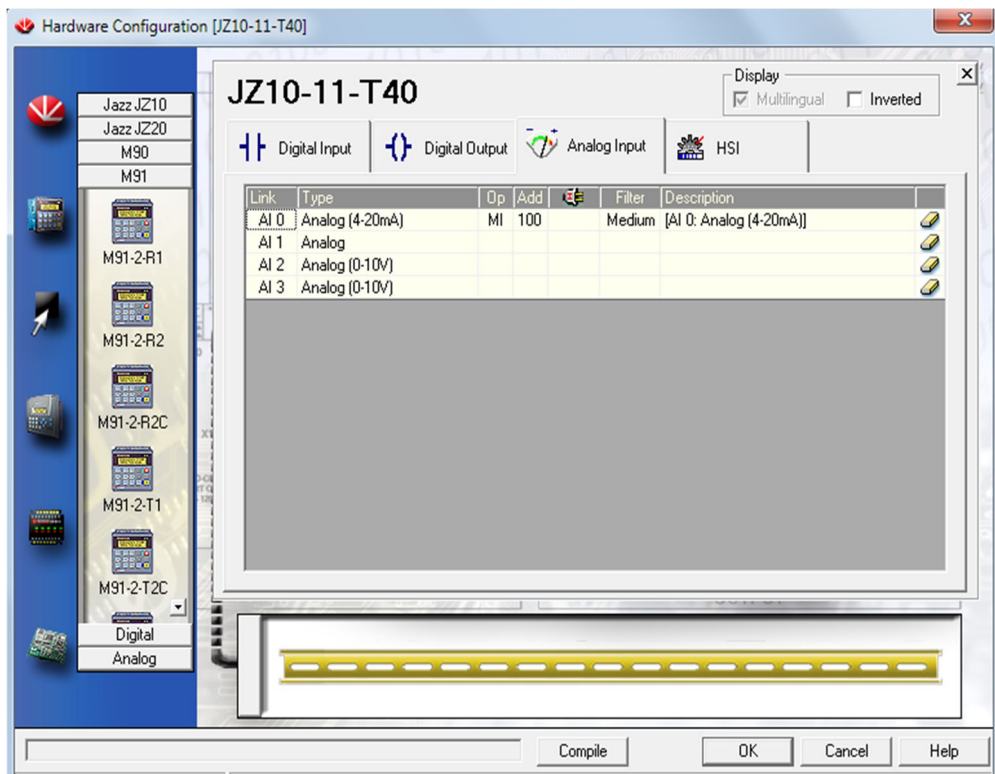


Figura 3. 13. Direccionamiento de entrada analógica 4-20mA

3.6. ESCALADO SEÑAL ANALÓGICA

El OPLC JZ-11-T40 tiene como resolución de 10 bits (0 a 1023 valores) para sus entradas analógicas.

Ya que el transmisor de presión APR-2000ALW tiene como salida 4-20mA, entonces:

- Al valor de corriente 4mA le corresponderá el valor 205.
- Al valor de corriente 20mA le corresponderá el valor 1023.

En la Figura 3.14 se muestra la curva de escalamiento entre el valor de la corriente 4-20mA y el valor de resolución 205-1023.

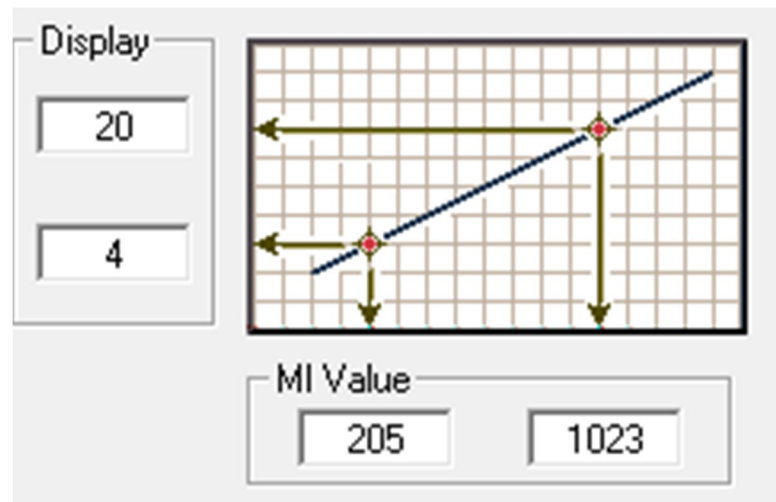


Figura 3. 14. Escalamiento de entrada analógica 4-20mA

Ya que el valor de la presión diferencial en el colector de polvo varía de acuerdo al grado de suciedad de los filtros de mangas, el transmisor se calibrará para medir el rango de presión 0-500mmH₂O, entonces:

- Al valor de presión diferencial 0 mmH₂O le corresponderá 4mA
- Al valor de presión diferencial 500 mmH₂O corresponderá 20mA

Para relacionar el valor de corriente "Y" medida por el amperímetro a una presión desconocida "X" se aplica la regla de Tales de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l}
 20\text{mA} \longrightarrow 500\text{mmH}_2\text{O} \\
 Y \text{ mA} \longrightarrow X \text{ mmH}_2\text{O} \\
 4\text{mA} \longrightarrow 0\text{mmH}_2\text{O}
 \end{array}$$

Obteniendo:

$$\frac{(20 - 4)\text{mA}}{(Y - 4)\text{mA}} = \frac{(500 - 0)\text{mmH}_2\text{O}}{(X - 0)\text{mmH}_2\text{O}}$$

$$X = 31.25*(Y-4) \text{ ----- Ecuacion 1}$$

Haciendo la linearización de la entrada analógica 4-20mA a través del software de programación U90, se hace uso de las variables “System Integers” (SI) tal como muestra la tabla siguiente:

Enteros de Sistema						
Op	Addr	In Use	Power Up	Value	Symbol	
SI	80	<input checked="" type="checkbox"/>				Linear conversion: x1 value
SI	81	<input checked="" type="checkbox"/>				Linear conversion: x2 value
SI	82	<input checked="" type="checkbox"/>				Linear conversion: y1 value
SI	83	<input checked="" type="checkbox"/>				Linear conversion: y2 value
SI	84	<input checked="" type="checkbox"/>				Linear conversion: X (input) value
SI	85	<input checked="" type="checkbox"/>				Linear conversion: Y (result) value

Figura 3. 15. Variables “SI” asociadas a linearización

Cada variable “SI” almacena un valor de conversión de acuerdo a la Figura 3.15. En la variable SI 84 se almacenará el valor de la entrada analógica la cual corresponde a un valor de corriente, mientras que en la variable SI 85 se obtendrá el resultado final del escalamiento en la unidad de presión mmH2O. A continuación se muestra el programa LADDER del escalamiento de la señal analógica:

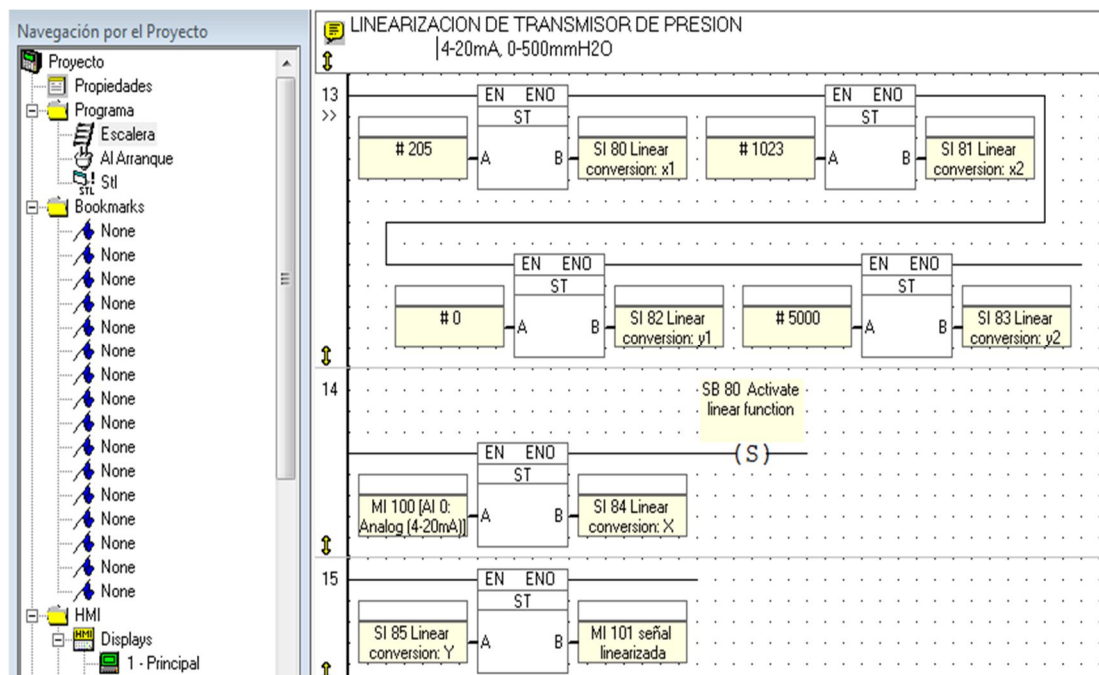


Figura 3. 16. Programación en lenguaje Ladder del escalamiento analógico

Tal como se muestra en la Figura 3.16, el valor decimal #205, la cual corresponde a 4mA, se almacena en la variable “SI 80” y el valor decimal #1023 se almacena en la variable “SI 81”. Mientras que en las variables “SI 83” y “SI 84” se almacena el rango de presión diferencial que se medirá, la cual es 0-500mmH2. Se tomará en cuenta que el valor de presión a representar tendrá un valor después del punto decimal, se carga el valor 5000 a la variable “SI 83”, ya que el último cero representa el número de decimales que se representará en el display.

3.7. PARÁMETROS CONFIGURABLES EN EL OPLC DESDE EL HMI

Ya que el OPLC tiene incorporado el panel donde el operador podrá actuar sobre el sistema y setear valores, se diseñaron ocho pantallas donde el operador podrá navegar entre ellas con las teclas del panel:

3.7.1. Pantalla “Principal”



Figura 3. 17. Pantalla principal

La Figura 3.17 muestra la pantalla principal del OPLC, es decir, apenas se encienda el equipo se mostrará el mensaje descrito. A través de la tecla derecha e izquierda se ingresará a las otras pantallas del menú.

3.7.2. Pantalla “Tiempos”

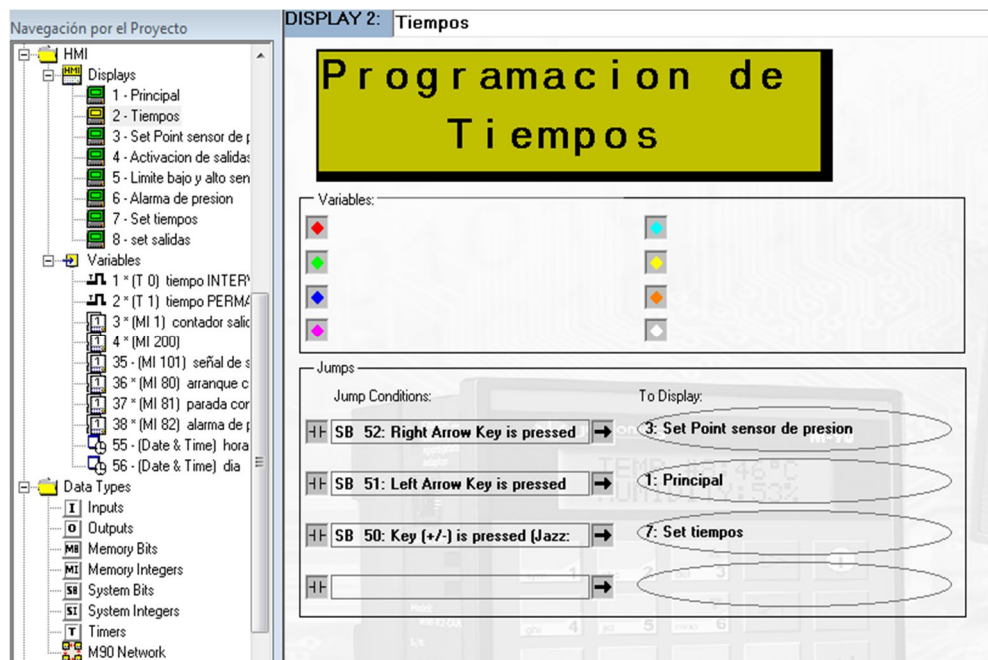


Figura 3. 18. Pantalla “Tiempos”

La Figura 3.18 muestra la pantalla principal para la configuración de los tiempos de permanencia e intervalo. Con la tecla down arrow se ingresará a la pantalla para ingresar los valores numéricos de los tiempos:

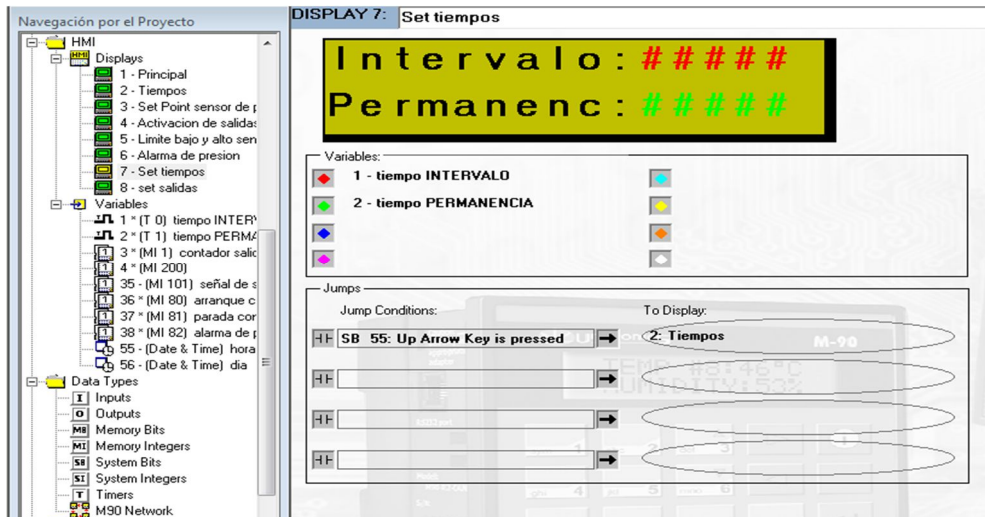


Figura 3. 19. Pantalla “Set Tiempos”

El operador podrá ingresar el valor del tiempo de permanencia e intervalo haciendo uso de las teclas numéricas, en el display se mostrará en el formato SS:hh, es decir, el operado ingresará el valor de tiempo en el rango de segundo y milisegundos (ver Figura 3.19).

3.7.3. Pantalla “Set Point Sensor de presión”

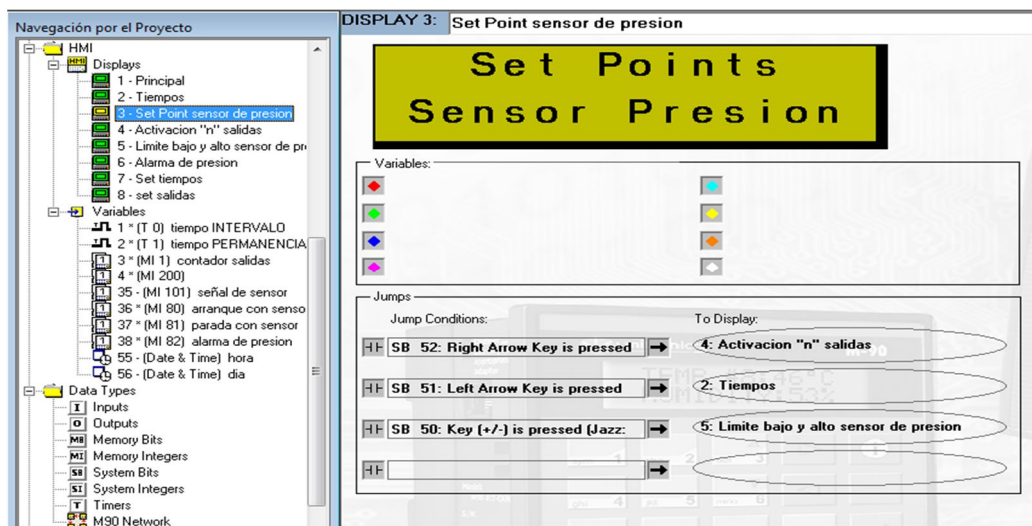


Figura 3. 20. Pantalla “Set Point sensor de presión”

La pantalla “Set Point Sensor de presión” es el display principal para el ingreso del parámetro máximo y mínimo de presión diferencial a la cual el sistema empezará a activar las electroválvulas de manera secuencial. Desde el teclado se presionará la tecla “down arrow” para poder ingresar los valores, cabe destacar que el valor de presión diferencial estará en unidades de mmH2O. Al ingresar a la pantalla para setear lo valores de presión se mostrará el display de la Figura 3.20, donde se mostrará el valor en tiempo real de la presión diferencial. Los valores a ingresar desde el panel se guardarán en las variables MI80 y MI81. La variable MI80 es donde se almacenará el valor de la presión diferencial a la que el sistema empezará activar el encendido secuencial de las electroválvulas (en la pantalla de muestra la letra “A” la cual indica arranque del sistema), mientras que en la variable MI81 se almacenará el valor de la presión diferencial detendrá el ciclo de limpieza de los filtros de mangas (en la pantalla se muestra la letra “P” la cual indica parada del sistema).

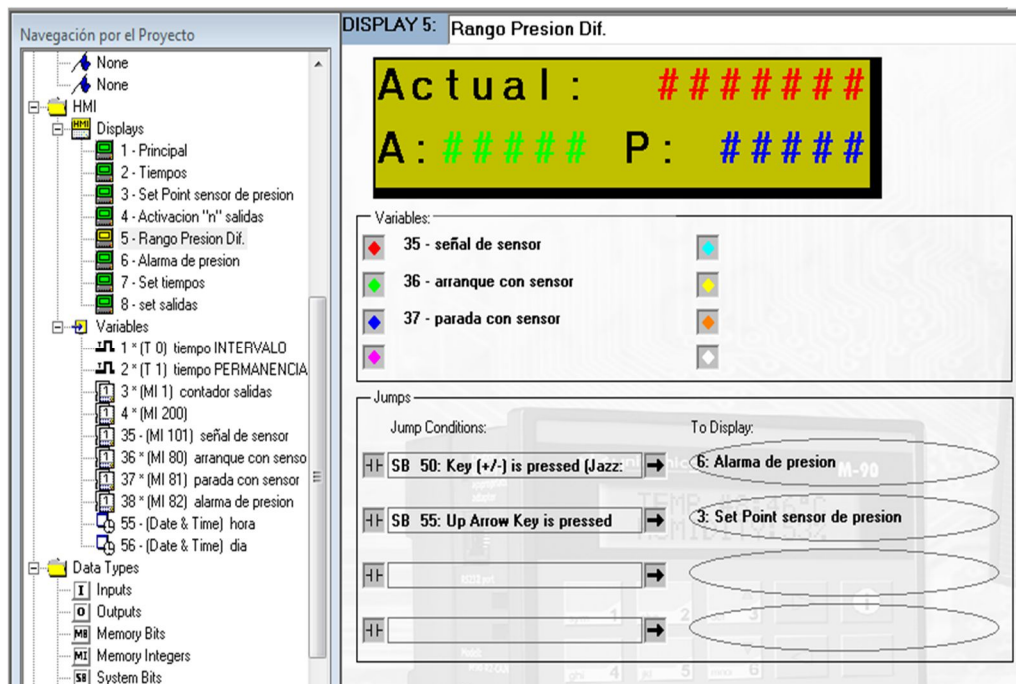


Figura 3. 21. Pantalla “Rango Presión Dif.”

Las variables MI80 y MI81 son declaradas como variables “Numeric Value”, y se configuran para que sean valores ingresados por el operador activando la casilla “keypad entry”, tal como muestra la Figura 3.22.

Luego de haber ingresado los límites de presión diferencial a la cual el ciclo de limpieza se activará, el operador presionando la tecla “down arrow” tendrá acceso a ingresar el valor de presión diferencial a la cual se considere el sistema en caso de emergencia, por ejemplo: cuando se rompen los filtros de mangas la presión bajara considerablemente, por lo cual el sistema activará una alarma (se activará la luz electroboscópica).

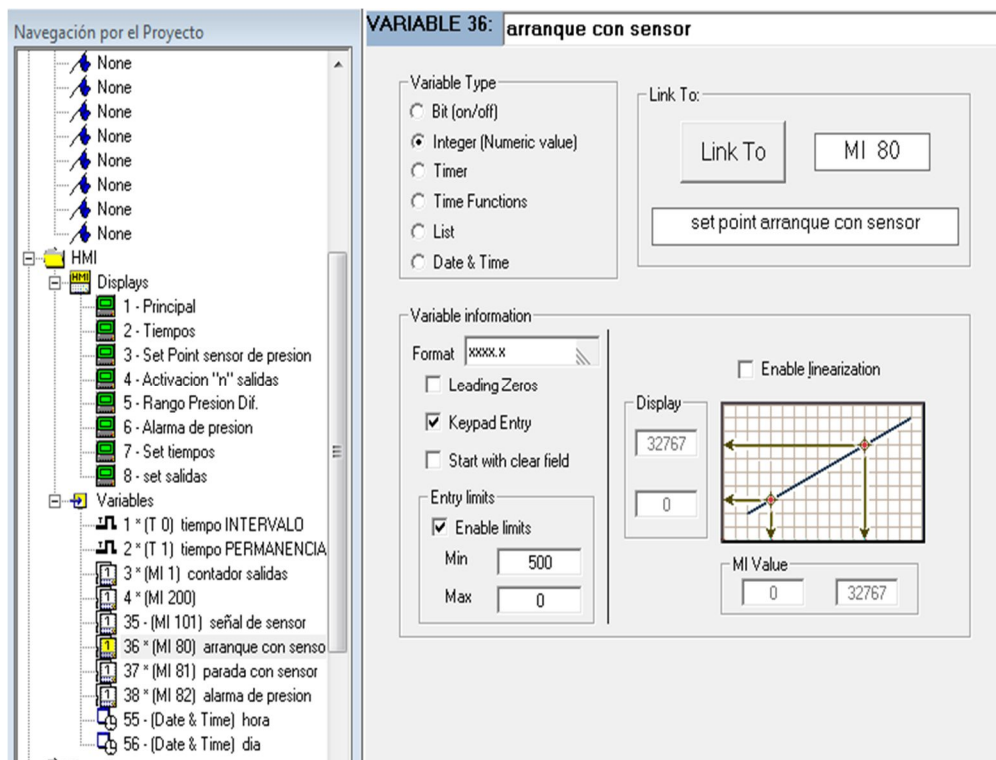


Figura 3. 22. Parametrización variable MI80

3.8. PROGRAMACIÓN DEL OPLC

Tal como se define la lógica de control en sub-capítulos anteriores y se describió el modo de conexionado de las entradas y salidas en los módulos del JZ-11-T40, se procede a explicar cada segmento de la programación en lenguaje Ladder del OPLC:

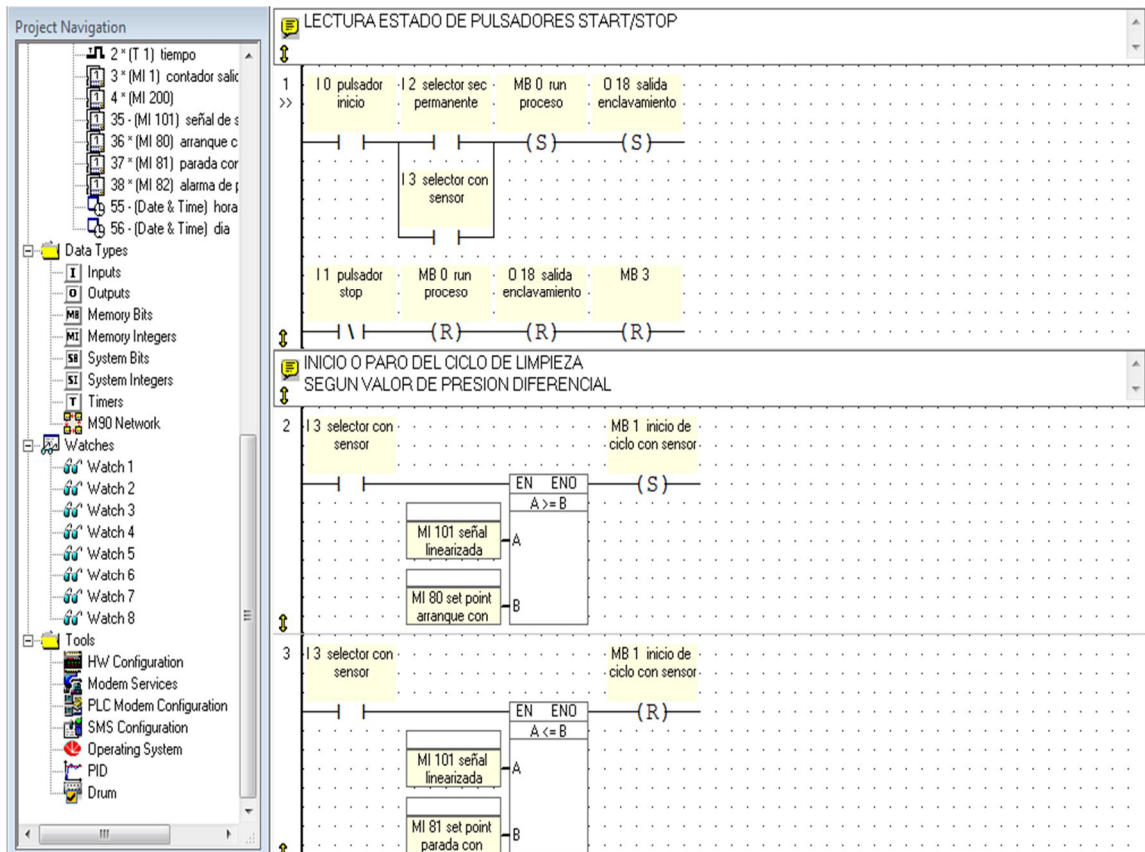


Figura 3. 23. Lectura de estado de pulsadores Start/Stop

En la Figura 3.23 se muestran los segmentos 1,2 y 3 de la programación, se da la lectura de los pulsadores Start/Stop, lo cuales setean o resetean marcas tipo bit para el inicio o paro de la secuencia. En los segmentos 2 y 3, se compara el valor de la señal analógica linealizada, y se inicia o para el ciclo de acuerdo al valor de la presión diferencial real del proceso.

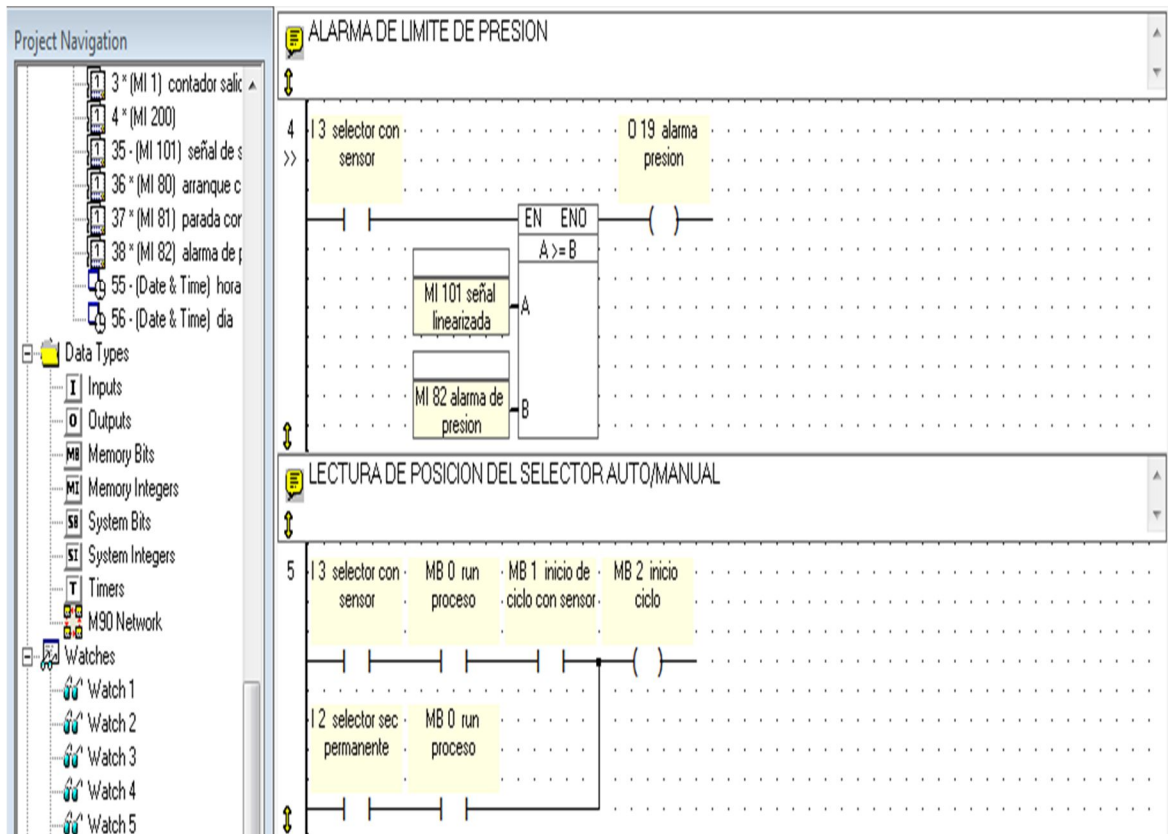


Figura 3. 24. Ejecución de alarma por valor de presión no segura

En la Figura 3.24 se muestran los segmentos 4 y 5. En el “segmento 4” se hace la comparación de la señal linearizada con el valor almacenado en la marca MI82 (valor ingresado por el operador), si la comparación da como resultado verdadero entonces se activará la luz estroboscópica (salida O19).

En el “segmento 5” se testea las señales del selector Auto/Manual, de acuerdo a la posición se ejecutará la secuencia.

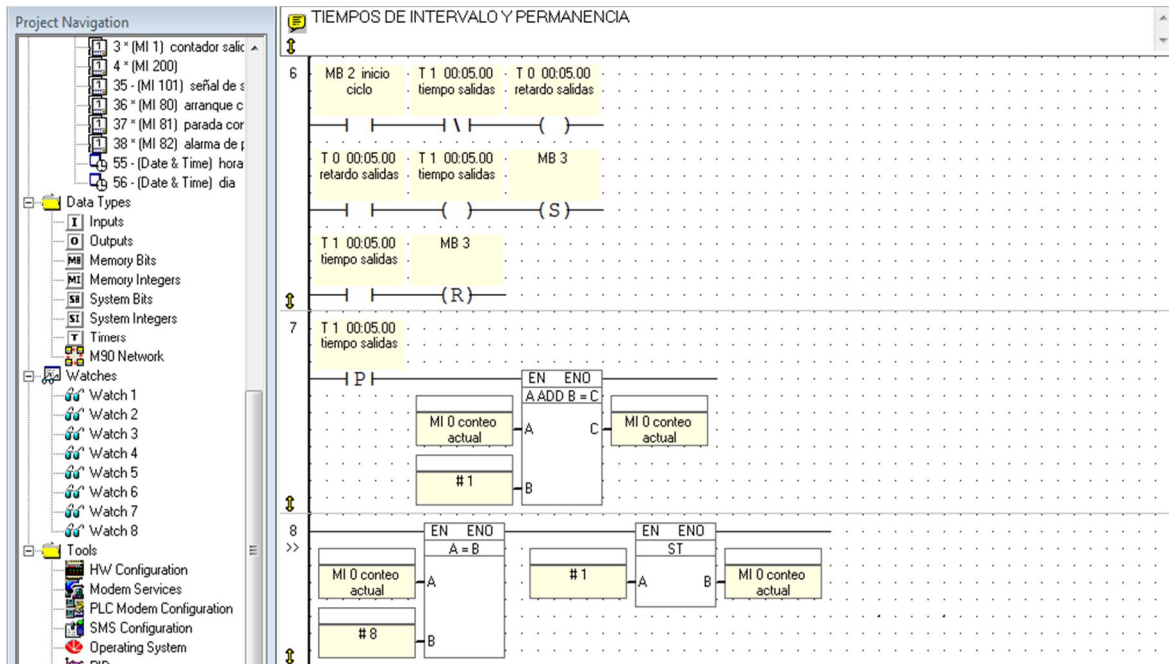


Figura 3. 25. Secuencia de temporización

La Figura 3.25 muestra como se ha realizado el proceso de activación secuencial de las válvulas. La temporización secuencial se ha realizado a través de temporizadores con retardo a la conexión (T1 y T0), los cuales al finalizar el tiempo programado incrementarán el contador “MI0”. El contador “MI0” se reseteará cuando se cumpla la condición del “segmento 8” y se reiniciará la activación secuencial de las salidas. El contador “MI0” también se reseteará cuando se presione el pulsador Stop (ver Figura 3.26).

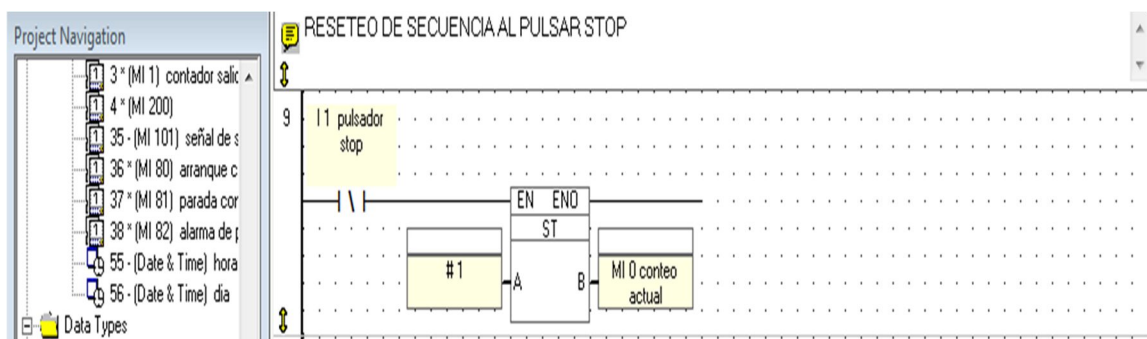


Figura 3. 26. Reseteo de contador MI0

De acuerdo al valor actual del contador “MI0” se usan bloques de comparación, si el resultado de la comparación es verdadera, entonces se activará la válvula correspondiente, es decir, si el valor del contador MI0 es cuatro, y la comparación se la hace con el #4, entonces se encenderá la válvula cuatro. La Figura 3.27 muestra el modo que se ha realizado la programación para poder activar cada válvula dependiendo del valor actual del contador MI0.

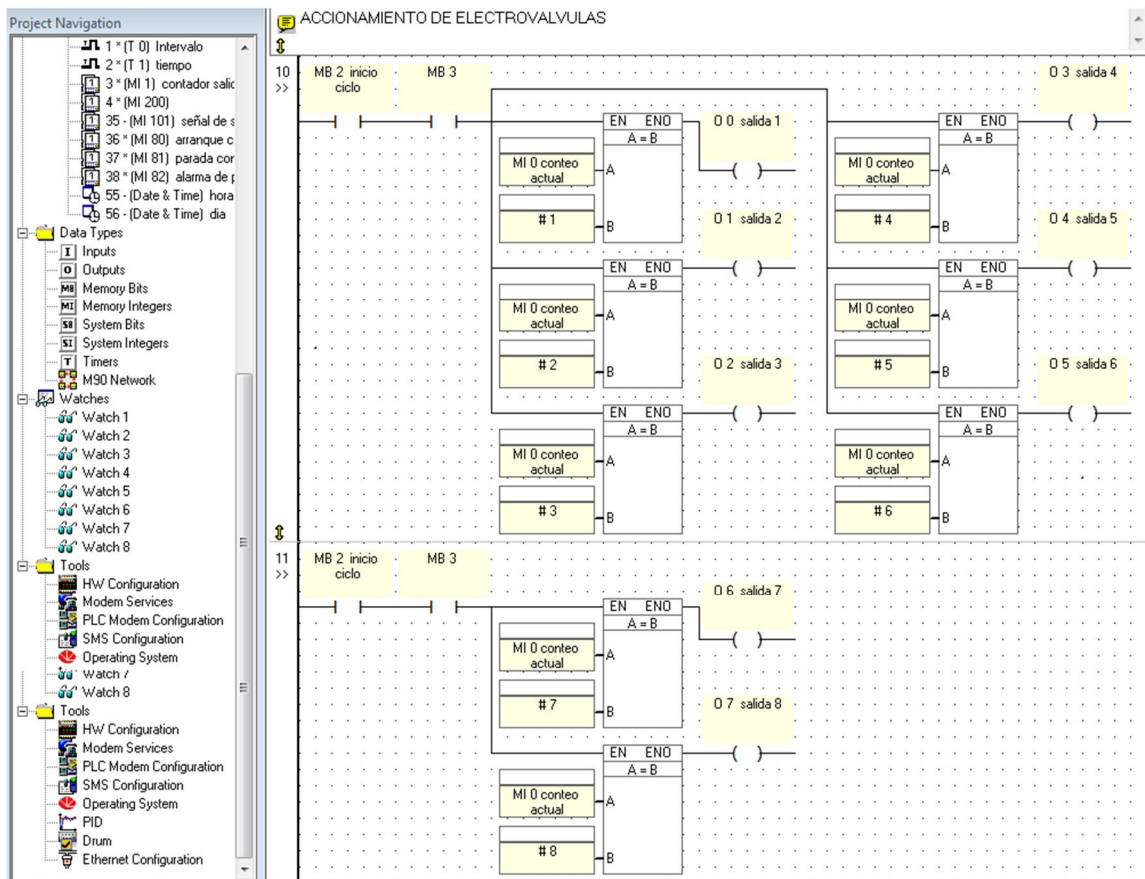


Figura 3. 27. Activación de salidas según valor del contador MI0

3.9. REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

Luego de haber programado correctamente el OPLC y procediendo a la descarga del programa Ladder al controlador JZ-11-T40, se procedió a conectar correctamente la alimentación de 24vDc al equipo, probando con las teclas del panel la navegación hacia los diferentes displays programados.

En la figura 3.28 se muestra el valor de la presión diferencial actual, además de poder modificar los valores “A” (valor de arranque) y “P” (valor de parada) a través de las teclas del panel.



Figura 3. 28. Prueba de cambio de rangos de presión diferencial

Ya que en el momento no había disponibilidad del transmisor de presión diferencial APLISENS se procedió a usar un potenciómetro de 1kohm para poder generar un rango de corriente hasta 20mA. Generando la corriente 20mA, tal como muestra el amperímetro, la pantalla del OPLC debería mostrar 500mmH2O lo cual es correcto (ver Figura 3.29).



Figura 3. 29. Prueba generando corriente de 20mA

La Figura 3.30 muestra como el operario puede modificar los valores de los tiempos de intervalo y permanencia presionando las teclas del panel, los cuales deben ser programados de acuerdo a parámetros del proceso.



Figura 3. 30. . Prueba modificación de tiempos intervalo y permanencia

CONCLUSIONES

1. Un colector de polvo filtra las partículas del aire contaminado por el proceso industrial, una vez filtrado y limpio el aire podrá descargarse al ambiente.
2. Una manera de controlar los pulsos de limpieza es usando un controlador lógico programable y un transmisor de presión diferencial. Este control actúa solo cuando es alcanzado el valor establecido de presión diferencial en las bolsas (50mmH₂O) y se apaga cuando la caída de presión está por debajo de este valor.
3. Los tiempos de permanencia muy largos y alta presión se pueden usar incorrectamente con mucha frecuencia, ya que un pulso muy continuo desgasta el filtro prematuramente.
4. Con el OPLC se podrá modificar e indicar mediante el display los tiempos seleccionados tanto de intervalo como de permanencia. Con este sistema los tiempos son exactos y el gasto de aire comprimido será lo que realmente necesita el sistema para limpiarse.
5. Las mangueras de conexión a proceso no deben estar saturadas, sino se tendrá lectura errónea en el transmisor de presión y los filtros de mangas acumularían mayor cantidad de polvo.
6. Instalar un sensor de temperatura en el ducto de entrada de los gases hacia el colector de polvo sirve para controlar exceso de temperatura que dañe los filtros de mangas (220°C aprox.).
7. Los instrumentos de medición conectados al proceso están expuestos a condiciones físicas adversas.
8. El grado de protección IP (contra polvo y agua) es un factor importante en la selección de equipos e instrumentos.
9. El aire comprimido proveniente del compresor deberá ser seco para evitar causar fallas a las electroválvulas.
10. La automatización de equipos instrumentación genera beneficios ya que en conjunto nos proporciona una mejora en los controles de proceso y mantenimiento de equipos.

RECOMENDACIONES

1. Verificar temporalmente el estado del tablero eléctrico del sistema de control de polvos, para evaluar si está deteriorado evitando el ingreso de agua y polvo al sistema.
2. Revisar el estado del transmisor de presión, ya que está en línea al proceso y puede dañarse por factores externos.
3. Los tiempos de permanencia e intervalos serán modificados por el operador de acuerdo a valores de diseño del colector de polvo, ya que tiempos muy cortos o pequeños pueden hacer ineficiente el sistema de limpieza de los filtros de mangas.
4. Verificar la presión del acumulador de aire comprimido periódicamente para que la inyección de aire hacia las mangas sea la suficiente para remover el polvo impregnado.
5. Limpiar o cambiar periódicamente las mangueras conectadas al proceso para obtener lectura real en el transmisor de presión.
6. Verificar correcta calibración y estado físico del sensor de temperatura ubicado en la entrada de los gases del colector de polvo para evitar sobrecalentamiento de los filtros de mangas.
7. El operario encargado del mantenimiento debe usar los elementos de protección personal apropiado (casco, lentes, respirador, tapones auditivos, botas de seguridad) para evitar riesgos y accidentes.
8. Programar revisiones técnicas diarias, semanales y mensuales para prevenir condiciones inseguras (revisión de exhaustor, posición de canastilla de los filtros de mangas, activación de las electroválvulas, entre otras).
9. Si la condensación es inevitable, las válvulas deberán ser montadas sobre los tanques y fijarse el cabezal con una válvula de drenado.
10. El personal debe actuar pronto en cuanto suene la alarma estroboscópica, esto indica que la presión ha variado bruscamente (la polea del exhaustor se ha roto, la compresora dejó de funcionar).

BIBLIOGRAFÍA

- Cooper, D., & Alley, F. (1994). *Air Pollution Control*. New York: Waveland.
- Creus, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Alfaomega.
- Danoso, O. (2011). *Pruebas Experimentales en un Filtro de Mangas Tipo Pulse Jet*. Recuperado el 22 de Febrero de 2015, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/>
- Fernandez, E. (2008). *Mejoras en la eficiencia de colectores de polvo jet pulse*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2014, de http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1274/IME_123.pdf?sequence=1
- Piedrafita, R. (2004). *Ingeniería de la automatización industrial*. España: RAMMA.
- Santos Gallegos, C. (2011). *Programación y mantenimiento de colector de polvo*. Queretaro.
- Stalling, W. (2004). *Comunicaciones y redes de computadores*. Madrid.
- Tocci, R. (1993). *Sistemas digitales: Principios y Aplicaciones*. México.
- Tomasi, W. (1996). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. España: Prentice Hall.
- Torit, D. (2014). *donaldson*. Recuperado el 18 de Febrero de 2015, de <http://www2.donaldson.com/>
- Tyson, F. (1984). *Industrial Instrumentation*. EEUU: Prentice-Hall.
- Unitronics. (2012). *Edición de gráficos en HMI*. Recuperado el 11 de diciembre de 2014, de <http://www.infoplcn.net/descargas/26-unitronics/1397-tutorial-unitronics-15-edicion-graficos-en-los-hmi-de-unitronics>
- Vasquez, C. (1998). *Electricidad Moderna, PLC y energía renovable*. Mexico: DabaTechnology.

ANEXOS

Anexo 01. TABLA DE LETRAS DE IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

<i>1.ª Letra</i>		<i>Letras sucesivas</i>		
<i>Variable medida (3)</i>	<i>Letra de modificación</i>	<i>Función de lectura pasiva</i>	<i>Función de salida</i>	<i>Letra de modificación</i>
A	Análisis (4)	Alarma		
B	Llama (quemador)	Libre (1)	Libre (1)	Libre (1)
C	Conductividad		Control	
D	Densidad o peso específico	Diferencial (3)		
E	Tensión (f.e.m.)	Elemento primario		
F	Caudal	Relación (3)		
G	Calibre	Vidrio (8)		
H	Manual			Alto (6) (13) (14)
I	Corriente eléctrica	Indicación (9) o indicador		
J	Potencia	Exploración (6)		
K	Tiempo		Estación de control	
L	Nivel	Luz piloto (10)		Bajo (6) (13) (14)
M	Humedad			Medio o intermedio (6) (13)
N	Libre (1)	Libre	Libre	Libre
O	Libre (1)	Orificio		
P	Presión o vacío	Punto de prueba		
Q	Cantidad	Integración (3)		
R	Radiactividad	Registro		
S	Velocidad o frecuencia	Seguridad (7)	Interruptor	
T	Temperatura		Transmisión o transmisor	
U	Multivariable (5)	Multifunción (11)	Multifunción (11)	Multifunción (11)
V	Viscosidad		Válvula	
W	Peso o Fuerza	Vaina		
X	Sin clasificar (2)	Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y	Libre (1)		Relé o computador (12)	
Z	Posición		Elemento final de control sin clasificar	

Anexo 02. DATOS TÉCNICOS OPLC JZ10-11-T40

JZ10-11-T40 **16 Digital, 2 Analog/Digital, 2 Analog Inputs,
20 Transistor Outputs**

Jazz™ Micro-OPLC™ Technical Specifications

Power supply

Input voltage	24VDC
Permissible range	20.4VDC to 28.8VDC with less than 10% ripple
Current Consumption	See Note 1
Max. current consumption	170mA@24VDC
Typical power consumption	3W

Notes:

1. If you do not use the LCD backlight, subtract 35mA from the maximum current consumption value.

Digital Inputs

Number of inputs	18 (two groups) – see Notes 2 & 3	
Input type	pnp (source) or npn (sink)	
Galvanic isolation	None	
Nominal input voltage	24VDC	
Input voltage		
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'	
npn (sink)	17-28.8VDC for Logic '0' 0-5VDC for Logic '1'	
Input current	I0-I15	I16-I17
Response time	3.7mA@24VDC	1.2mA@24VDC
	10mSec typical	20mSec typical
Input cable length	Up to 100 meters, unshielded	
High speed inputs	Specifications below apply when wired as H.S.C. See Note 4.	
Resolution	16-bit	
Frequency	5kHz maximum	
Minimum pulse width	80µs	

Notes:

2. Inputs I0-I15 are arranged in a single group. Via wiring, the entire group may be set to either pnp or npn.
3. I16 & I17 may be wired as either digital or analog inputs, as shown in the product's installation guide. I16 & I17 may be wired as npn, pnp, or 0-10V analog inputs. 1 input may be wired as pnp, while the other is wired as analog. If 1 input is wired as npn, the other may **not** be wired as analog.
4. I0 and I1 can each function as either a high-speed counter or as a normal digital input. When used as a normal digital input, normal input specifications apply.

Anexo 03. DATOS TÉCNICOS TRANSMISOR APLISENS APR-2000ALW

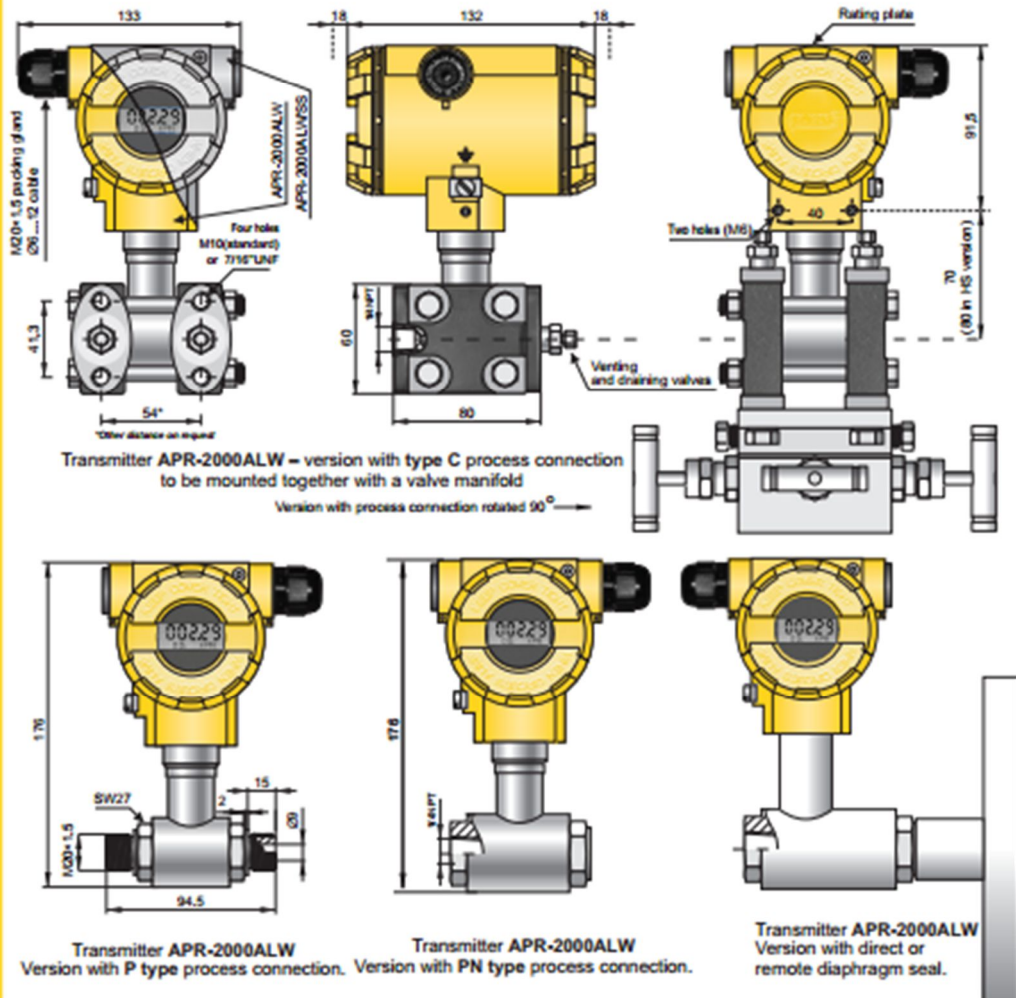


SMART DIFFERENTIAL PRESSURE TRANSMITTER APR-2000ALW



- ✓ 4...20 mA, 0...20 mA or 0...5 mA output signal + HART protocol
- ✓ Digital PROFIBUS PA signal
- ✓ Display with backlight
- ✓ Intrinsic safety certificate (ATEX, IECEx)
- ✓ Explosion proof certificate (ATEX, IECEx)
- ✓ PED Conformity (97/23/EC)
- ✓ Programmable zero range, shift, characteristic and damping ratio with local panel keys
- ✓ Static pressure limit up to 420bar
- ✓ Accuracy 0,075% (0,05% on request)
- ✓ SIL 2 certificate
- ✓ Marine certificate – DNV, BV
- ✓ Gold plated diaphragms
- ✓ Wetted parts material Hastelloy C276

new 5 years warranty



Anexo 04. DATOS TÉCNICOS CABLE DE INSTRUMENTACIÓN

Detailed Specifications & Technical Data

METRIC MEASUREMENT VERSION



1030A Multi-Conductor - 300V Power-Limited Tray Cable



For more Information
please call

1-800-Belden1



General Description:

16 AWG pairs stranded (7x24) bare copper conductors, twisted pairs, overall Beldfoil shield (100% coverage), PVC insulation, PVC jacket.

Physical Characteristics (Overall)

Conductor

AWG:

# Pairs	AWG	Stranding	Conductor Material
1	16	7x24	BC - Bare Copper

Total Number of Conductors: 2

Insulation

Insulation Material:

Insulation Material	Wall Thickness (mm)
PVC - Polyvinyl Chloride	0.4064

Outer Shield

Outer Shield Material:

Outer Shield Trade Name	Type	Outer Shield Material	Coverage (%)
Beldfoil®	Tape	Aluminum Foil-Polyester Tape	100

Outer Shield Drain Wire AWG:

AWG	Stranding	Drain Wire	Conductor Material
18	7x25	TC	Tinned Copper

Outer Jacket

Outer Jacket Material:

Outer Jacket Material	Norm. Wall Thickness (mm)
PVC - Polyvinyl Chloride	0.9398

Outer Jacket Ripcord: Yes

Overall Cable

Overall Cabling Color Code Chart:

Number	Color
1	Black & White

Overall Nominal Diameter: 6.528 mm

Pair

Pair Lay Length & Direction:

Lay Length (mm)	Twists (twist/m)
76.200	13.124

Mechanical Characteristics (Overall)

Operating Temperature Range: -30°C To +105°C

Bulk Cable Weight: 62.951 Kg/Km

Max. Recommended Pulling Tension: 177.928 N

Min. Bend Radius/Minor Axis: 66.040 mm