



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO
RENOVABLES

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE
MÁQUINA MEZCLADORA DE PINTURA
SEMIAUTOMATIZADA”

Tesis previa a la obtención
del título de Ingeniero
Electromecánico

AUTORES:

DIEGO FERNANDO DOMÍNGUEZ SANTÍN
DIEGO FERNANDO MERINO ULLAURI

DIRECTOR:

Ing. Francisco Leonel Aleaga Loaiza

Loja – Ecuador
2011



CERTIFICACIÓN

Ing. Francisco Leonel Aleaga Loaiza

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación, bajo el tema "**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA MEZCLADORA DE PINTURAS SEMIÁUTOMÁTIZADA**", previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por los señores egresados: **Diego Fernando Merino Ullauri y Diego Fernando Domínguez Santín**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, Febrero de 2011

Ing. Francisco Leonel Aleaga Loaiza

DIRECTOR DE TESIS



AGRADECIMIENTOS

Mi sincero sentimiento de gratitud a:

Universidad Nacional de Loja, por darme la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Ing. Francisco Aleaga, director de este trabajo de investigación, por su acertada guía en el desarrollo del mismo.

Ing. Julio Cuenca, por haber compartido sus conocimientos durante mi permanencia en esta Institución de Educación Superior.

Diego Merino

A mi padre DIOS por iluminarme tanto en los bueno y malos momentos.

A mi familia por estar siempre a mi lado e inculcarme buenos principios y prestarme todo su apoyo incondicional enseñándome que los objetivos que uno se propone se logran trabajando fuerte.

A todas las personas que hicieron posible que hoy logre una de mis metas.

Diego Domínguez



DEDICATORIA

A mi Tía, Hna. Elvia Ullauri Jaramillo (+),
y a mi familia quienes se constituyeron en
apoyo e incentivo constantes en la
búsqueda de la superación personal y
profesional.

Diego Merino

Dedico el trabajo realizado en este
proyecto en primer lugar a DIOS por
darme la fortaleza de seguir y no rendirme,
a mi madre y a mis hermanos, en especial
a mi hermano Fabián que desde el cielo,
me estará dando su apoyo y bendiciones.

Y a todas las personas que siempre han
estado ahí y a pesar de todo nunca dejaron
de confiar en mí.

Diego Domínguez



1. RESUMEN

La presente investigación tiene como fin desarrollar el Diseño de un prototipo semiautomatizado que obtiene diferentes colores basándose en el círculo cromático, teniendo como finalidad dotar de una maquina didáctica al laboratorio de Automatización de la Universidad Nacional de Loja, con la cual los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica puedan apreciar el uso de un autómatas programable, sensores digitales y un sistema neumático, operando en conjunto dentro de un proceso real.

Como primera parte de la investigación se presenta los procesos automatizados, los procesos manuales de la producción de pintura a nivel internacional, nacional y local. Siguiendo con el desarrollo de la tesis se explica cómo está diseñado el prototipo semiautomatizado en su estructura mecánica, sistema neumático y el sistema eléctrico.

A continuación se explicara el diseño del sistema de control junto a la selección de todos sus elementos que componen el mismo. A partir de aquí se indica la programación implementada para el sistema de control de la máquina prototipo, indicando la función de cada una de sus partes dentro del proceso semiautomatizado.



SUMMARY

The present investigation has as end to develop the Design of an automated prototype that obtains different colors being based on the chromatic circle, having as purpose to endow of one it schemes didactics to the laboratory of Automation of the National University of Loja, with which the students of the career of Electromechanical Engineering can appreciate the use of a programmable robot, sensor of ultrasonic and a pneumatic system, operating on the whole inside a real process.

As first part of the investigation it is presented the automated processes, the manual processes of the production of painting at international, national and local level. Continuing with the development of the thesis is explained how the prototype automated in its mechanical structure, pneumatic system and the electric system is designed.

Next the design of the control system was explained next to the selection of all its elements that you/they compose the same one. Starting from here the programming is indicated implemented for the system of control of the machine prototype, indicating the function of each one on its behalves inside the automated process.



ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	I
AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA	III
1. RESUMEN	IV
INDICE GENERAL	6
INDICE DE FIGURAS	11
INDICE DE TABLAS	13
SIMBOLOGÍA	14
2. INTRODUCCIÓN	16
3. REVISIÓN DE LITERATURA	17
MARCO TEÓRICO	17
3.1 Situación Actual	17
3.1.1 Situación Actual a Nivel Internacional	17
3.1.2 Situación Actual a Nivel Nacional y Local	17
3.2 Proceso de Mezclado de Pintura	18
3.2.1 Elementos de un Proceso a Automatizar	18
3.2.2 Elementos de Entrada de Órdenes	19
3.2.3 Elementos de Entrada de Información	19
3.2.4 Elementos de Salida de Información	20
3.2.5 Preaccionadores y Accionadores	20
3.3 Tipos de Proceso	21
3.3.1 Sistema de Tratamiento de la Información	21
3.4 Maquinas para Mezclado de Pintura	23



3.4.1	Dosificador Manual modelo kd-20b by tintec.....	23
3.4.1.1	Panel de Control.....	23
3.4.1.2	Instrucciones de Entintado.....	24
3.4.1.3	Dosificando Desde el Cilindro.....	25
3.5	Control del Proceso.....	27
3.5.1	Instrumento basado en el desplazamiento	27
3.5.2	Actuadores.....	28
3.5.2.1	Actuadores Electrónicos.....	29
3.5.2.2	Actuadores Hidráulicos.....	29
3.5.2.3	Actuadores Neumáticos.....	29
3.5.2.4	Actuadores Eléctricos.....	30
3.6	Contactador.....	30
3.7	Temporizador.....	31
3.8	Neumática Industrial.....	32
3.8.1	Ventajas de la Neumática.....	32
3.8.2	Desventajas de la Neumática.....	33
3.8.3	Componentes de un Sistema Neumático.....	34
3.8.3.1	Elementos Generadores.....	35
3.8.4	Elección del Compresor.....	36
3.9	Electroválvulas.....	37
3.9.1	Definición.....	37
3.9.2	Clasificación.....	37
3.9.3	Principio de Funcionamiento.....	38
3.10	Código de Identificación de Instrumentos.....	38



3.10.1	Resumen Norma ISA-S5.1-84 (r 1992).....	40
3.11	Autómatas Programables (PLC).....	43
3.11.1	Características del PLC.....	43
3.11.2	Desarrollo del PLC.....	45
3.11.3	Componentes.....	45
3.11.4	Tipos de PLC.....	46
3.11.4.1	Modelos Integrados.....	46
3.11.4.2	Modelos Modulares.....	47
3.11.5	Aplicaciones.....	47
3.11.6	Métodos de Programación.....	48
3.11.6.1	Programación en Lista de Instrucciones.....	48
3.11.6.2	Programación en Diagrama de Escalera.....	49
3.11.6.3	Programación en Lenguaje de Alto Nivel.....	49
3.11.6.4	Estructuración en SFC (Sequential Flow Chart).....	50
4. MATERIALES Y METODOS	.....	52
4.1	Características Generales del Equipo Propuesto.....	52
4.1.1	Diseño y Selección de los Componentes Mecánicos.....	52
4.1.2	La Estructura base.....	52
4.1.3	Tanques de depósitos, dosificación y mezcla de pintura.....	53
4.2	Calculo de la Presión Necesaria.....	54
4.3	Dimensionamiento del Motor.....	60
4.4	Dimensionamiento del Sistema de Abastecimiento de Pintura.....	64
4.4.1	Datos de Diseño.....	64
4.4.1.1	Dimensionamiento del Sistema de Limpieza.....	64



4.5 Dimensionamiento de los Tanques de Almacenamiento de Pintura.....	64
4.6 Dimensionamiento y Selección de las Tuberías.....	65
4.6.1 Distribución del Aire.....	65
4.6.2 Dimensiones de las Tuberías.....	66
4.6.3 Resistencia al Caudal.....	68
4.6.4 Configuración de la Red de Tubos.....	69
4.7 Diseño del Sistema de Control.....	71
4.7.1 Datos de Diseño.....	71
4.7.2 Selección de los Sensores.....	73
4.7.3 Selección de Electroválvulas.....	74
4.7.4 Selección del PLC.....	75
4.8 Datos Técnicos TD400C.....	83
4.9 PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTADA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA PROTOTIPO.....	84
4.9.1 Programación Implementada para el PLC.....	84
4.9.2 Descripción General del Programa.....	85
4.9.3 Validación del Programa Implementado en el PLC.....	86
4.9.4 Validación del Sistema de Control.....	86
4.9.4.1 Estado Inicial.....	86
4.9.4.2 Proceso de Dosificación (color verde).....	86
4.9.4.3 Proceso de Mezclado.....	87
4.9.4.4 Proceso Final.....	87
4.9.4.5 Sistema de Limpieza.....	87
4.9.4.6 Proceso de Dosificación (color violeta).....	87



4.9.4.7	Proceso de Mezclado.....	88
4.9.4.8	Proceso Final.....	88
4.9.4.9	Sistema de Limpieza.....	88
4.9.4.10	Proceso de Dosificación (color naranja).....	89
4.9.4.11	Proceso de Mezclado.....	89
4.9.4.12	Proceso Final.....	89
4.9.4.13	Sistema de Limpieza.....	89
5. RESULTADOS	.....	91
5.1	Evaluación Técnica, Económica y Ambiental.....	91
5.1.1	Análisis Técnico del Proyecto.....	91
5.1.2	Estimación del Precio de la Investigación.....	92
5.1.2.1	Estimación del Costo Total.....	99
5.1.3	Evaluación Ambiental.....	100
6. CONCLUSIONES	.....	101
7. RECOMENDACIONES	.....	102
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	.....	103
9. ANEXOS	.....	104



INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 Elementos de Proceso.....	18
Figura 3.2 Circuito Convencional.....	21
Figura 3.3 Circuito Secuencial.....	22
Figura 3.4 Dosificador Manual de Pintura.....	23
Figura 3.5 Panel de Control.....	24
Figura 3.6 Regleta.....	26
Figura 3.7 Sensor de Nivel.....	28
Figura 3.8 Contactor.....	30
Figura 3.9 Temporizador.....	31
Figura 3.10 Sistema Neumático.....	34
Figura 3.11 Simbología del Compresor.....	36
Figura 3.12 Electroválvulas.....	37
Figura 3.13 Instrumentos de campo y de panel.....	39
Figura 3.14 Símbolos de elementos primarios.....	40
Figura 3.15 Concepto básico del PLC.....	44
Figura 3.16 Muestra de programa representado en diagrama de escalera.....	49
Figura 3.17 Muestra de programación en lenguaje de alto nivel.....	50
Figura 3.18 Estructura ejemplo en diagrama de flujo secuencial.....	50
Figura 4.1 Estructura Base.....	52
Figura 4.2 Presión en los Tanques.....	54
Figura 4.3 Paleta de Mezclado.....	60
Figura 4.4 Fuerza Ejercida Sobre la Paleta.....	62
Figura 4.5 Tanque de Abastecimiento.....	64
Figura 4.6 Sistema de abastecimiento de aire.....	69
Figura 4.7 Electroválvula.....	75
Figura 4.8 Entradas y Salidas de las CPUs.....	79
Figura 4.9 Salidas de los módulos de ampliación digitales S7-200.....	82



Figura 4.10 Datos técnicos de TD 200C y TD 400C.....83
Figura 4.11 Algoritmo.....84



INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Funcionamiento del Circuito Convencional.....	21
Tabla 3.2 Funcionamiento del Circuito Secuencial.....	22
Tabla 3.3 Símbolos de Representación de Instrumentos.....	42
Tabla 3.4 Abreviaturas para Representar el Tipo de Alimentación.....	42
Tabla 4.1 Características de la Estructura Base.....	52
Tabla 4.2 Características de los Tanques.....	53
Tabla 4.3 Selección de Tuberías.....	70
Tabla 4.4 Entrada del Sistema de Control.....	71
Tabla 4.5 Salida del Sistema de Control.....	72
Tabla 4.6 Características y Beneficios del LV-Max Sonar-EZ0.....	74
Tabla 4.7 Datos Técnicos del CPU S7-200.....	76
Tabla 4.8 Datos Técnicos del CPU S7-200_224.....	78
Tabla 4.9 Números de referencia de los módulos de ampliación digitales.....	80
Tabla 4.10 Datos técnicos generales de los módulos de ampliación digitales.....	81



SIMBOLOGÍA

$Q =$ Caudal

$\emptyset =$ Diametro de salida del tanque de dosificación

$A =$ Area interna de la tubería

$v =$ Velocidad del orificio de salida

$v_r =$ Velocidad real

$g =$ Gravedad

$h_r =$ Altura de servicio

$P_r =$ Presión de servicio

$\delta =$ Densidad de la pintura

$P_t =$ Presión teorica

$h_1 =$ Presión atmosferica

$h_2 =$ Presión atmosferica

$H_{r1-2} =$ Perdidas primarias + Perdidas secundarias

$Z_1 =$ Nivel medio del tanque de almacenamiento

$Z_2 =$ Nivel medio del tanque de dosificación

$v_1 =$ velocidad del fluido de salida del tanque de almacenamiento

$v_2 =$ velocidad del fluido de salida del tanque de dosificación

$H_B =$ Presión instalada al sistema por el compresor

$P =$ Presion de impulsión

$P_m =$ Potencia mecánica

$P_e =$ Potencia del equipo

$\mathcal{Q} =$ rendimiento

$E_C =$ Energía cinética

$m =$ Masa



$v = \text{Velocidad}$

$V = \text{Volumen}$

$t = \text{tiempo}$

$P_o = \text{Potencia}$

$\omega = \text{Velocidad angular}$

$r = \text{Radio}$

$A_T = \text{Area de trabajo}$

$\mu = \text{Factor de servicio}$

$P_M = \text{Potencia de motor}$

" = *Pulgada*



2. INTRODUCCIÓN

Luego de haber cursado nuestros estudios superiores dentro de la carrera de ingeniería Electromecánica de la Universidad Nacional de Loja, observando en nuestro medio nos dimos cuenta que en la actualidad, la imperante necesidad de sistemas de manufactura más eficientes y, por ende, procesos más rápidos y de mayor calidad, siempre con la meta de optimizar al máximo los recursos para así obtener la mayor ganancia; nos remite a pensar inmediatamente en un sistema de automatización, el mismo que nos brinda un sin fin de beneficios siempre con la mira puesta en la mejora constante del proceso.

En el presente proyecto pondremos en práctica los conocimientos adquiridos, que fueron impartidos por los ingenieros de nuestra carrera de Ing. Electromecánica.

Por lo que decidimos implementar un prototipo de una Maquina Mezcladora de Pintura Semiautomatizada ya que dentro de esta, se incluyen dos de los procesos más comunes de la industria, como son la dosificación de la receta, y el mezclado del producto.

Mediante un diseño semiautomatizado podremos controlar el proceso de dosificación de pintura para proceder a la obtención de colores basados en los colores primarios, para lograr el control de dicho proceso tendremos que aplicar los conocimientos adquiridos en lo que se refiere al uso de sensores, actuadores, y la programación del controlador lógico programable (PLC).



3. REVISIÓN DE LITERATURA

MARCO TEÓRICO

3.1 SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, la importante necesidad de sistemas de manufactura más eficientes y, por ende, procesos más rápidos y de mayor calidad, siempre con la meta de optimizar al máximo los recursos para así obtener la mayor ganancia; nos remite a pensar inmediatamente en un sistema de automatización, el cual nos brinda un sin fin de beneficios siempre con la mira puesta en la mejora constante del proceso.

3.1.1 SITUACIÓN ACTUAL A NIVEL INTERNACIONAL

Actualmente a nivel internacional los fluidos a dosificar se almacenan en recipientes. Algunos de estos recipientes están equipados con mezcladores para mantener la homogeneización de los líquidos. La dosificación de los fluidos se lleva a cabo a través de válvulas de control accionadas neumáticamente que actúan en dos modos: flujo constante y flujo por goteo.

El sistema computarizado se encarga de registrar el peso dosificado y dar comandos de apertura y cierre de las válvulas de manera que la dosificación sea precisa. Un software administrativo se utiliza para almacenar las formulas, escribir las cantidades que se desean dosificar, almacenar la información de dosificación y llevar un inventario, generando reportes de producción del equipo.

3.1.2 SITUACIÓN ACTUAL A NIVEL NACIONAL Y LOCAL

A nivel nacional y local las empresas dedicadas a la mezcla de pintura son realizadas por maquinas dosificadoras manuales, el sistema completo se compone de 16 colorantes universales, tres bases por calidad de pintura. Dentro de las máquinas dosificadoras se dispone de diferentes modelos dependiendo de las necesidades de cada cliente. Un

programa informático se encarga de manejar la máquina dosificadora y de almacenar todas las fórmulas de los colores.

3.2 PROCESO DE MEZCLADO DE PINTURA

3.2.1 ELEMENTOS DE UN PROCESO A AUTOMATIZAR

Un proceso a automatizar requiere tener en cuenta un conjunto de elementos, cada uno de los cuales realiza su función dentro del proceso. Podríamos representar el proceso con el sistema de control y estos elementos mediante el gráfico de la figura 3.1.

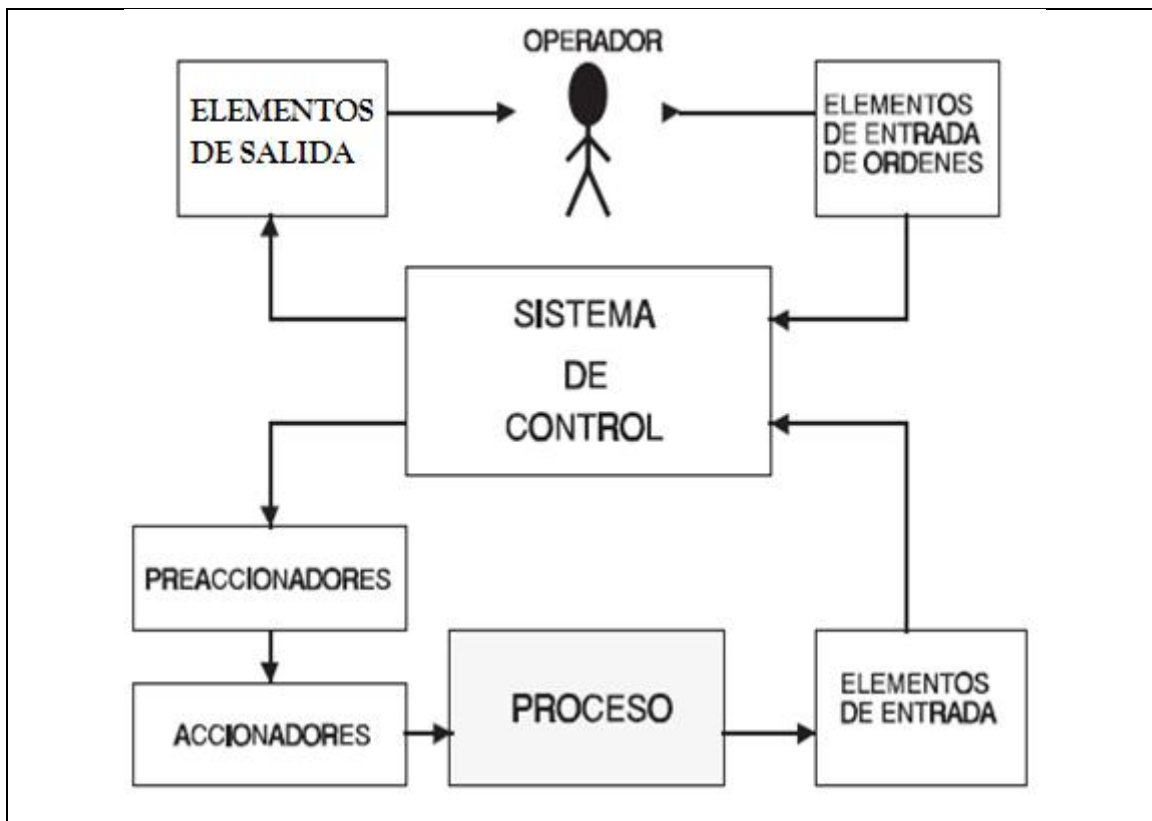


Fig. 3.1 Elementos del proceso

Seguidamente trataremos cada uno de los elementos que aparecen en este gráfico a fin de tener una visión general de las necesidades y posibilidades de la automatización industrial.



3.2.2 ELEMENTOS DE ENTRADA DE ÓRDENES

Son los que permiten al operador la entrada de datos y órdenes al sistema. Podemos clasificarlos en dos categorías: binarios y numéricos (o alfanuméricos). Los elementos binarios son los que nos permiten entrar órdenes del tipo sí/no (cierto/falso, activado/desactivado, etc.). Entre ellos destaca el pulsador que es el más usado en el entorno industrial, sin embargo, podemos destacar también los interruptores, los conmutadores, etc.

Los elementos numéricos permiten la entrada de números (codificados de diversas formas, como ya veremos). Los más corrientes son los preselectores digitales que son elementos con una rueda numerada (habitualmente del 0 al 9) que se puede hacer girar en uno u otro sentido mediante unos botones; el valor que aparece en el frontal del preselector es el que se envía al sistema de control. También destacan los teclados numéricos.

Los elementos alfanuméricos permiten entrar letras y números (a menudo codificados en código ASCII), en la mayor parte de los casos se trata de teclados.

3.2.3 ELEMENTOS DE ENTRADA DE INFORMACIÓN

Los elementos de entrada de información se pueden clasificar según el tipo de señal que faciliten o según la magnitud que indiquen. Según el tipo de señal podemos distinguir los binarios, los numéricos y los analógicos. Los binarios comparan la magnitud con una referencia (umbral) y la salida corresponde al resultado de la comparación (mayor/menor); un ejemplo podría ser un termostato. Los numéricos facilitan un código numérico que corresponde al valor de la magnitud leída; un ejemplo podría ser un codificador de posición axial absoluto (*encoder*). Los analógicos dan una señal en forma de tensión eléctrica (o de corriente eléctrica) proporcional al valor de la magnitud; por ejemplo podemos citar un transductor de par mecánico. Las informaciones de tipo analógico se presentan habitualmente en uno de los siguientes cuatro rangos: 0 a 10 V, 0 a 20 mA, -10 a 10 V y 4 a 20 mA. Las señales en corriente (0-20 mA y 4-20 mA) tienen la ventaja respecto a los de tensión de no verse afectados por la longitud de los conductores; además



el tipo 4-20 mA facilita la detección de averías dado que el valor 0 mA sólo se puede obtener en caso de mal funcionamiento. Por estos motivos el tipo 4-20 mA es el más usado en el entorno industrial.

Las magnitudes a detectar o medir son muchas, podemos destacar algunas: Temperatura, presión, caudal, pH, posición, velocidad, aceleración, fuerza, par mecánico, deformación, corriente eléctrica, tensión eléctrica, potencia, iluminación, presencia (final de carrera), proximidad (inductivos, capacitivos,...), etc.

Además podemos incluir dentro de esta categoría los avisos (todos ellos binarios) procedentes de los preaccionadores; como podrían ser estado de contactores, fusibles, relés térmicos, etc.

3.2.4 ELEMENTOS DE SALIDA DE INFORMACIÓN

Se encargan de la comunicación con el operador. Se pueden clasificar de forma similar a los de entrada de órdenes. Los elementos binarios son los que dan informaciones del tipo sí/no (cierto/falso, activado/desactivado, etc.). Entre ellos destaca el piloto visualizador, pero también podemos citar los timbres, las sirenas, etc.

Los elementos numéricos y alfanuméricos permiten la visualización de números o de números y texto. Los más sencillos son los *displays* de 7 segmentos y los *displays* alfanuméricos, pero también destacan las pantallas de cristal líquido (LCD) que permiten mensajes más largos y complejos o los monitores (parecidos a pantallas de ordenador) que permiten presentar gráficos (por ejemplo sinópticos) fijos o en movimiento.

3.2.5 PREACCIONADORES Y ACCIONADORES

Los accionadores son los encargados de actuar sobre el proceso. A menudo los accionadores no son directamente conectables al sistema de control y requieren preaccionadores. Por ejemplo, un motor eléctrico necesita un contactor (o un interruptor) o un variador de velocidad para poder funcionar, un cilindro neumático necesitará una válvula distribuidora; un cilindro o un motor hidráulico necesitará una válvula



distribuidora o una válvula proporcional; a un calentador eléctrico le hará falta un contactor o un variador de tensión; etc. Fijémonos que entre los citados hay elementos binarios (contactor, válvula distribuidora) y elementos de pedido analógico (variador de tensión, válvulas proporcionales).

3.3 TIPOS DE PROCESO

3.3.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El sistema de tratamiento de la información establece la forma en que se tienen que combinar las entradas de información a fin de activar las salidas del proceso. Cuando una combinación de entradas siempre da lugar a la misma combinación de salidas se dice que el proceso es de tipo combinacional.

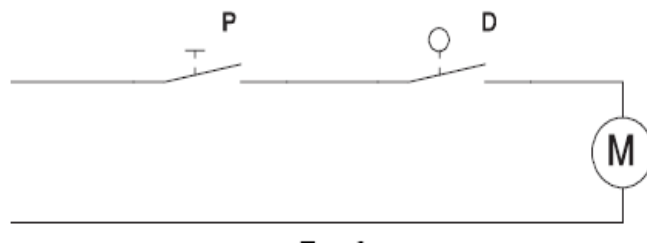


Fig. 3.2 Circuito convencional

El circuito de una máquina de picar carne (figura 3.2) sería un circuito combinacional. Su tabla de funcionamiento sería la tabla 3.1

Tabla 3.1 Funcionamiento del circuito convencional.

P	D	M
No	No	No
Si	No	No
No	Si	No
Si	Si	Si

Cuando una combinación de entradas da lugar a combinaciones diferentes de salidas dependiendo de la historia que ha seguido el proceso para llegar donde está, se dice que el proceso es de tipo secuencial. Un ejemplo de circuito secuencial podría ser un circuito marcha-parada (figura 3.3).

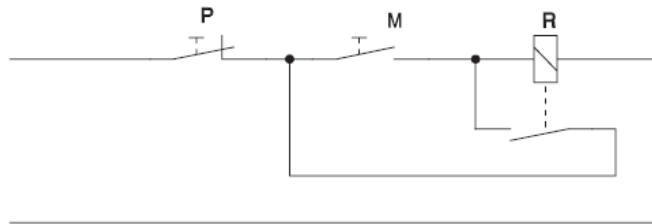


Fig. 3.3 Circuito secuencial

Tabla 3.2 Funcionamiento del circuito secuencial

P	M	R	R
No	No	No	No
No	No	Si	Si
No	Si	No	Si
No	Si	Si	Si

P	M	R	R
Si	No	No	No
Si	No	Si	No
Si	Si	No	No
Si	Si	Si	No

En este circuito el pulsador M activa un relé R. Un contacto de este relé hace un puente al pulsador M. Esto hace que el pulsador se pueda dejar sin que se desactive el relé. Para desactivar el relé es necesario apretar el pulsador P. Esto se ve reflejado en la tabla de funcionamiento (tabla 1.2) donde observamos que entre las condiciones aparece el propio relé.



3.4 MAQUINA DOSIFICARORA DE PINTURA.

Dentro de las maquinas para mezclado de pintura citamos la más común, utilizada para este proceso

3.4.1 DOSIFICADOR MANUAL MODELO KD-20B BY TINTEC

El dosificador KD- 20B by Tintec es un dispositivo de precisión en el dosificado de colorantes, es muy confiable con facilidad de uso.



Fig. 3.4. Dosificador manual de pintura

Dosificador de tintas manual con 12 contenedores de 2.5lt en polímero de Nylon con bomba de 2 oz en acero inoxidable, y base al piso o counter Top, con agitación de las tintas electrica, con timer (fig 3.4).

3.4.1.1 PANEL DE CONTROL

El dosificador cuenta con un panel de control ubicado debajo de la torna mesa, en el panel lateral izquierdo viendo de frente la maquina, en el cual se encuentran 4 botones (fig3.5). El 1er botón verde traslucido, es para indicar si la está encendida, y si tiene corriente, se deberá conectar la maquina primero a la corriente eléctrica, en 110 V 60 Hz,



posteriormente y para encender la quina, para ello se deberá presionar la lámpara indicadora verde.

Una vez que se ha encendido la maquina, se encuentra el botón verde de inicio, solo basta oprimir este botón para que la maquina comience a agitar, todas las tintas, se deberán agitar las tintas 2 veces al día por 10 min. No se deberán agitar demasiado ya que esto puede causar que se introduzca aire en los contenedores o canisters o en las bombas. Para Apagar la agitación, solo se deberá oprimir el botón negro o botón de paro, finalmente tenemos el botón Rojo de paro de emergencia: el funcionamiento del Botón de paro de emergencia es cortar la Energía Eléctrica de la Máquina, esto sirve para cuando se ha metido un cuerpo extraño en los contenedores o canisters, entonces se debe presionar el Botón de paro de emergencia que se encuentra del lado izquierdo de la máquina vista de frente. Se presiona el botón para activarlo y se desactiva dando un medio giro hacia fuera



Fig. 3.5. Panel de control

3.4.1.2 INSTRUCCIONES DE ENTINTADO.

- Identifique el color que desee hacer, ya sea por nombre o número. Refiérase al libro fórmulas para entintar e identifique la base que necesita.
- Determine la fórmula que necesita para la cantidad de pintura que va a hacer y la base que necesita.
- Asegúrese que las regletas estén en cero antes de empezar.



- Coloque la base a utilizar en la charola. Quite el freno de la torna mesa y gire la hasta poner el canister del primer colorante que necesita para la fórmula directo arriba del bote de base que va a entintar. Si encuentra una fórmula en la que no puede ser dosificada de una sola vez. Múltiples bombeos pueden ser requeridos. Recuerde que solo puede dosificar hasta 2 oz. De una sola vez
- Coloque los colorantes una vez mezclados en cada uno de los canisters Mezcle los colorantes aprox. Por 5 minutos (o según las instrucciones del fabricante) para evitar asentamientos de colorante.
- Quite las tapas de los contenedores.
- Vierta el contenido de colorante en cada contenedor llene 2 lt de colorante en cada contenedor
- Saque la regleta negra de cada bomba hasta 2Y (apretando el botón negro, y subiendo el buzo (tapa roja) hasta que tope con la regleta).
- Purgue cada bomba subiendo y bajando la tapa roja o buzo de la bomba SIN ABRIR LA VÁLVULA, digamos 5 veces para cada bomba para sacar todo el aire del contenedor. Esto absorbe el colorante del contenedor hacia la bomba y cuando se baja el buzo, saca todo el aire.
- Suba el buzo hasta que tope en la regleta. Coloque un bote limpio y vacío o un vaso Abra la válvula jalando la manija hacia la derecha. Baje el buzo hasta abajo para dosificar el colorante en el vaso o bote. Suelte la manija de la válvula. Repita éste procedimiento hasta que el colorante salga en forma constante y sin aire o burbujas.
- Una vez que el cilindro no tenga aire repita los pasos 4 & 5 Para todos los demás contenedores. Regrese todo el colorante a su respectivo contenedor.

3.4.1.3 DOSIFICANDO DESDE EL CILINDRO

- Con la tapa hasta arriba y el cilindro lleno, jale la manija de la válvula hacia la derecha para abrir la válvula hasta el tope.
- Usando su otra mano baje el buzo o la tapa Roja hasta abajo para dosificar el colorante, hasta abajo.



- Ahora ha completado la dosificación del colorante.
- Suelta la manija que abre y cierra la válvula para que regrese a su posición normal. Cierre bien La válvula, para evitar chorreos de colorante
- Repita el proceso de carga y descarga para dosificar el total de una fórmula. Continúe con el sig. Colorante.
- Cuando haya dosificado una fórmula completa, suavemente baje la o las regletas a la posición cero. No presione el botón negro de la bomba para dejar caer la regleta, hágalo manualmente para evitar algún daño.

IMPORTANTE:

El dosificador cuenta con 2 regletas una negra y otra roja (figura 3.6), la regleta roja es para dosificar cantidades pequeñas, que van desde Cero hasta 12, con $\frac{1}{2}$, para dosificar cantidades del $\frac{1}{2}$ hasta el 12, mientras que la regleta negra, comienza en el 10 y aumenta de 2 en 2 hasta 1Y o 1 onza, 2 veces, puesto que la bomba es de 2 onzas; entonces para dosificar cantidades pequeñas del 0 al 12 incluyendo $\frac{1}{2}$, se utilizará la regleta roja, y para cantidades mayores de utilizará la regleta negra.

Ambas regletas se tienen que purgar, primero se debe sacar la regleta a purgar, para posteriormente, subir y bajar el buzo o pieza roja que se encuentra en la parte superior de la bomba, como se muestra en la imagen.



Fig. 3.6 Regleta



3.5 CONTROL DEL PROCESO

3.5.1 INSTRUMENTO BASADO EN EL DESPLAZAMIENTO

El medidor de nivel de tipo desplazamiento consiste en un flotador parcialmente sumergido en el líquido y conectado mediante un brazo a un tubo de torsión unido rígidamente al tanque. Dentro del tubo y unido a un extremo libre se encuentra una variable que transmite el movimiento de giro a un transmisor exterior al tanque.

El tubo de torsión se caracteriza fundamentalmente porque el ángulo de rotación de su extremo libre es directamente proporcional a la fuerza aplicada, es decir al momento ejercido por el flotador. El movimiento angular extremo libre al tubo de torsión es muy pequeño, del orden de los 9°. El tubo proporciona además un cierre estanco entre el flotador y el exterior del tanque. Según el principio de Arquímedes, el flotador sufre un empuje hacia arriba que viene dado por la fórmula:

$$F = SH\gamma g$$

En la que:

$$F = \text{empuje del liquido}$$

$$S = \text{sección del flotador}$$

$$H = \text{altura sumergida del flotador}$$

$$\gamma = 9.8m/s^2$$

Y al momento sobre la barra de torsión es:

$$M = (SH\gamma g - P) \cdot l$$

Siendo l el brazo del tubo de torsión y P el peso del flotador.

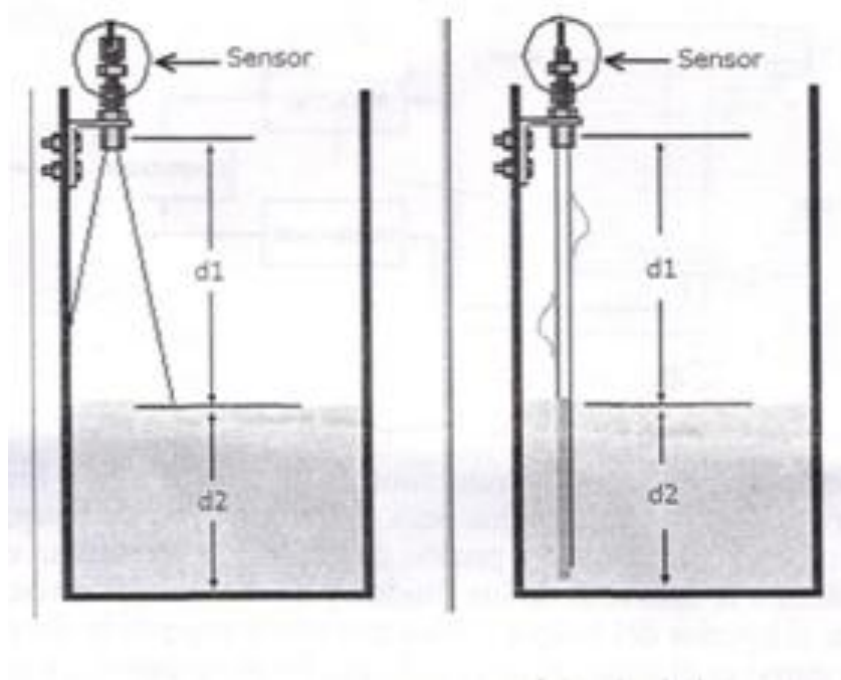


Fig. 3.7. Sensor de Nivel

Tal como puede verse en la expresión anterior, al aumentar el nivel, el líquido ejerce un empuje sobre el flotador igual al volumen de la parte sumergida multiplicada por la densidad del líquido, teniendo a neutralizar su peso propio, así que el esfuerzo medido por el tubo de torsión será muy pequeño. Por lo contrario, al bajar el nivel, menor parte del flotador queda sumergida, y la fuerza de empuje hacia arriba disminuye, resultando una mayor torsión.

3.5.2 ACTUADORES

Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

Existen varios tipos de actuadores como son:



1. Electrónicos
2. Hidráulicos
3. Neumáticos
4. Eléctricos

3.5.2.1 ACTUADORES ELECTRÓNICOS

Los actuadores electrónicos también son muy utilizados en los aparatos mecatrónicos, como por ejemplo, en los robots. Los servomotores CA sin escobillas se utilizarán en el futuro como actuadores de posicionamiento preciso debido a la demanda de funcionamiento sin tantas horas de mantenimiento.

3.5.2.2 ACTUADORES HIDRÁULICOS

Los actuadores hidráulicos, que son los de mayor antigüedad, pueden ser clasificados de acuerdo con la forma de operación, funcionan en base a fluidos a presión.

3.5.2.3 ACTUADORES NEUMÁTICOS

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadores neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadores hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

3.5.2.4 ACTUADORES ELÉCTRICOS

La estructura de un actuador eléctrico es simple en comparación con la de los actuadores hidráulicos y neumáticos, ya que sólo se requieren de energía eléctrica como fuente de poder. Como se utilizan cables eléctricos para transmitir electricidad y las señales, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a la distancia entre la fuente de poder y el actuador.

3.6 CONTACTOR

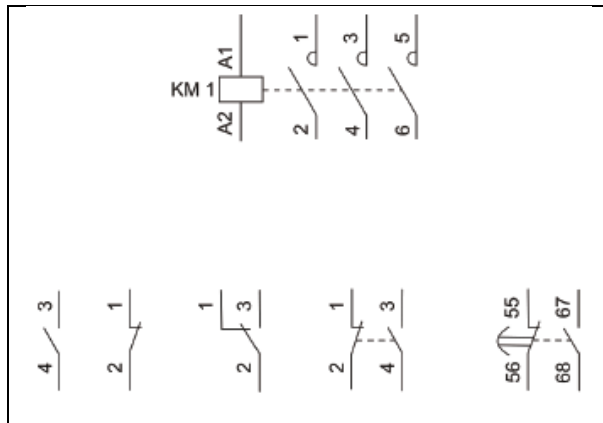


Fig. 3.8 Contactor

Un **contactor** es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un **contactor** es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

3.7 TEMPORIZADOR

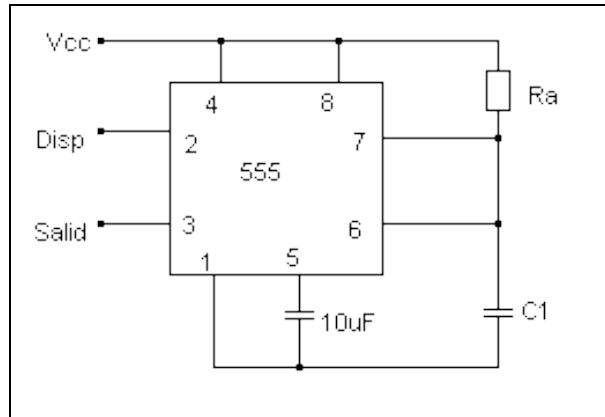


Fig. 3.9 Temporizador

Un temporizador es un aparato mediante el cual, podemos regular la conexión ó desconexión de un circuito eléctrico pasado un tiempo desde que se le dio dicha orden.

El temporizador es un tipo de relé auxiliar, con la diferencia sobre estos, que sus contactos no cambian de posición instantáneamente. Los temporizadores se pueden clasificar en:

- Térmicos.
- Neumáticos.
- De motor síncrono
- Electrónicos.

Los temporizadores pueden trabajar a la conexión o a la desconexión.

- **A la conexión:** cuando el temporizador recibe tensión y pasa un tiempo hasta que conmuta los contactos.
- **A la desconexión:** cuando el temporizador deja de recibir tensión al cabo de un tiempo conmuta los contactos.



3.8 NEUMÁTICA INDUSTRIAL

El hombre durante su existencia ha usado muchas formas de energía para su beneficio, ha conseguido transformarlas y utilizarlas en un sinnúmero de trabajos y aplicaciones. En términos industriales, se cuenta hoy en día con una variedad de tecnologías que emplean estas formas de energías para que la producción o el proceso de producción sean más eficientes, seguros y rentables, siendo este último punto (la rentabilidad), el criterio que con más frecuencia determina cuál de las tecnologías es la más conveniente para una determinada aplicación.

Básicamente, en la industria moderna, en principio se cuenta con tres formas de energía para su operación:

Energía eléctrica, energía hidráulica y energía neumática. La utilización de cualquiera de estas formas de energía obedece a un estudio preliminar de rentabilidad y a los requerimientos del proceso.

La fuerza neumática puede realizar muchas funciones de forma más regular, más rápida y sobre todo, durante más tiempo, sin sufrir los efectos de la fatiga. Comparando el trabajo humano con el elemento neumático, se comprueba la inferioridad del primero en lo referente a capacidad de trabajo.

3.8.1 VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA

- Abundancia: El aire es un recurso que se encuentra en toda la atmósfera y por lo tanto es gratuito y abundante.
- Transporte: El aire comprimido es fácil de transportar por tuberías, aun a grandes distancias. No es necesario disponer de tuberías de retorno como es el caso de la hidráulica.
- Almacenable: El aire comprimido es fácilmente almacenable en depósitos y puede tomarse desde éstos para su uso. Esto implica que el generador de aire comprimido tiene periodos de descanso. Además, se puede transportar en recipientes.



- Temperatura: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura; garantiza un trabajo seguro aún a altas temperaturas.
- Seguridad: El aire comprimido no alberga riesgos con relación a explosiones e incendios.
- Composición de los elementos: La concepción de los elementos de trabajo es simple y, por tanto, de bajo precio.
- Velocidad: Es un medio de trabajo muy rápido, permitiendo obtener velocidades de trabajo muy elevadas. Los tiempos de conmutación son cortos.
- A prueba de sobrecargas: Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden utilizarse hasta su parada completa, sin riesgo alguno de sobrecargas, siempre que no se exceda de los valores nominales.

3.8.2 DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA

- Acondicionamiento: El aire debe acondicionarse antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad.
- Temperatura: Cuando hay gradientes de temperatura a lo largo del sistema neumático, existe el riesgo de producirse condensación.
- Compresión: En el caso de los cilindros, con el aire comprimido no es posible superar reacciones en el vástago superiores a la propia fuerza del cilindro, es decir, al producto de la presión y el área del émbolo.
- Fuerza: El aire comprimido es económico hasta ciertos niveles de fuerza, y está condicionado por la presión de servicio. Normalmente se encuentra que a presión de 700 kPa (7 bar), el límite de fuerza está entre los 20000 y 30000 Newton.
- Escape: El escape de aire produce ruido. No obstante este problema se puede solucionar por medio de silenciadores y materiales que atenúan el ruido.

- Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente costosa comparada con otras; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y buen rendimiento.

3.8.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA NEUMÁTICO

La figura 3.10 muestra un sistema neumático y los elementos principales que puede tener.

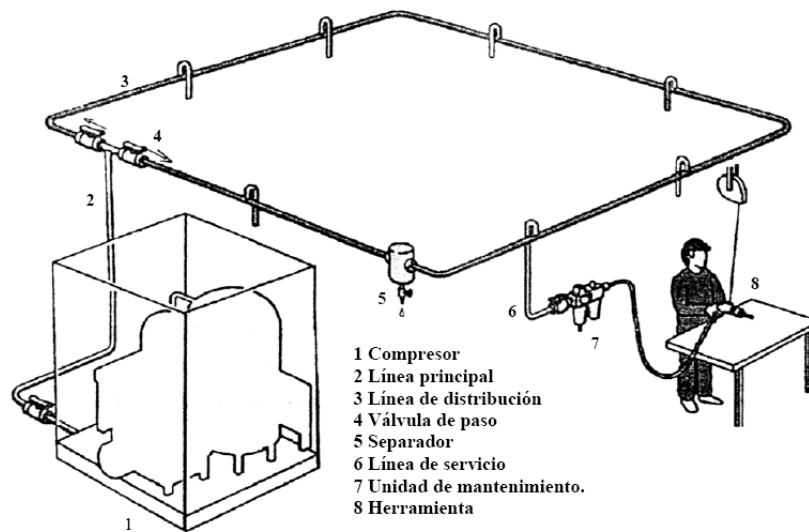


Fig. 3.10 Sistema neumático

Generalizando, en la mayoría de los sistemas neumáticos industriales se pueden distinguir los siguientes elementos:

Elementos generadores

- Compresores.

Elementos para el acondicionamiento del aire comprimido

- Filtros de succión.



- Acumuladores.
- Filtros de aceite.
- Separadores.
- Secadores.
- Unidad de mantenimiento ó F.R.L. (Filtro, regulador y lubricador).

Elementos para la distribución

- Tuberías y accesorios.

Elementos distribuidores y reguladores de flujo neumático

- Válvulas distribuidoras y reguladoras.

Elementos consumidores

- Cilindros neumáticos.
- Motores.
- Ventosas.

3.8.3.1 ELEMENTOS GENERADORES

El aire en estado natural se encuentra a una presión inferior a la presión requerida por el sistema. Es necesario elevar la presión del aire y es aquí donde entran en acción los compresores. El compresor es un dispositivo encargado de aspirar aire de la atmósfera y comprimirlo a presiones superiores. Es el elemento central de una instalación productiva de aire comprimido. Su representación simbólica según DIN ISO 1219 se muestra en la figura 3.11. Existen muchos tipos de compresores y cada uno se debe utilizar según los requerimientos de la planta. En general, sobredimensionar o su dimensionar un elemento ocasiona costos adicionales.



Fig. 3.11 Simbología del compresor

3.8.4 ELECCIÓN DEL COMPRESOR

Para seleccionar un compresor, lo primero que se debe conocer es el caudal y la presión de trabajo. El caudal se determina primeramente, verificando el consumo que se tiene: consumo continuo o consumo intermitente. Cuando se tiene consumo intermitente se debe multiplicar el valor de consumo por un factor o coeficiente variable. A la suma de los consumos (continuos más intermitentes) se recomienda añadir un valor correspondiente aproximadamente igual a 5%, como compensación de las posibles pérdidas de la instalación de distribución. En prevención de las posibles conexiones de futuros aparatos se puede considerar un aumento de al menos 50%.

El otro dato de interés para la elección del compresor es la presión. Su valor se elige entre el más alto necesario para los usuarios y sumando la caída de presión prevista en la instalación (si es de valor sensible). La presión recomendable es de siete (7) bar. Un valor más alto implica mayor costo de adquisición del compresor y mayor consumo de energía eléctrica. Otros factores a la hora de elegir un compresor son:

- El uso al que se va a destinar.
- Cómo y cuántos son los puntos de consumo.
- Máxima y mínima demanda de aire.
- Condiciones ambientales.
- Clase de edificaciones donde se va a instalar el compresor.

3.9 ELECTROVÁLVULAS

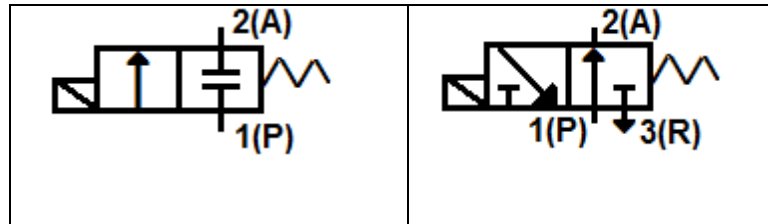


Fig. 3.12 Electroválvulas

3.9.1 DEFINICIÓN.

Una electroválvula es la combinación de dos partes fundamentales, un solenoide (bobina) y un cuerpo de válvula con 2 o 3 vías que sirve para abrir o cerrar el paso de un fluido a través de una señal eléctrica.

3.9.2 CLASIFICACIÓN.

Las características de cada electroválvula se detallan en el apartado correspondiente y se clasifican según el número de vías, situación de reposo y de funcionamiento. Las vías son los puntos de conexión entre la electroválvula y la instalación. 2 vías quiere decir una entrada y una salida, 3 vías quiere decir una entrada, una salida y una vía de descarga que también puede ser utilizada, con otras combinaciones, para tener una derivación o una mezcla de mas fluidos.

- La posición es la característica que se refiere al tipo de caudal, si es fijo o regulable. En la versión de 2 posiciones ON/OFF, abierto/cerrado. La única variante existente es la de regulación manual.

- Situación de reposo. Se ha de verificar si la electroválvula permanecerá mucho tiempo ABIERTA (con circulación de fluido); en este caso se denomina N.A. normalmente abierta en posición de reposo. Al aplicarle tensión a la bobina de esta electroválvula esta se cierra. Si la electroválvula permanece mucho tiempo CERRADA (sin circulación de fluido) se



denomina N.C. normalmente cerrada en posición de reposo. Al aplicarle tensión a la bobina de una electroválvula en reposo N.C. se abre.

3.9.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Según el valor de la presión que debe ser interceptada, igual o mayor a 0 bar, existen dos grandes familias de electroválvulas, de acción directa y servocomandada o de funcionamiento por diferencial de presión.

- Acción directa significa que la interceptación del fluido en las operaciones de apertura o cierre se realizan a través de una junta montada directamente sobre el núcleo magnético que acciona la bobina. La presión de funcionamiento esta directamente unida al diámetro de paso de la electroválvula y a la potencia de la bobina. La presión mínima de funcionamiento es igual a 0 bar.

- Acción servocomandada o de funcionamiento por diferencia de presión significa que la electroválvula dispone de un orificio piloto y un conducto principal para la circulación del fluido. En este tipo de electroválvulas, la fuerza necesaria para el accionamiento la genera la presión del fluido que circula por la misma y no depende, por tanto, de la potencia de la bobina.

3.10 CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS

Para designar y representar los instrumentos de medición y control se emplean normas muy variadas que a veces varían de industria en industria. Esta gran variedad de normas y sistemas utilizados en las organizaciones industriales indica la necesidad universal de una normalización en este campo. Varias sociedades han dirigido sus esfuerzos en este sentido, y entre ellas se encuentran como más importantes la ISA (Instrument Society of America) de la Sociedad de Instrumentos de Estados Unidos y la DIN alemana, cuyas normas tienen por objeto establecer sistemas de designación (código y símbolos) de aplicación a las industrias químicas, petroquímicas, aire acondicionado, etc.

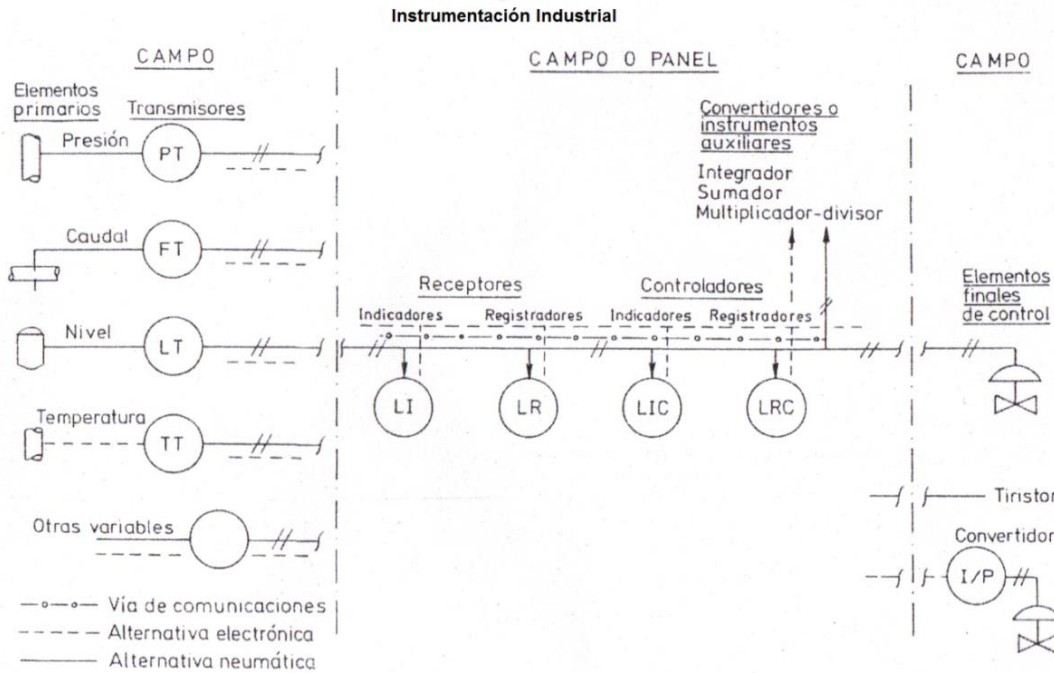


Fig. 3.13 Instrumentos de campo y de panel

Hay que señalar al lector que estas normas no son de uso obligatorio sino que constituyen una recomendación a seguir en la identificación de los instrumentos en la industria.

Figura a continuación un resumen de las normas sobre instrumentación de medición y control ISA-S5.1-84 de ANSÍ/ISA del año 1984 con una revisión el 13 de julio del año 1992, de las normas sobre símbolos de operaciones binarias de procesos (Binary Logic Diagrams for Process Operations) ISA-S5.2-76 del año 1976 revisadas el 13 de julio de 1992, de las normas sobre símbolos de sistemas de microprocesadores con control compartido (Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic and Computer Systems) ISA-S5.3 1983, ejemplos de diagramas de lazos de control según la norma ANSI/ISA-S5.4-1991 del 9 de septiembre de 1991 el estándar de colores de visualización de procesos ANSI/ISA-S5.5-1985 (aprobada el 3 de febrero de 1986).

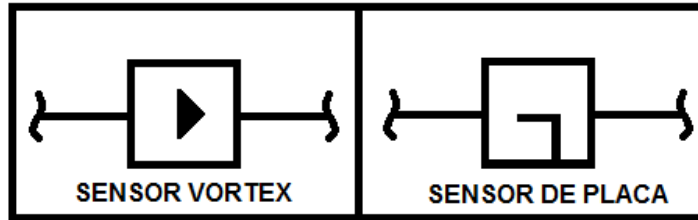


Fig. 3.14 Símbolos de elementos primarios

Los sensores captan el valor de la variable de proceso y envían una señal de salida predeterminada. El sensor puede formar parte de otro instrumento o bien puede estar separado. También se denomina detector o elemento primario (figura 3.14) por estar en contacto con la variable con la que utiliza o absorbe energía del medio controlado para dar al sistema de medición una indicación en respuesta de la variable. El efecto producido por el elemento primario puede ser un cambio de presión, fuerza, posición, medida, eléctrica entre otros.

3.10.1 RESUMEN NORMA ISA-S5.1-84 (R 1992)

A) Cada instrumento debe identificarse con un código alfanumérico o número de tag (*tagnumber*) que contenga el número de identificación del lazo. Una identificación representativa es la siguiente:

TIC 103 - Identificación del instrumento

T 103 - Identificación del lazo

103 - Número del lazo

TIC - Identificación funcional

T - Primera letra

IC * - Letras sucesivas

B) El número de letras funcionales para un instrumento debe ser mínimo, no excediendo de cuatro. Para ello conviene:



1) Disponer las letras en subgrupos. Por ejemplo, un controlador de temperatura con un interruptor de alarma puede identificarse con dos círculos uno el *TIC-3* y el otro *TSH-3*.

2) En un instrumento que indica y registra la misma variable medida puede omitirse la letra / (indicación).

C) La numeración de bucles puede ser paralela o serie. La numeración paralela inicia una secuencia numérica para cada nueva primera letra (*TIC-100*, *FRC-100*, *LIC-100*, *AI-100*, etc.). La numeración serie identifica los bucles de instrumentos de un proyecto o secciones de un proyecto con una secuencia única de números, sin tener en cuenta la primera letra del bucle (*TIC-100*, *FRC-101*, *LIC-10*, *AI-103*, etc.). La secuencia puede empezar con el número 1 o cualquier otro número conveniente, tal como *001*, *301* o *1201* y puede incorporar información codificada tal como área de planta; sin embargo, se recomienda simplicidad.

D) Si un bucle dado tiene más de un instrumento con la misma identificación funcional, es preferible añadir un sufijo, ejemplo *FV-2A*, *FV-2B*, *FV-2C*, etc., o *TE-25-1*, *TE-25-2*, *TE-25-3*, etc. Estos sufijos pueden añadirse obedeciendo a las siguientes reglas:

- Deben emplearse letras mayúsculas, A, B, C, etc.
- En un instrumento tal como un registrador de temperatura multipunto que imprime números para identificación de los puntos, los elementos primarios pueden numerarse *TE—25—I*, *TE-25-2*, *TE—25—3*, etc.
- Las subdivisiones interiores de un bucle pueden designarse por sufijos formados por letras y números.

E) Un instrumento que realiza dos o más funciones puede designarse por todas sus funciones. Por ejemplo, un registrador de caudal *FR—2* con pluma de presión *PR-4* puede designarse *FR-2/PR-4*. Un registrador de presión de dos plumas como *PR—7/8'*, y una ventanilla de alarma para temperatura alta y baja como *TAH/L-21*.

F) Los accesorios para instrumentos tales como rotámetros de purga, filtros manorreductores y potes de sello que no están representados explícitamente en un diagrama de flujo, pero que necesitan una identificación para otros usos, deben tenerla de



acuerdo con su función y deben emplear el mismo número del bucle que el del instrumento asociado. Alternativamente, los accesorios pueden emplear el mismo número de identificación que el de sus instrumentos asociados, pero con palabras aclaratorias. Por consiguiente, una brida para una placa-orificio *FE-/* debe designarse como *FX-7* o bien como *FE—7 BRIDAS*. Un rotámetro regulador de purga asociado con un manómetro *PJ-8* puede identificarse como *PJ-8 PURGA*. Una sonda empleada con un termómetro *77-9* será *TW-9*, o bien, *TI-9 SONDA*.

Tabla 3.3 Símbolos de representación de instrumentos

	Alimentación de instrumentos o conexión a proceso
	Señal sin definir
	Señal neumática
	Señal eléctrica
	Tubo capilar
	Señal hidráulica
	Señal electromagnética

Tabla 3.4 Abreviaturas para representar el tipo de alimentación

AS	Alimentación	de Aire
ES	Alimentación	Eléctrica
GS	Alimentación	de Gas
HS	Alimentación	Hidráulica
NS	Alimentación	de Nitrógeno
SS	Alimentación	de Vapor
WS	Alimentación	de Agua



3.11 AUTÓMATAS PROGRAMABLES (PLC)

Definición

Circuito electrónico basado en microprocesador, usado en una gran variedad de industrias, que nos permite controlar sistemas, procesos ó máquinas. Contiene dos conjuntos, principales, de puntos de conexión conocidos como entradas y salidas. El estado de las salidas, dependen del estado de las entradas y la lógica del programa. La sigla PLC define sus características principales: Controla una planta por medio de la lógica definida en el programa de usuario, y es programable tantas veces como sea necesario. A éste nivel, no se profundiza hacia el interior, sino se considera como una caja negra que manipula señales a las salidas, por medio del estado de las entradas y la lógica asociada. En ocasiones se elimina la L de dicha sigla, debido a que los controladores son mucho más poderosos que sus predecesores, aquellos que solamente manejaban instrucciones lógicas, de manera que en algunos fabricantes muestran tendencia a denominarlo “PC” (Controlador Programable).

3.11.1 CARACTERÍSTICAS DEL PLC:

Controlador:	Nos permite controlar un sistema, haciendo uso de los puntos de conexión de entradas y salidas. A través de dichos puntos se interconecta con los elementos, primarios y finales, de control.
Programable:	Es capaz de almacenar el programa de usuario en memoria no volátil, Así mismo es re-programable tantas veces como sea necesario.
Lógico:	Los programas se constituyen de un conjunto de instrucciones lógicas, Aunque actualmente los PLC son muy poderosos y manejan un conjunto de instrucciones muy amplio, de manera que no están limitados a realizar funciones lógicas, exclusivamente.



A algunos controladores compactos, también se les llama “Small Logic Controller” (SLC), mientras otros fabricantes les llaman, a sus productos, Autómata Programables; y existe una secundaria y amplia diversidad de nombres y familias con que cada uno de los fabricantes identifican sus productos como “Micro-PLC”, “PLC compacto”, “PLC integrado”, entre otros términos acuñados para el mercado.

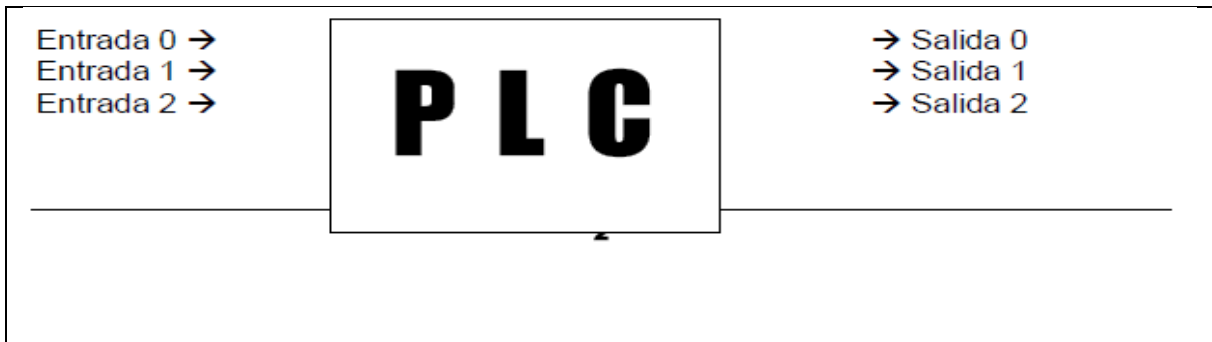


Fig. 3.15 Concepto básico del PLC

Como se aprecia en la figura 3.15, el Autómata Programable contiene un conjunto de entradas y salidas, en diferente número. Además **cada uno de estos puntos de conexión, ya sea entrada ó salida, está claramente identificado**. El objetivo es diferenciar, primeramente, los puntos de conexión que son entradas, de aquellos otros que son salidas; luego se enumeran ambos tipos de puntos de conexión. La identificación de estos dispositivos, se conoce como **direccionamiento**, significa que a cada uno de estos puntos de conexión se les asigna una dirección específica. Una vez que determinamos la dirección a la cuál va a estar conectado cada uno de dichos dispositivos externos, podemos programar el PLC para que, en base a las condiciones que guarden las entradas, manipule el estado de las salidas.

El programa de usuario se compone de un conjunto de instrucciones que el PLC ejecutará de manera secuencial y cíclica, en el cual le indicamos las direcciones de las salidas que deberá manipular en base al estado de las entradas y las operaciones que debe realiza



durante la ejecución del programa. El direccionamiento para varios tipos de PLC, y sus diferencias.

3.11.2 DESARROLLO DEL PLC

El Controlador Lógico (PLC) fue desarrollado por MODICONi, alrededor de 1970, para la industria Automotriz, con la finalidad de reemplazar los circuitos basados en relevadores electromecánicos. La razón de este reemplazo era permitir a los técnicos modificar fácilmente la secuencia de operaciones de la máquina por medio de reprogramar dicho sistema, en vez de reconstruir todo el circuito. Hoy en día, el uso del Controlador Lógico se ha expandido a todo tipo de industria y la tendencia es aún ascendente.

3.11.3 COMPONENTES

El PLC es un dispositivo electrónico basado en un microprocesador y que contiene algunos otros circuitos adicionales que interactúan con éste. Entre sus componentes principales se encuentran los siguientes: **Fuente de poder**. Proporciona energía (DC) a los circuitos electrónicos que conforman al controlador. Su entrada puede ser AC o DC, con valores De voltaje típicos como 220V, 115V, 24V ó 12V.

Unidad Central de Proceso. (También llamada CPU). Realiza las operaciones aritméticas y lógicas, y además controla la secuencia de ejecución del programa, Coordina la comunicación requerida entre los diversos circuitos, entre otras funciones.

Módulos de entrada. Reciben las señales eléctricas directamente de los dispositivos primarios de control.

Módulos de salida. Envían señales a los elementos finales de control, controlado así el estado que éstos mantengan.



Batería. Mantiene energizada la memoria RAM que almacena el programa mientras el PLC permanece des-energizado. El PLC, con batería, generalmente puede mantener el programa durante alrededor de tres meses.

Memoria o módulo de memoria. Almacena el programa de la aplicación. Esta puede ser de tipo volátil o no volátil (RAM o ROM).

Puerto de comunicaciones. Permite al PLC establecer comunicación e intercambiar información con dispositivos externos, ya sea otros PLCs, Interfaz (HMI), unidades de programación, periféricos, o alguna otra unidad conectada en red.

3.11.4 TIPOS DE PLC

Las características del PLC dependen de aquellas de cada uno de sus componentes. Existen aquellos compuestos de una sola unidad, llamados integrados o compactos, así como los modulares, esto es, se componen de varios módulos. Esta característica (que se puede integrar por módulos) le provee de una gran flexibilidad al usuario final, puesto que puede seleccionar cada uno de los módulos con las características específicas que requiere. De aquí que el fabricante siempre nos ofrece un conjunto amplio de alternativas y enlista las especificaciones de cada producto.

3.11.4.1 MODELOS INTEGRADOS.

Es un PLC completo, aunque para aplicaciones de tamaño pequeño, e integra todos los componentes descritos en el punto 1.2, en una sola unidad. Se le conoce como PLC para aplicaciones pequeñas ó SLC. El CPU, el módulo de memoria, los puntos de entrada y salida, la batería, generalmente la fuente, y en muchas ocasiones hasta el cable de comunicación y el software de interfaz para computadora, forman parte del mismo paquete comercial; aunque, desde luego, estos últimos no están integrados en la unidad.



3.11.4.2 MODELOS MODULARES.

Se componen de diversos elementos capaces de agruparse con otros semejantes, denominados módulos. Estos se seleccionan y se integran en una unidad (configuran) de acuerdo a la necesidad del. Usuario final, puesto que su diseño ofrece las opciones de agrupación, en gran diversidad. Aún cuando los módulos componentes sean semejantes, sus características pueden cambiar de manera radical. Un sistema modular típico se compone de: la tarjeta madre (“chasis” o “rack”), el CPU o procesador, el módulo de memoria, y los módulos de entrada y los de salida, que pueden ser digitales o analógicos y con un amplio rango de diferencias entre ellos. Pueden adicionarse módulos especializados, que realizan una tarea de control específica y compleja.

3.11.5 APLICACIONES

Las primeras aplicaciones del PLC consistían en realizar operaciones de control de tipo “Todo-Nada” en la máquina, esto quiere decir que era capaz de conmutar elementos por medio de energizar y desenergizar elementos tales como arrancadores, relevadores, válvulas, entre otros dispositivos de dos estados. En el área de control de procesos, esto representa tener el poder de controlar una variable tal como la presión, temperatura, el nivel; entre otros, por medio de la manipulación de dispositivos con contactos; así se realiza con los interruptores de flotador, termostatos, controladores de presión (presostatos), etc. Sin embargo, actualmente los controladores programables pueden realizar una gran cantidad de funciones adicionales, lo cual los hace más útiles en el control continuo de procesos y control de movimiento de los mecanismos, entre otros tipos de control especializado. Además, los autómatas programables cuentan con la característica de expansión lo que posibilita la adición de módulos opcionales de entradas y /o salidas (módulos I/O) ya sean de tipo digital ó analógico, a los módulos de salida de relevador o de estado sólido. Se puede afirmar que, actualmente, con los PLC se puede resolver casi cualquier problema de aplicación de control.



El campo de aplicación de los autómatas programables se ha extendido enormemente. Enseguida se enlistan algunas de las aplicaciones típicas en las áreas de automatización de planta, manejo de materiales y robótica:

- Control de diversos tipos de manipuladores y robots
- De máquinas de inyección
- De dispositivos de transferencia automática
- Control ambiental en casas y edificios, entre otras aplicaciones domésticas.
- Carga y descarga de máquinas
- Mecanismos de ensamble de los más variados tipos

En el manual de prácticas, se describen aplicaciones del PLC en los sistemas de manejo de materiales: Un elevador de carga, un transportador vertical, además de, la aplicación de control de una máquina de inyección de plástico y el de una línea aplicación de pintura.

3.11.6 MÉTODOS DE PROGRAMACIÓN

El PLC puede ser programado, usando diferentes lenguajes. Estos, difieren de acuerdo a las características particulares de cada modelo de PLC con que se trabaja. No obstante, todo tipo de PLC puede programarse usando uno ó más de los siguientes.

3.11.6.1 PROGRAMACIÓN EN LISTA DE INSTRUCCIONES.

Es una representación mnemotécnica de las instrucciones, enlistadas en secuencia y que permiten, sin necesidad de una interfaz gráfica, el acceso a la programación del dispositivo. Es lo más parecido al “lenguaje natural ó nativo” del procesador, que se maneja. Hoy en día, es una alternativa de programación y de depuración del programa, y permite el máximo nivel de explotación de las ventajas del PLC. Aunque representa un nivel mayor de complejidad. La siguiente figura muestra un ejemplo.

No	Instrucción	Dirección	Datos	Descripción	Observaciones
1	LD	X0		PB1, arranque de motor 1	
2	OR	Y0		ST1, arrancador de motor 1	Bomba P1
3	AND	X1		PB2, paro de motor 1	Bomba P1
4	OUT	Y0		ST1, arrancador de motor 1	Bomba P1
5	LD	Y0		ST1, arrancador de motor 1	Bomba P1
6	T	01	50	Retardo para arranque de motor 2	
---	---	---	---	---	---
n	END				

3.11.6.2 PROGRAMACIÓN EN DIAGRAMA DE ESCALERA.

Este es el método más usual, diseñado para permitir una programación de manera sencilla basada en símbolos y esquemas con los que el personal técnico está familiarizado, pues se basa en símbolos de los diagramas de control electromecánico.

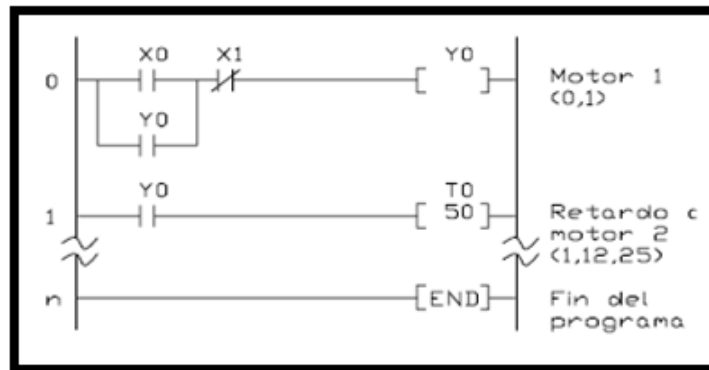


Fig. 3.16 Muestra de programa representado en diagrama de escalera

3.11.6.3 PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE DE ALTO NIVEL.

Este método es alternativo, en algunos PLCs, a las dos formas de programación descritas anteriormente. Consiste en la posibilidad de utilizar un lenguaje de alto nivel como ‘C’ o ‘BASIC’ en cualquiera de sus versiones o algún otro lenguaje exclusivo (variante de estos) adaptado por el fabricante. En algunos casos se les llama lenguaje estructurado. Enseguida se muestra un ejemplo:

```
Programa ejemplo en lenguaje de alto nivel ó estructurado. Por: J. Salas.  
Marzo/2001  
...  
! L0: (*Starting motor 1*)  
IF (%I110 OR %I111) AND NOT O210 THEN %O210;  
END IF;  
...
```

Fig. 3.17 Muestra de programación en lenguaje de alto nivel

3.11.6.4 ESTRUCTURACIÓN EN SFC (SEQUENTIAL FLOW CHART).

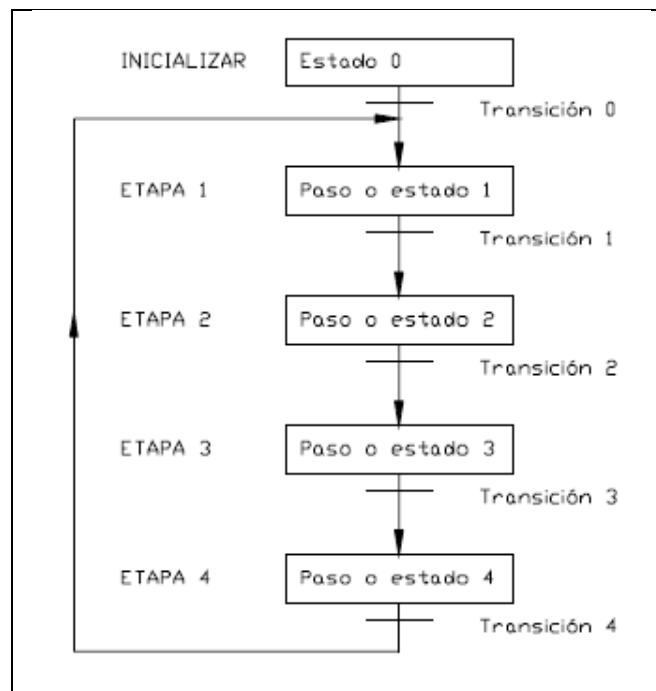


Fig. 3.18 Estructura ejemplo en diagrama de flujo secuencial

Aunque los dos últimos lenguajes representan grandes ventajas, permitiendo una programación de manera bastante sencilla, cuando los programas son grandes, el proceso de estructuración del programa se vuelve complejo. Pero hoy en día existen algunos otros **“métodos de representación en diagrama de flujo secuencial”**. Estos son métodos más elaborados.



Aunque tienen bastante tiempo en el mercado y han probado su eficiencia, hay quien los considera en proceso de evolución. Sin embargo, los SFC prometen en un futuro no lejano, una estandarización de la programación, entre muchas otras ventajas. Se basan en el estándar IEC 6311. Parece ser, que los SFC más populares en Europa son el llamado **Grafcet**, y el **FUP**, mientras que algunos fabricantes japoneses le llaman **STL**, a una versión muy acorde al SFC. El SFC, más que un lenguaje de programación, es un método de estructuración en diagrama de flujo, después de desarrollarlo, se puede escribir el programa en cualquier lenguaje previamente mencionado. Los programas de interfaz más avanzados, también son capaces de compilar el programa del diagrama de flujo SFC.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 CARACTERISTICAS GENERALES DEL EQUIPO PROPUESTO

4.1.1 DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES MECÁNICOS

Para elaborar cualquier tipo de maquinaria, se debe tomar en cuenta las condiciones de trabajo, a las que estará expuesta, para así realizar una correcta selección de materiales con sus respectivas dimensiones. En nuestro caso la maquina consta de tres partes la estructura base, tanques de depósito, dosificación y mezclador de pintura (Ver anexo 9).

4.1.2 LA ESTRUCTURA BASE.

Cumple con la función de albergar los tanques de depósito de pintura, el compresor y el motor, por lo que tiene que ser lo suficientemente resistente para cumplir con la función a desempeñar y cumplir con el propósito para lo cual fue creado (Ver anexo 9).

Tabla 4.1 Características de la estructura base

Parte de la estructura	Material
Estructura	Tubo cuadrado de 1/2"
Recubrimiento	Lamina galvanizada 1/32
Soldadura	Electrodos induro 60-11

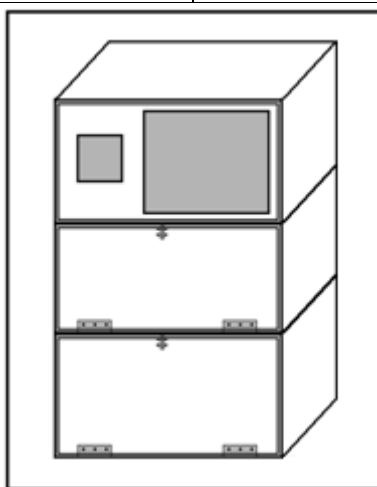


Fig. 4.1 Estructura base



4.1.3 TANQUES DE DEPÓSITOS, DOSIFICACIÓN Y MEZCLA DE PINTURA.

Sirven para almacenar la pintura, y en tres de ellos se realiza el proceso de dosificación de líquido de trabajo (pintura), un tanque es asignado para el mezclado.

Para que no se oxiden los materiales que permanecen en contacto con las pinturas, se utiliza acero inoxidable, ó galvanizado, en nuestro caso utilizamos acero inoxidable para la realización de los tanques de depósito y el tanque de mezclado.

Los tanques de dosificación se realizaron con acrílico, con la finalidad de observar el proceso que en este se desarrolla.

Tabla 4.2 Características de los tanques

Características	Dimensiones
Base(tanques de almacenamiento)	25cm x 25cm
Altura (tanques de almacenamiento)	35cm
Volumen de almacenamiento(tanques de almacenamiento)	4,81gal
Diámetro(tanques de dosificación)	15cm
Altura(tanques de dosificación)	35cm
Volumen de almacenamiento(tanques de dosificación)	1,36gal
Diámetro(tanques de mezclado)	20cm
Altura(tanques de mezclado)	19cm
Volumen de almacenamiento(tanques de mezclado)	1,3gal



4.2 CALCULO DE LA PRESIÓN NECESARIA

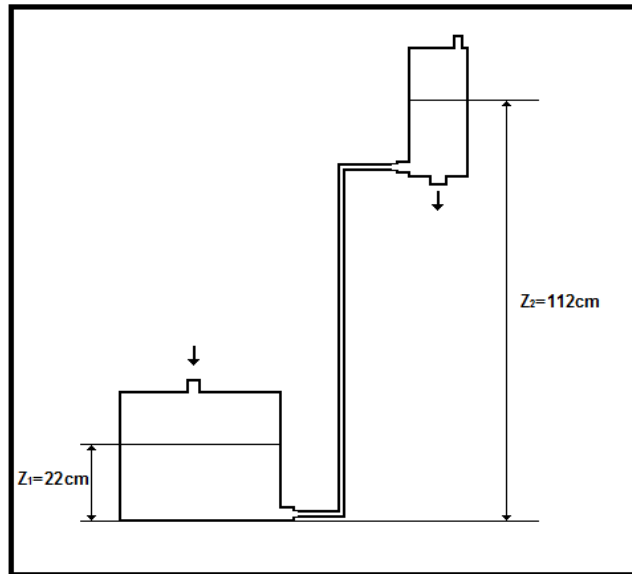


Fig. 4.2 Presión en los tanques

REQUERIMIENTO

$$Q = \text{Caudal} = 0.5 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

$$Q = 0.5 \frac{\text{gal}}{\text{min}} \times \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} \times \frac{3.8 \times 10^{-3} \text{m}^3}{1 \text{gal}}$$

$$Q = 3.16 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

DIAMETRO TOTAL DE SALIDA

$$\phi = 6 \text{mm} = 6 \times 10^{-3} \text{m} \left(\frac{1}{4} \text{''} \right)$$



$$A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \quad (1)$$

Donde:

$A =$ Area interna del fluido

$\phi =$ Diametro de salida del tanque de dosificación

$$A = \frac{\pi \cdot (6 \times 10^{-3}m)^2}{4}$$

$$A = 2,82 \times 10^{-5}m^2$$

TENEMOS LA VELOCIDAD EN EL ORIFICIO DE SALIDA:

$$Q = v \cdot A \quad (2)$$

Donde:

$v =$ Velocidad del fluido

$Q =$ Caudal

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{3,16 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{2,82 \times 10^{-5}m^2}$$

$$v = 1,117 \frac{m}{s}$$

TOMANDO EN CUENTA QUE LA VELOCIDAD REAL ES:



$$v_r = 0,97\sqrt{2gh} \quad (3)$$

Donde:

$g = \text{Gravedad}$

$\emptyset = \text{Diametro de salida del tanque de dosificación}$

$$\left(\frac{v_r}{0,97}\right)^2 = 2gh_r$$

$$h_r = \frac{\left(\frac{V}{0,97}\right)^2}{2g}$$

$$h_r = \frac{\left(\frac{1,117 \frac{m}{s}}{0,97}\right)^2}{2g}$$

$$h_r = 0,0677m. c. a.$$

PRESION DE SERVICIO (P_r)

$$P_r = 0,0677m. c. a. \times \frac{1atm}{10m. c. a.} \times (1,0132 \times 10^5 Pa)$$

$$P_r = 686Pa$$



Multiplicando por un coeficiente de seguridad (μ), porque es necesario que el fluido tenga una presión de servicio y de esta forma la salida de pintura sea mayor.

$$\mu = 2$$

$$P_r = \mu \cdot 686Pa$$

$$P_r = 1372Pa$$

Presión final

$$h_r = \mu \cdot 0,0677$$

$$h_r = 0,136m$$

UTILIZANDO LA ECUACION DE BERNOULLI

Tenemos que la presión teórica es:

$$P_t = \delta \cdot g \cdot h$$

$$\frac{P_1}{\delta \cdot g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} - H_{r1-2} + H_B = \frac{P_2}{\delta \cdot g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + H_{servicio} \quad (4)$$

Remplazamos P_t en (4)

$$\frac{\delta \cdot g \cdot h_1}{\delta \cdot g} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} - H_{r1-2} + H_B = \frac{\delta \cdot g \cdot h_2}{\delta \cdot g} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + H_{servicio}$$

Donde:

$P_t =$ Presión teorica

$h_1 =$ Presión atmosferica

$h_2 =$ Presión atmosferica

$H_{r1-2} =$ Perdidas primarias + Perdidas secundarias



$Z_1 =$ Nivel medio del tanque de almacenamiento

$Z_2 =$ Nivel medio del tanque de dosificación

$v_1 =$ velocidad del fluido de salida del tanque de almacenamiento

$v_2 =$ velocidad del fluido de salida del tanque de dosificación

$H_B =$ Presión instalada al sistema por el compresor

$\delta =$ Densidad de pintura = $1400 \frac{Kg}{m^3}$

$H_{servicio} =$ Presión de servicio

$$h_1 + Z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} - H_{r1-2} + H_B = h_2 + Z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + H_{servicio}$$

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - H_{r1-2} + H_B = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + H_{servicio}$$

$$H_B = Z_2 + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + H_{servicio} - Z_1 - \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + H_{r1-2}$$

$$H_B = 1,12m + \frac{\left(2,82 \times 10^{-5} \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot g} + 0,136m - 0,22m - \frac{\left(2,83 \times 10^{-4} \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot g} + (10\%_p \cdot Z_2 - Z_1)$$

$$H_B = 1,1253m$$

Asumiendo la presión de impulsión

$$P = \delta \cdot g \cdot H_B \quad (5)$$



Donde:

$P =$ Presión de impulsión

$\delta =$ Densidad de la pintura $1400 \frac{Kg}{m^3}$

$g =$ Gravedad

$H_B =$ Altura de servicio

$$P = 1400 \frac{Kg}{m^3} \times 9,8 \frac{m}{s} \times 1,1253m$$

$$P = 15481Pas \left(\frac{N}{m^2} \right) [2psi]$$

La potencia calculada es igual:

$$P_m = Q \cdot \delta \cdot g \cdot H_B \tag{6}$$

Donde:

$P_m =$ Potencia mecanica

$Q =$ Caudal

$\delta =$ Densidad de la pintura

$H_B =$ Altura de servicio

Potencia del equipo es igual:

$$P_e = \frac{P_m}{\varrho} \tag{7}$$

Donde:

$P_e =$ Potencia del equipo

$\varrho =$ rendimiento del compresor

$$P_e = \frac{1}{4} Hp$$



4.3 DIMENSIONAMIENTO DEL MOTOR

CÁLCULO DEL MOTOR PARA EL SISTEMA DE MEZCLADO DE PINTURA.

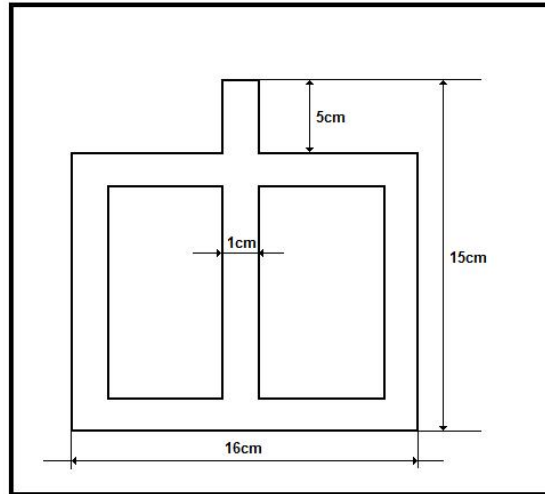


Fig. 4.3 Paleta de mezclado

Partiendo de la ecuación de energía cinética que se expresa de la siguiente manera:

$$Ec = \frac{m \cdot v^2}{2} \quad (8)$$

Donde:

$Ec =$ Energía cinética

$m =$ Masa

$v =$ velocidad

Teniendo en cuenta la ecuación de la densidad.

$$\delta = \frac{m}{v} \quad (9)$$

Donde:

$\delta =$ Densidad

$m =$ Masa



$V = \text{Volumen}$

Despejando

$$m = \delta \cdot V$$

Remplazando m

$$Ec = \frac{\delta \cdot V \cdot v^2}{2}$$

Pero caudal

$$Q = v \cdot A \tag{10}$$

$$Q = \frac{V}{t} \tag{11}$$

$$V = Q \cdot t$$

Remplazando el V

$$Ec = \frac{\delta \cdot Q \cdot t \cdot v^2}{2}$$

Despejando t

$$\frac{Ec}{t} = \frac{\delta \cdot Q \cdot v^2}{2}$$

Remplazando Q

$$\frac{Ec}{t} = \frac{\delta \cdot v \cdot A \cdot v^2}{2}$$

$$\frac{Ec}{t} = \frac{\delta \cdot v^3 \cdot A}{2}$$

Teniendo en cuenta que la energía cinética (Ec) sobre el tiempo es igual a la potencia (P_o)

$$P_o = \frac{\delta \cdot v^3 \cdot A}{2} \tag{12}$$



CALCULO DE LA FUERZA EJERCIDA SOBRE LA PALETA DE MEZCLADO

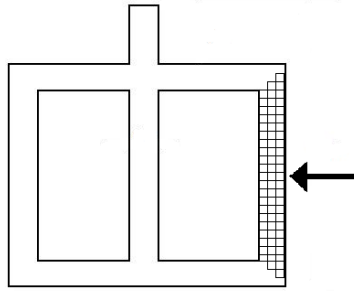


Fig. 4.4 Fuerza ejercida sobre la paleta

Calculo de la potencia teniendo en cuenta el área total de la mezcladora.

$$\varnothing = \text{Diametro} = 0,2\text{m}$$

$$\omega = \text{Velocidad angular} = 13,61 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$v = \omega \cdot r \tag{13}$$

$$v = 13,61 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \cdot 0,01\text{m}$$

$$v = 1,361 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\delta_{\text{pintura}} = 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$A_T = 10\text{cm} \cdot 15\text{cm}$$

$$A_T = 150\text{cm}^2$$

$$A_T = 0,0150\text{m}^2$$

$$P_o = \frac{\delta \cdot v^3 \cdot A}{2} \tag{12}$$



$$P_o = \frac{1400 \frac{kg}{m^3} \cdot 1,361 \frac{m^3}{s} \cdot 0,0150m^2}{2}$$

$$P_o = 26.41 W$$

$$\mu s = \text{factor de servicio} = 2$$

$$P_o = 26.41 W \cdot \mu s$$

$$P_o = 26.41 W \cdot 2$$

$$P_o = 52,58 W \cdot 2$$

$$P_o = 105,16 W$$

$$P_M = \frac{P}{\eta_{tras}}$$

$$P_M = \frac{105,16 W}{0,9}$$

$$P_M = 117 W$$

$$P_M = \frac{1}{6} Hp$$



4.4 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE PINTURA

4.4.1 DATOS DE DISEÑO

Para el abastecimiento de pintura el prototipo semiautomatizado cuenta con tres tanques de almacenamiento (Ver anexo 9), cada tanque cuenta con un color primario respectivo, esto quiere decir que el primer tanque almacenara al color azul, el segundo tanque almacenara al color amarillo y el tercer tanque almacena al color rojo ya que estos tres colores nos permiten crear nuevos colores basados en el circulo cromático (Ver anexo 10).

Para la dosificación de cada uno de los colores contamos con la ayuda de un compresor el cual está conectado con cada uno de los tanques, este aumenta la presión permitiendo de esta manera expulsar la pintura de cada tanque por el efecto de cambio de presión.

4.4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE LIMPIEZA

El dimensionamiento del sistema de limpieza cuenta con un tanque que contiene 3 galones de agua (Ver anexo 9), este líquido procederá a limpiar los tanques dosificadores y el tanque mezclador, el traslado del líquido de limpieza es impulsado con la ayuda del compresor hacia los tanques ya mencionados y este traslado de líquido es controlado con la ayuda de electroválvulas (ON-OFF).

4.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PINTURA

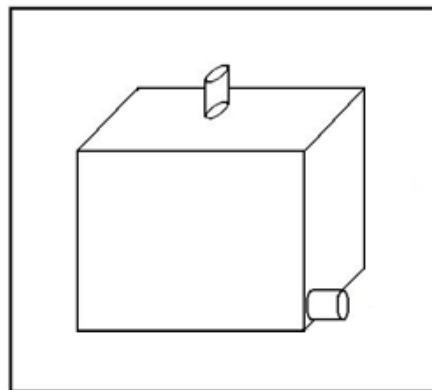


Fig. 4.5 Tanque de abastecimiento



Teniendo en cuenta que el tanque de pintura tiene que almacenar 3 gal y un volumen de presión de 1,81 gal. Procedemos a calcular el volumen total del tanque:

$$V = 25\text{cm} \cdot 25\text{cm} \cdot 35\text{cm}$$

$$V = 21875\text{cm}^3$$

$$V = 4,81\text{ gal}$$

4.6 DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LAS TUBERÍAS

Mantenimiento de las unidades del compresor.

Filtro de aire: Controlar regularmente el nivel del condensado, puesto que de ningún modo deberá permitirse que suba del nivel máximo. Si el nivel es superior al nivel máximo, es posible que el condensado sea aspirado hacia las tuberías de aire a presión. El excedente de condensado puede ser evacuado a través del grifo. Además, deberá revisarse el grado de suciedad del cartucho del filtro y, si fuese necesario, deberán efectuarse los trabajos de limpieza correspondientes.

Regulador de aire a presión: El regulador no precisa de mantenimiento, siempre y cuando se haya instalado delante de él un filtro de aire.

Lubricador de aire a presión: En este caso también es necesario controlar el nivel y, de ser necesario, rellenar aceite. Solo podrán utilizarse aceites minerales. Los filtros de plástico y los vasos no deberán limpiarse con disolventes.

4.6.1 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE.

Para que la distribución del aire sea fiable y no cause problemas, es recomendable acatar una serie de puntos. Entre ellos, las dimensiones correctas del sistema de tuberías son tan importantes como la elección correcta de los materiales, de la resistencia al caudal de aire,



así como la configuración del sistema de tuberías y la ejecución de los trabajos de mantenimiento (Ver anexo 4).

La distribución de la tubería está conformada por un reductor 3/4" a 1/2" que está adaptado a la salida del compresor, luego se une a un niple de 3/4" el mismo que está conectado a un codo de 90° el propio que se adapta con un nuevo niple de 3/4" para unirse con una T 3/4" de esta forma distribuyendo el aire hacia las electroválvulas.

2.6.2 DIMENSIONES DE LAS TUBERÍAS.

Tratándose de instalaciones nuevas, siempre debe tomarse en cuenta una posible ampliación posterior. Concretamente, la tubería principal debería tener dimensiones mayores a las que se necesiten para el sistema actual. Con miras a una posterior ampliación, también es recomendable instalar cierres y válvulas de bloqueo adicionales.

En todos los conductos se producen pérdidas de presión a raíz de resistencias al flujo, especialmente en zonas de estrechamiento, en ángulos, bifurcaciones y conexiones de tubos. Estas pérdidas tienen que ser compensadas por el compresor. La disminución de presión en todo el sistema no debería ser mayor a 0,1 bar = 1,45 psi.

Para calcular las diferencias de presión es necesario conocer exactamente la longitud de las tuberías. Las conexiones de tubos, las desviaciones y los ángulos deberán ser sustituidos por las longitudes respectivas. Además, la selección del diámetro interior correcto depende también de la presión de servicio y de la cantidad del líquido alimentado al sistema. Para el cálculo del diámetro tomamos en cuenta la fórmula de Hazen-Williams (Ver anexo 11)

$$h_f = 10,674 \cdot [Q^{1,852} / (C^{1,852} \cdot D^{4,871})] \cdot L$$

En donde:

- h_f : pérdida de carga o de energía (m)
- Q: caudal (m³/s)
- C: coeficiente de rugosidad (adimensional)



- D: diámetro interno de la tubería (m)
- L: longitud de la tubería (m)

DATOS:

$$h_f = 1.054$$

$$Q = 3.16 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$C = 145 \text{ (Por tabla, anexo 14)}$$

$$g = 9.81 \frac{m}{s}$$

$$\sum k = 3.76 = \text{sumatorio de peridas por accesorios (Por tabla, anexo 15)}$$

$$h_f = 10.674 \times \frac{Q^{1.852} \times L}{C^{1.852} \times D^{4.871}} + \sum k \times \frac{8Q^2}{\pi^2 D^4 g}$$

$$1.054 = 10.674 \times \frac{\left(3.16 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}\right)^{1.852} \times 0.75}{145^{1.852} \times D^{4.871}} + (3.76) \frac{8 \left(3.16 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}\right)^2}{\pi^2 D^4 9.81 \frac{m}{s}}$$

$$1.054 = \frac{3.67 \times 10^{-12}}{D^{4.871}} + \frac{3.102 \times 10^{-10}}{D^4}$$

POR PRUEBA – ERROR

$$D = 5 \times 10^{-3} m$$

$$1.054 = 1.089$$

En consecuencia nuestro sistema de tubería tendrá un diámetro de 0.019m equivalente a $\frac{3}{4}$ " de esta forma evitaremos perdidas en la tubería.



4.6.3 RESISTENCIA AL CAUDAL.

Cualquier tipo de influencia que incida sobre el flujo de aire o cualquier cambio de dirección significan un factor de interferencia que provoca un aumento de la resistencia al flujo. Ello tiene como consecuencia una constante disminución de la presión dentro de las tuberías. Dado que es inevitable utilizar desviaciones, ángulos y conexiones de tubos en cualquier red neumática, es imposible evitar una reducción de la presión. No obstante, la instalación óptima de las conexiones, la elección de los materiales adecuados y el montaje correcto de las conexiones pueden contribuir a que la reducción sea mínima.

Los sistemas neumáticos modernos exigen la instalación de tubos que cumplan con determinadas condiciones. Concretamente, los materiales tienen que cumplir con lo siguiente:

- Bajo nivel de pérdida de presión
- Estanqueidad
- Resistencia a la corrosión
- Posibilidad de ampliación

En lo que respecta al uso de materiales de plástico, no solo tiene que tornarse en cuenta sus precios, sino que también cabe anotar que con ellos los costos de instalación son más bajos. Los tubos de plástico pueden unirse de modo completamente estanco utilizando pegamentos. Además, las redes de tuberías de plástico pueden ampliarse fácilmente.

Las tuberías de cobre o de acero, por lo contrario, son más baratas, pero para unir las hay que soldarlas o utilizar conexiones roscadas. Si estos trabajos no son llevados a cabo de modo esmerado, bien puede suceder que el sistema sea contaminado con virutas, residuos de soldadura, depósitos de partículas o de materiales de juntas. De este modo pueden surgir problemas durante el funcionamiento del sistema. Tratándose de tubos de diámetros pequeños y medianos, los de plástico ofrecen ventajas en comparación con todos los demás en lo que respecta al precio, al montaje, al mantenimiento y a la posibilidad de ampliar la red.

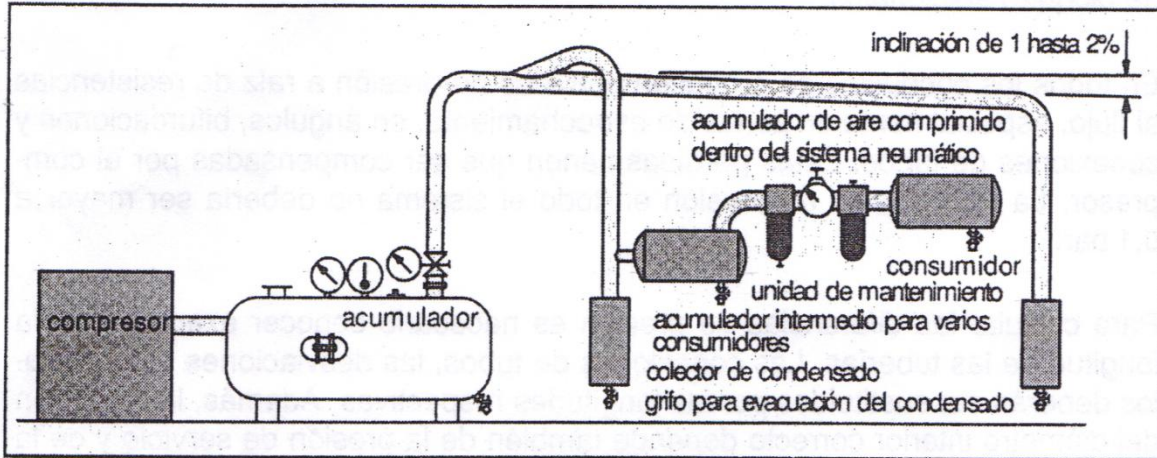


Fig. 4.6 Sistema de abastecimiento de aire

Dadas las oscilaciones de la presión en la red, es indispensable que los tubos sean montados sólidamente, ya que de lo contrario es posible que se produzcan fugas en las conexiones atornilladas o soldadas.

4.6.4 CONFIGURACIÓN DE LA RED DE TUBOS.

La configuración de la red de tuberías es de gran importancia para el funcionamiento económico del sistema, aparte de escoger las dimensiones correctas de los tubos y de optar por una buena calidad de los materiales empleados. El compresor suministra al sistema aire a presión en ciertos intervalos. Por lo tanto es frecuente que el consumo de aire a presión aumente solo durante un breve plazo. Esta circunstancia puede provocar condiciones desfavorables en la red de aire a presión. Por lo tanto es recomendable instalar un circuito anular principal de aire a presión, ya que de ese modo se obtiene un nivel de presión relativamente constante.

Si tomamos en cuenta que la salida del compresor hacia las electroválvulas es de 1/4 pulgada y a su vez la electroválvula tiene como entrada $\frac{3}{4}$ y de salida $\frac{1}{4}$ trabajaremos con la siguiente tubería:



Tabla 4.3 Selección de tuberías

SELECCIÓN DE TUBERÍAS	
NEPLO 1/2", 1/4" y 3/4"	
T 3/4"	
MANGUERA DE PRESIÓN	
MANGUERA DE AGUA	
REDUCTOR 1/2" a 1/4" y 3/4" a 1/2"	
UNION	
ELECTROVÁLVULA 2V/2P	
ELECTROVÁLVULA 3V/2P	
CODO 90°	



4.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

4.7.1 DATOS DE DISEÑO

Para la programación del sistema de control debemos tener en cuenta las variables a manejar, los tipos de señales que recibimos, y las señales que debemos controlar. En la tabla a continuación se describe los tipos de entradas y salidas del sistema de control.

Tabla 4.4 Entrada del sistema de control

Entrada	Descripción	Tipo de señal	Rango
DI0	Nivel 1 (tanque dosificación amarillo)	Digital	0 – 24 V
DI1	Nivel 2 (tanque dosificación amarillo)	Digital	0 – 24 V
DI2	Nivel 3 (tanque dosificación amarillo)	Digital	0 – 24 V
DI3	Nivel 1 (tanque dosificación azul)	Digital	0 – 24 V
DI4	Nivel 2 (tanque dosificación azul)	Digital	0 – 24 V
DI5	Nivel 3 (tanque dosificación azul)	Digital	0 – 24 V
DI6	Nivel 1 (tanque dosificación rojo)	Digital	0 – 24 V
DI7	Nivel 2 (tanque dosificación rojo)	Digital	0 – 24 V
DI8	Nivel 3 (tanque dosificación rojo)	Digital	0 – 24 V

**Tabla 4.5** Salida del sistema de control

Salida	Descripción	Tipo de señal	Rango
DO1	Electroválvula aire (tanque de almacenamiento amarillo)	Digital	0 – 24 V
DO2	Electroválvula aire (tanque de almacenamiento azul)	Digital	0 – 24 V
DO3	Electroválvula aire (tanque de almacenamiento rojo)	Digital	0 – 24 V
DO4	Electroválvula Pintura (tanque de dosificación amarillo)	Digital	0 – 24 V
DO5	Electroválvula Pintura (tanque de dosificación azul)	Digital	0 – 24 V
DO6	Electroválvula Pintura (tanque de dosificación rojo)	Digital	0 – 24 V
DO7	Electroválvulas de pintura (vaciado tanques dosificación amarillo azul y rojo)	Digital	0 – 24 V
DO8	Electroválvula aire (Tanque de reserva de agua)	Digital	0 – 24 V
DO9	Electroválvula agua (limpieza tanque dosificación amarillo)	Digital	0 – 24 V
DO10	Electroválvula agua (limpieza tanque dosificación azul)	Digital	0 – 24 V
DO11	Electroválvula agua (limpieza tanque)	Digital	0 – 24 V



	dosificación rojo)		
DM1	Motor(mezclador)	Digital	0 – 24 V

4.7.2 SELECCIÓN DE LOS SENSORES

Para la medición del nivel de líquido de los tanques cilíndricos de dosificación (Ver anexo 9), dispone de las siguientes medidas:

Radio: 7,5cm

Altura: 35 cm

Dando un volumen total por cada tanque de:

$$V_{(cm^3)} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Donde:

r: Radio de base del tanque

h: Altura del cilindro

$$V_{(cm^3)} = \pi \cdot (7.5cm)^2 \cdot 35cm$$

$$V_{(cm^3)} = 6185cm^3 = 1,36 Gal$$

Nuestro volumen optimo de medición es de 3/4 Galones, lo que equivale a 3408cm³, esto hace referencia a una altura de 20 cm para alcanzar este volumen deseado como máximo.

Para detectar cada nivel utilizamos sensores de nivel digitales normalmente cerrado, es decir, una vez que el líquido alcanza el nivel deseado nuestro sensor abre el contacto. Para



nuestra aplicación disponemos de los sensores en forma vertical, uno por cada nivel deseado. Esta señal es enviada al PLC como entrada digital sin ningún acondicionamiento.

Tabla 4.6 *Características y beneficios del sensor.*

• Longitud del cable: 30.5 (cm)
• Carga máxima: 50 W
• Número máximo de conmutación de voltaje: 100V DC
• Tensión mínima: CC 250V
• Corriente de conmutación máxima: 0,5 A
• Corriente máxima de carga: 1,0 A
• Número máximo de Resistencia de contacto: 0,4 Ω
• Clasificación Temp: -20 ~ 80 ° C
• Peso neto: 10 g
• Número del Producto: FS-1B-31

4.7.3 SELECCIÓN DE ELECTROVÁLVULAS

REQUERIMIENTOS:

- Estado en reposo de pintura y aire
- No es necesaria una posición de montaje.
- Entrada y salida de pintura
- Entrada y salida de aire
- Diámetro de salida del tanque de pintura $\frac{3}{4}$ "

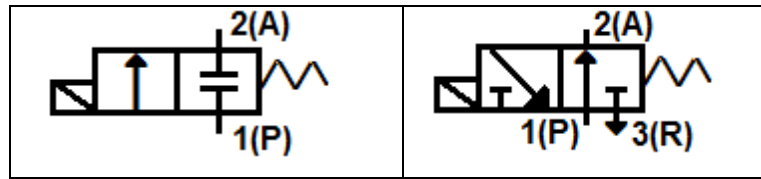


Fig. 4.7 Electroválvula

Por lo cual trabajaremos con una electroválvula de dos vías (2 vías), normalmente cerrada (NC), cualquier posición de montaje con un diámetro de entrada de $\frac{3}{4}$ " y salida de $\frac{1}{4}$ ".

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
FLUIDOS	Aire, agua, aceite
POSICIÓN	Normalmente cerrada
PRESIÓN DE OPERACIÓN DE AIRE	0-100 PSI
PRESIÓN DE OPERACIÓN DE AGUA, ACEITE	0-74 PSI
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-5°C – 80°C
VARIACIÓN DE VOLTAJE	± 10%
LIMITE DE VISCOSIDAD	20 CST
CUERPO	Bronce
SELLOS	XNBR

4.7.4 SELECCIÓN DEL PLC

Para escoger el controlador del sistema debemos considerar la capacidad que necesitamos, es decir un controlador capaz de leer 9 entradas digitales y controlar 12 salidas digitales. Disponer de temporizadores y disponer de funciones de comparaciones, y operaciones matemáticas. Además de tener seguridad de funcionamiento ante situaciones de ambiente como ruidos, polvo y temperatura.



Ante esta circunstancia analizamos la opción de un PLC de Marca Siemens S7-200 CPU 224 con capacidad de expansión, es decir para esta aplicación, utilizamos adicionalmente 2 módulos de salidas digitales Siemens EM222. Añadiendo también la capacidad que dispone el PLC mediante un display y operador de control llamado Siemens TD400C el cual es el encargado de servir de interfaz entre el operador y el sistema.

Tabla 4.7 Datos Técnicos del CPU S7-200

Nota:	
<p>Cuando un contacto mecánico aplica tensión a una CPU S7-200, o bien a un módulo de ampliación digital, envía una señal “1” a las salidas digitales durante aproximadamente 50 microsegundos.</p>	
Condiciones ambientales — Transporte y almacenamiento	
EN 60068-2-2, ensayo Bb, calor seco y EN 60068-2-1, ensayo Ab, frío	-40° C a +70° C
EN 60068-2-30, ensayo Dd, calor húmedo	25° C a 55° C, 95% humedad
EN 60068-2-14, ensayo Na, choque de Temperatura	-40° C a +70° C tiempo de secado 3 horas, 2 ciclos
EN 60068-2-31, vuelco	100 mm, 4 gotas, desembalado
EN 60068-2-32, caída libre	1 m, 5 veces, embalado para embarque
Condiciones ambientales — Funcionamiento	
Condiciones ambientales (aire de entrada 25 mm debajo de la unidad)	0° C a 55° C en montaje horizontal, 0° C a 45° C en montaje vertical 95% humedad no condensante
Presión atmosférica	1080 a 795 hPa (altitud: -1000 a 2000 m)
Concentración de contaminantes	SO ₂ : < 0,5 ppm; H ₂ S: < 0,1 ppm; RH < 60% no condensante



EN 60068-2-14, ensayo Nb, cambio de Temperatura	5° C a 55° C, 3° C/minuto
EN 60068-2-27, choque mecánico	15 G, 11 ms impulso, 6 choques en c/u de 3 ejes
EN 60068-2-6, vibración sinusoidal	Montaje en un armario eléctrico: 0,30 mm de 10 a 57 Hz; 2 G de 57 a 150 Hz Montaje en perfil soporte: 0,15 mm de 10 a 57 Hz; 1 G de 57 a 150 Hz 10 barridos por eje, 1 octava/minuto
EN 60529, IP22 Protección mecánica	Protege los dedos contra el contacto con alto voltaje, según pruebas realizadas con sondas estándar. Se requiere protección externa contra polvo, impurezas, agua y objetos extraños de menos de 12,5 mm de diámetro.



Tabla 4.8 Datos Técnicos del CPU S7-200_224

N° de referencia	Modelo de CPU	Alimentación (nominal)	Entradas Digitales	Salidas digitales	Puerto COM	Entradas analógicas	Salidas analógicas	Bloque de terminales extraíble	
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224	24 V c.c.	14 x 24 V c.c.	10 x 24 V c.c.	1	No	No	Sí	
N° de referencia	Nombre y descripción de la CPU				Dimensiones en mm(l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión c.c. disponible +5 V c.c. +24 V c.c.1	
6ES7 214-1AD23-0XB0	CPU 224 DC/DC/DC 14 entradas/10 salidas				120,5 x 80 x 62	360 g	7 W	660 mA	280 mA

DIAGRAMAS DE CABLEADO

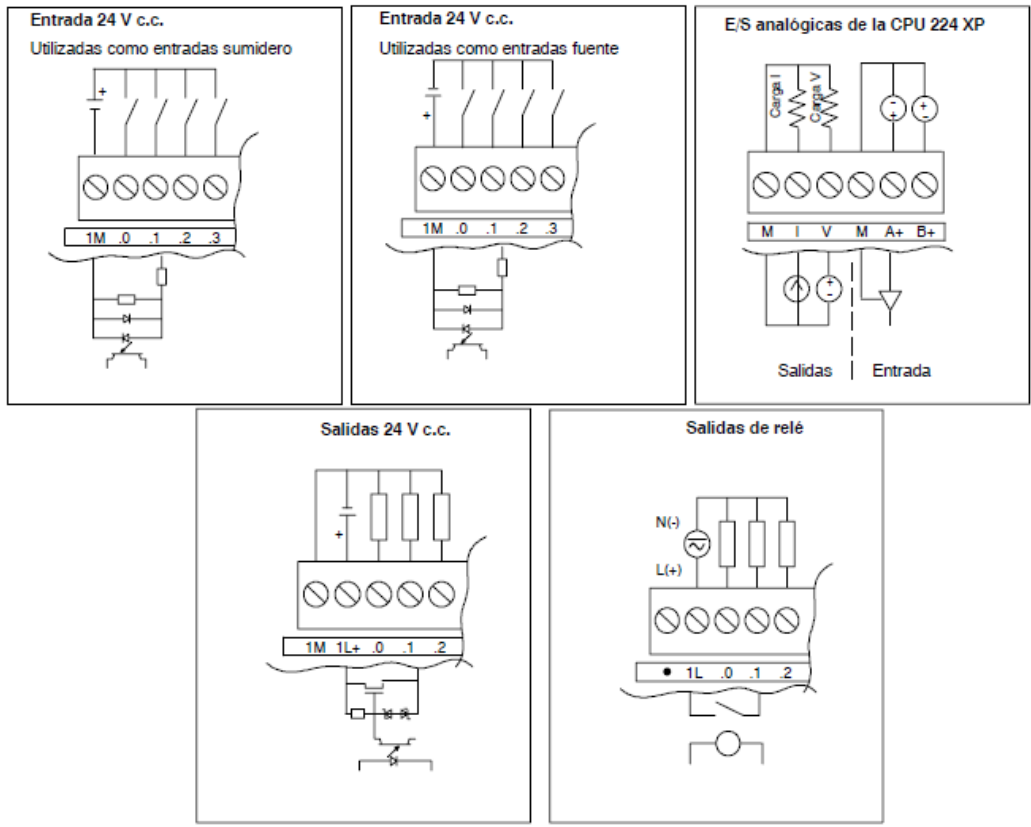


Fig 4.8 Entradas y Salidas de las CPUs



Datos técnicos de los módulos de ampliación digitales

Tabla 4.9 Números de referencia de los módulos de ampliación digitales

Nº de referencia	Módulo de ampliación		Entradas digitales	Salidas digitales	Bloque de terminales extraíble	
6ES7 222-1BF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x 24 V c.c.		--	8 x 24 V c.c.-0,75A	Sí	
Nº de referencia	Nombre y descripción de la CPU	Dimensiones en mm (l x a x p)	Peso	Disipación	Tensión c.c. disponible +5 V c.c. +24 V c.c.	
6ES7 222-1BF22-0XA0	EM 222 8 salidas digitales x 24 V c.c	46 x 80 x 62	150 g	2 W	50 mA	--



Tabla 4.10 Datos técnicos generales de los módulos de ampliación digitales

Datos generales	Salidas 24 V c.c.	
	0,75 A	5 A
Tipo de datos	Estado sólido-MOSFET1 (fuente)	
Tensión nominal	24 V c.c.	
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V c.c.	
24 V c.c. rango tensión aliment. Bobina	--	
Sobreintensidad (máx.)	8 A, 100 ms	30 A
Señal 1 lógica (mín.)	20 V c.c.	
Señal 0 lógica (máx.)	0,1 V c.c. con 10 K Ω de carga	0,2 V c.c. con 5 K Ω de carga
Intensidad nominal por salida (máx.)	0,75 A	5 A
Intensidad nominal por neutro (máx.)	6 A	5 A
Corriente de fuga (máx.)	10 μ A	30 μ A
Carga de lámparas (máx.)	5 W	50 W
Tensión de bloqueo inductiva	L+ menos 48 V	L+ menos 47 V4
Resistencia en estado ON (contactos)	Típ. 0,3 Ω (0,6 Ω máx.)	Máx. 0,05 Ω
Separación galvánica	500 V c.a., 1 minuto	
Separación galvánica (campo a circuito lógico)	--	
Bobina a circuito lógico	--	

Bobina a contacto		
Resistencia (bobina a contacto)		
Grupos de aislamiento		
Retardo OFF a ON/ON a OFF (máx.)	50 μ s / 200 μ s	500 μ s
Conmutación (máx.)	--	--
Frecuencia de conmutación (máx.)	--	
Vida útil mecánica	--	
Vida útil de los contactos	--	
Salidas ON simultáneamente	Todas a 55° C (horizontal), todas a 45° C (vertical)	
Conexión de dos salidas en paralelo	Si, sólo salidas de un mismo grupo	

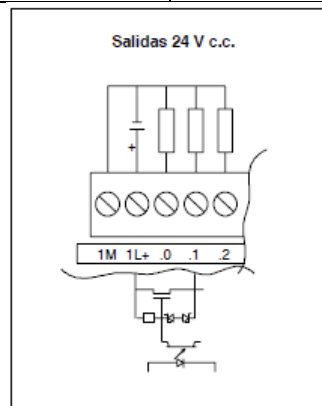


Fig 4.9 Salidas de los módulos de ampliación digitales S7-2

4.8 DATOS TÉCNICOS TD 400C

Los paneles OP 73micro y TP 177micro pueden configurarse de manera sencilla y confortable al más alto nivel de automatización gracias un software HMI novedoso e innovador: SIMATIC WinCC flexible Micro.

Los Text Panels TD 100C, TD 200, TD 200C y TD 400C se configuran con el software SIMATIC STEP7-Micro/WIN.


TD 400C

Pantalla STN (con retroiluminación)
4 líneas, máx. 24 caracteres por
192 x 64
Teclado de membrana
15 / 7
Datos de usuario en la CPU
1 x PPI (RS485)
80
64
864
-
5
IP65, NEMA 4 / IP20
174 x 102
31
163,5 x 93,5
en prep. CE, cULus, C-Tick, FM
Micro/WIN V4.0 SP6

Fig 4.10 Datos técnicos de TD 400C

4.9 PROGRAMACIÓN IMPLEMENTADA PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA PROTOTIPO

4.9.1 PROGRAMACIÓN IMPLEMENTADA PARA EL PLC

Para la programación del PLC nos basamos en el algoritmo de la figura 4.11 a continuación. Esta describe tres partes importantes como es la interfaz con el usuario, lectura de datos y control de los actuadores respectivos.

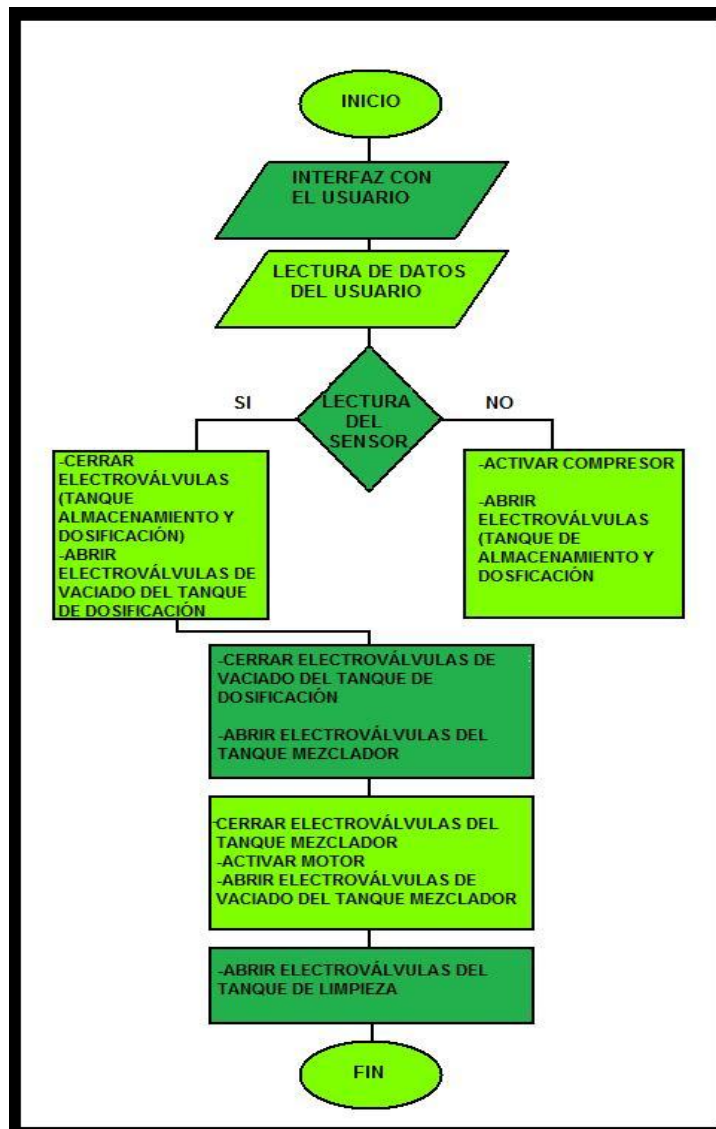


Fig 4.11 Algoritmo de Programación



La programación se le realizo mediante la lógica de escalera, que es el lenguaje denominado KOP(Ver anexo 1), que se basa en programación por contactos. Es una lógica de programación secuencial, es decir, al terminar cada proceso activamos un bit denominado bandera que es la señal para activar el siguiente proceso.

El programa se lo realizo en STEP7-Microwin V.4 que es un software de Siemens para la configuración y programación del PLC Siemens S7-200.

4.9.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA

El programa se lo realizo en tres partes principales, La interfaz del usuario, la lectura de datos y el proceso de control.

La interfaz del usuario la realizamos mediante un display SiemensTD400c, para la configuración de este panel utilizamos el asistente visualizador de textos de Step7-Microwin, el cual permite crear menú y obtener los valores de las variables a configurar. En esta configuración nosotros diseñamos las pantallas que se le van a presentar al usuario para su manipulación.

La Lectura de los datos la realizamos atreves de los puertos digitales que disponemos, en este caso desde la entrada DI0 a DI8, el dato obtenido de esta lectura es un dato tipo bit es decir, es una variable booleana. Luego estas variables pasan a ser comparadas con los datos que ingreso el usuario.

Para el proceso de control, tenemos diferentes rutinas las cuales nos permite activar y desactivar los actuadores como los que disponemos, electroválvulas y motores. Una vez iniciado el proceso nosotros procedemos a la rutina de medición de cantidades de pintura en los tanques.

Terminado este proceso activamos una bandera que es un bit en alto que nos permite señalar e indicar que procedemos a la etapa de vaciar los tanques de medición, y llenar el tanque de mezclado, una vez llenado el tanque de mezclado activamos el contacto del motor durante 5 minuto, tiempo necesario para que la pintura se mezcle completamente.



Terminado esta etapa nuevamente activamos una bandera de aviso, y procedemos a descargar la pintura en un tanque final activando las electroválvulas de vaciado y el compresor. Para finalizar el proceso activamos las electroválvulas que contienen el material de limpieza del equipo.

4.9.3 VALIDACIÓN DEL PROGRAMA IMPLEMENTADO EN EL PLC

Una vez terminada la etapa de diseño se procedió a realizar la implementación del proyecto, la misma que comenzó con la programación experimental en el banco de pruebas del PLC Siemens S7-200 y del visualizador de texto Siemens TD400C. Aquella programación inicial tuvo como objetivo el ir desarrollando la lógica de funcionamiento de los equipos ya mencionados, valiéndose de la emulación de algunas de las señales que era posible para su ingreso a los módulos de entradas del PLC. Una vez realizado lo anterior se obtuvo la primera versión del software del HMI (Interfaz Humano Maquina) tanto para el visualizador de texto como para el PLC. Luego se procedió a la implementación del HMI en el proceso de la unidad generadora de control mediante la instalación y conexión de todos los equipos que conforman el sistema, para finalmente en base a las pruebas de campo del mismo proceder a su depuración y puesta en marcha definitiva.

4.9.4 VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

4.9.4.1 ESTADO INICIAL

Antes de iniciar todo el proceso el compresor esta encendido. Las electroválvulas neumáticas están en estado cerrado así como también las electroválvulas de dosificación. El relé del motor se encuentra desconectado.

4.9.4.2 PROCESO DE DOSIFICACION

Color Verde:

Para obtener el color verde se permite el paso de porciones iguales de amarillo y azul, teniendo totalmente cerrado la electroválvula de dosificación del tanque rojo (DO3). En el



que se ejecuta el siguiente proceso: Se activan las electroválvulas DO1 y DO2 que corresponden a los tanques de almacenamiento amarillo y azul, como también las electroválvulas DO4 y DO5 que corresponden a los tanques de dosificación amarillo y azul, hasta la señal respectiva del PLC, una vez hecha la lectura de los sensores de nivel DI1 y DI4, que corresponden a los tanques de dosificación amarillo y azul en el nivel dos (Ver anexo 12).

4.9.4.3 PROCESO DE MEZCLADO

Una vez obtenido los niveles de líquido deseados en el tanque de dosificación procedemos a descargar la pintura en un tanque de mezclado, para esto activamos la salida DO7 que permite abrir las electroválvulas de los tanques de vaciado. Y al mismo momento activamos la salida que activa el funcionamiento del motor de mezclado (DM1) durante un tiempo de 5 minutos, tiempo suficiente para mezclar la pintura. (Ver anexo 12).

4.9.4.4 PROCESO FINAL

Una vez terminado el proceso del motor se da un aviso mediante el display para proceder a vaciar manualmente la pintura con una cortadora.

4.9.4.5 SISTEMA DE LIMPIEZA:

Para el inicio del sistema de limpieza se activa la electroválvula DO8 que permite la entrada de aire al tanque de almacenamiento de limpieza de esta forma expulsando el líquido hacia los tanques de dosificación amarillo, azul y rojo al mismo tiempo que se activan las electroválvulas DO9, DO10 y DO11 que son las que permiten el ingreso del líquido hacia los tanques ya mencionados hasta que el líquido alcance el nivel máximo del tanque (DI2, DI5 y DI6). Luego de esto procedemos a descargar los tanques activando la señal de salida de líquido (DO7) que abre las 3 electroválvulas, e inicia la limpieza del tanque de mezclado (Ver anexo 12).

4.9.4.6 PROCESO DE DOSIFICACION

Color Violeta:



Para obtener el color violeta se permite el paso de porciones iguales de azul y rojo, teniendo totalmente cerrado la electroválvula de dosificación del tanque amarillo (DO1). En el que se ejecuta el siguiente proceso: Se activan las electroválvulas DO2 y DO3 que corresponden a los tanques de almacenamiento azul y rojo, como también las electroválvulas DO5 y DO6 que corresponden a los tanques de dosificación azul y rojo, hasta la señal respectiva del PLC, una vez hecha la lectura de los sensores de nivel DI4 y DI7, que corresponden a los tanques de dosificación azul y rojo en el nivel dos (Ver anexo 12).

4.9.4.7 PROCESO DE MEZCLADO

Una vez obtenido los niveles de liquido deseados en el tanque de dosificación procedemos a descargar la pintura en un tanque de mezclado, para esto activamos la salida DO7 que permite abrir las electroválvulas de los tanques de vaciado. Y al mismo momento activamos la salida que activa el funcionamiento del motor de mezclado (DM1) durante un tiempo de 5 minutos, tiempo suficiente para mezclar la pintura (Ver anexo 12).

4.9.4.8 PROCESO FINAL

Una vez terminado el proceso del motor se da un aviso mediante el display para proceder a vaciar manualmente la pintura con una cortadora.

4.9.4.9 SISTEMA DE LIMPIEZA:

Para el inicio del sistema de limpieza se activa la electroválvula DO8 que permite la entrada de aire al tanque de almacenamiento de limpieza de esta forma expulsando el líquido hacia los tanques de dosificación amarillo, azul y rojo al mismo tiempo que se activan las electroválvulas DO9, DO10 y DO11 que son las que permiten el ingreso del liquido hacia los tanques ya mencionados hasta que el liquido alcance el nivel máximo del tanque (DI2, DI5 y DI6). Luego de esto procedemos a descargar los tanques activando la señal de salida de liquido (DO7) q abre las 3 electroválvulas, e inicia la limpieza del tanque de mezclado (Ver anexo 12).



4.9.4.10 PROCESO DE DOSIFICACION

Color Naranja:

Para obtener el color naranja se permite el paso de porciones iguales de amarillo y rojo, teniendo totalmente cerrado la electroválvula de dosificación del tanque azul (DO2). En el que se ejecuta el siguiente proceso: Se activan las electroválvulas DO1 y DO3 que corresponden a los tanques de almacenamiento amarillo y rojo, como también las electroválvulas DO4 y DO6 que corresponden a los tanques de dosificación amarillo y rojo, hasta la señal respectiva del PLC, una vez hecha la lectura de los sensores de nivel DI1 y DI7, que corresponden a los tanques de dosificación amarillo y rojo en el nivel dos(Ver anexo 12).

4.9.4.11 PROCESO DE MEZCLADO

Una vez obtenido los niveles de liquido deseados en el tanque de dosificación procedemos a descargar la pintura en un tanque de mezclado, para esto activamos la salida DO7 que permite abrir las electroválvulas de los tanques de vaciado. Y al mismo momento activamos la salida que activa el funcionamiento del motor de mezclado (DM1) durante un tiempo de 5 minutos, tiempo suficiente para mezclar la pintura (Ver anexo 12).

4.9.4.12 PROCESO FINAL

Una vez terminado el proceso del motor se da un aviso mediante el display para proceder a vaciar manualmente la pintura con una cortadora.

4.9.4.13 SISTEMA DE LIMPIEZA:

Para el inicio del sistema de limpieza se activa la electroválvula DO8 que permite la entrada de aire al tanque de almacenamiento de limpieza de esta forma expulsando el líquido hacia los tanques de dosificación amarillo, azul y rojo al mismo tiempo que se activan las electroválvulas DO9, DO10 y DO11 que son las que permiten el ingreso del liquido hacia los tanques ya mencionados hasta que el liquido alcance el nivel máximo del tanque (DI2, DI5 y DI6). Luego de esto procedemos a descargar los tanques activando la



señal de salida de liquido (DO7) q abre las 3 electroválvulas, e inicia la limpieza del tanque de mezclado (Ver anexo 12).



5. RESULTADOS

5.1 EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL

5.1.1 ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO

Las maquinas dosificadores manuales de pintura cuenta con una carta de colores pantone el cual es uno de los sistemas de control de color más utilizados en la actualidad (Ver anexo 13), la dosificación en estas maquinas se realiza de forma manual con la ayuda de una regleta la cual variara las cantidades de dosificación según la carta de colores pantone, a diferencia del prototipo de maquina mezcladora semiautomatizada la dosificación se realiza a través del visualizador de textos (Ver anexo 7), en la cual se selecciona los niveles según el manual de dosificación (Ver anexo 8).

El prototipo semiautomatizado está diseñado para la dosificación de diversos niveles de pintura procediendo así a la obtención de una variedad de 27 colores, los mismos que se obtienen basándose en el círculo cromático utilizado en el medio (Ver anexo 10), cumpliendo con un proceso de dosificación eficiente y en un tiempo mínimo.

El mezclado de pintura fue construido de acuerdo a los requerimientos y funciones que el mismo cumple, a través de un tanque de mezclado donde se depositara la dosificación a mezclar este proceso se realiza en un tiempo de cinco minutos, luego de realizado el proceso se descarga en el recipiente final, que albergara el nuevo color obtenido.

Como etapa final del proceso se procede a realizar la limpieza, haciendo circular agua por los tanques de dosificación y el tanque mezclador, la limpieza se realiza en un 70%, esto es debido por que la pintura es densa y quedara residuo de la misma, se propone cambiar el liquido de limpieza por un solvente, para asi mejorar la eficiencia de la limpieza de la máquina.

El proceso total necesario para la obtención de pintura se realiza en un tiempo de 6 minutos, optimizando así recursos y tiempo. Cabe señalar que la maquina mezcladora de pintura esta diseñada para trabajar solo con pintura de agua.



5.1.2 ESTIMACIÓN DEL PRECIO DE LA INVESTIGACIÓN

ESTRUCTURA.- La estructura del prototipo, tanques de almacenamiento, tanques de dosificación y tanque de mezclado se los adquirió en los distintos talleres mecánicos de nuestra ciudad.

ESTRUCTURA				
Cant.	Descripción		Valor Unitario	Total
3	Tanque de almacenamiento de pintura.		\$ 55.00	\$ 165.00
	Material: Acero inoxidable	Adquirido: Taller "Ochoa Hns"		
1	Tanque de almacenamiento de limpieza.		\$ 65.00	\$ 65.00
	Material: Acero inoxidable	Adquirido: Taller "Ochoa Hns"		
3	Tanque de dosificación.		\$ 40.00	\$ 120.00
	Material: Acrílico Transparente	Adquirido: Taller "A & Imagen"		
1	Estructura del prototipo.		\$ 240.00	\$ 240.00
	Material: Angulo 1/2" y plancha galvanizado	Adquirido: Taller "Metálicas Chamba"		
1	Tanque de mezclado.		\$ 120.00	\$ 120.00
	Material: Acero inoxidable	Adquirido: Taller "Ochoa Hns"		
4	Perno 1/4" por 1" con tuerca y arandela		\$ 0.35	\$ 1.40
	Adquirido: "Multipernos"			
20	Perno 3/16" por 3/4" con tuerca y arandela		\$ 0.14	\$ 2.80
	Adquirido:			



	“Multipernos”		
10	Tornillos autoperforantes 1”		
	Adquirido: Importadora Comercial “El Hierro”	\$ 0.05	\$ 0.50
1	Galón de Pintura martillada verde		
	Adquirido: “Gama Color”	\$ 16.18	\$ 16.18
1	Sacabocado ½”		
	Adquirido: Importadora Comercial “El Hierro”	\$ 0.95	\$ 0.95
3	Litro de Diluyente		
	Adquirido: “Gama Color”	\$ 1.50	\$ 4.50
TOTAL			\$ 736.33

SISTEMA NEUMÁTICO.- El sistema neumático cuenta con un compresor, tubería y accesorios.

SISTEMA NEUMÁTICO			
Cant.	Descripción	Valor Unitario	Total
1	Compresor 2Hp _120V		
	Adquirido: Importadora Comercial “El Hierro”	\$ 120.00	\$ 120.00
1	Regulador de presión		
	Adquirido: Importadora Comercial “El Hierro”	\$ 5.00	\$ 5.00
	Electroválvula		



6	Adquirido: Electrónica "Mega Chip"	\$ 35.00	\$ 210.00
9	Reductor $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ "	\$ 0.85	\$ 7.65
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
12	Neplo $\frac{3}{4}$ "	\$ 0.50	\$ 6.00
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
6	Metro de manguera de presión	\$ 0.80	\$ 4.80
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
12	Adaptador de $\frac{1}{2}$ "	\$ 0.25	\$ 3.00
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
4	Codo 90° de $\frac{1}{2}$ "	\$ 0.35	\$ 1.40
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
5	Tee $\frac{3}{4}$ "	\$ 0.85	\$ 4.25
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
14	Abrazadera	\$ 0.25	\$ 3.50
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
2	Unión $\frac{3}{4}$ "	\$ 0.55	\$ 1.10
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
TOTAL			\$ 366.70



SISTEMA HIDRÁULICO.- El sistema hidráulico cuenta con su respectiva tubería que se detalla a continuación.

SISTEMA HIDRÁULICO			
Cant.	Descripción	Valor Unitario	Total
10	Electroválvula	\$ 35.00	\$ 350.00
	Adquirido: Electrónica "Mega Chip"		
15	Reductor $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ "	\$ 0.85	\$ 12.75
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
14	Neplo $\frac{3}{4}$ "	\$ 0.50	\$ 7.00
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
6	Metro de manguera	\$ 0.35	\$ 2.10
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
18	Adaptador de $\frac{1}{2}$ "	\$ 0.25	\$ 4.50
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
4	Codo 90° de $\frac{3}{4}$ "	\$ 0.70	\$ 2.80
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
3	Codo 90° de $\frac{1}{2}$ "	\$ 0.35	\$ 1.05
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		



2	Tee 3/4"	\$ 0.85	\$ 1.70
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
22	Abrazadera	\$ 0.25	\$ 5.50
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
10	Unión 3/4"	\$ 0.55	\$ 5.50
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
TOTAL			\$ 393.35

SISTEMA ELÉCTRICO.- El sistema eléctrico cuenta con un moto reductor eléctrico y abastecimiento de energía.

SISTEMA ELÉCTRICO			
Cant.	Descripción	Valor Unitario	Total
1	Moto-reductor	\$ 350.00	\$ 350.00
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
1	Riel Din	\$ 6.00	\$ 6.00
	Adquirido: Ferretería "A. Flores"		
1	Contactor	\$ 28.00	\$ 28.00
	Adquirido: Electrónica "Siemens"		
1	Temporizador 1-4 s	\$ 14.00	\$ 14.00
	Adquirido:		



	Electrónica “Siemens”		
1	Capacitor de arranque 145uF	\$ 3.50	\$ 3.50
	Adquirido: Electrónica “Siemens”		
1	Luz piloto	\$ 2.50	\$ 2.50
	Adquirido: Electrónica “Siemens”		
1	Shuiw on-off	\$ 1.75	\$ 1.75
	Adquirido: Electrónica “Siemens”		
1	Rollo de Cable de Control-18AWG	\$ 12.00	\$ 12.00
	Adquirido: Ferretería “A. Flores”		
1	Bornera	\$ 0.50	\$ 0.50
	Adquirido: Ferretería “A. Flores”		
1	Rollo de Cable de Control-12AWG	\$ 17.00	\$ 17.00
	Adquirido: Ferretería “A. Flores”		
TOTAL			\$ 435.25

SISTEMA DE CONTROL.- Dentro del sistema de control están sus respectivos componentes que se adquirieron en distintas casas electrónicas de nuestra ciudad.

SISTEMA DE CONTROL			
Cant.	Descripción	Valor Unitario	Total



9	Sensor de Nivel	\$ 18.30	\$ 165.00
	Adquirido: Electrónica “Mega Chip”		
1	PLC de Marca Siemens S7-200 CPU 224	\$ 415.00	\$ 415.00
	Adquirido: Electrónica “Mega Chip”		
2	Módulos de salidas digitales Siemens EM222	\$ 155,00	\$ 360.00
	Adquirido: Electrónica “Mega Chip”		
1	Módulo de entradas analógicas EM231 con 4 entradas	\$ 247,00	\$ 247.00
	Adquirido: Electrónica “Mega Chip”		
1	TD400	\$ 240.00	\$ 240.00
	Adquirido: Electrónica “Mega Chip”		
1	Fuente de 24 V	\$ 65.00	\$ 65.00
	Adquirido: Electrónica “Mega Chip”		
TOTAL			\$ 1492



5.1.2.1 ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL

ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL	
ESTRUCTURA	\$ 736.33
SISTEMA NEUMÁTICO	\$ 366.70
SISTEMA HIDRÁULICO	\$ 393.35
SISTEMA ELECTRICO	\$ 435.25
SISTEMA DE CONTROL	\$ 1492
TOTAL	\$ 4915.63



5.1.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL

La maquina mezcladora de pintura semiautomatizada, tiene como finalidad la implementación de dos procesos necesarios para la realización de diferentes colores de pintura, estos son la dosificación tanto como el mezclado, consientes de la necesidad de que el producto y servicio que cumple la maquina debe cumplir con los más altos estándares de desempeño y que su operación sea ejecutada de acuerdo con la legislación de salud, seguridad y ambiente.

Se ha procedido a realizar el análisis del impacto ambiental generado por el prototipo teniendo en cuenta que tema de la contaminación ambiental en los últimos años ha tenido mayor atención por parte de todos los sectores sociales, industriales, gubernamentales, etc. Los descubrimientos y estudios que han permitido evaluar el grado de afectación del planeta han hecho que se desarrollen distintos caminos para remediar el daño causado.

Mediante un análisis de emisiones realizadas al aire como al agua, de desechos peligrosos, liberación de residuos tóxicos, compuestos orgánicos volátiles, generados por esta actividad con la finalidad de establecer el grado de incidencia de dichas emisiones en el medio ambiente, por lo que se ha puntualizado que existen pequeñas cantidades de presentación de dichos desechos, por lo que la maquina no presenta un bajo impacto ambiental.



6. CONCLUSIONES

- Se dota al laboratorio de Automatización, de una máquina electro neumática, que obtiene 27 diferentes colores de pintura preestablecidos.
- El módulo permite apreciar el funcionamiento de switches de nivel, electroválvulas y moto reductores en el proceso didáctico de dosificación, mezcla y envasado de pintura.
- En el diseño y construcción del módulo didáctico se utilizaron los distintos criterios teóricos de instrumentación industrial, Instalaciones Eléctricas y Automatización Industrial obtenidos durante los años de estudio.
- A diferencia de las maquinas dosificadoras y mezcladoras manuales de pintura, el usuario tiene la facilidad de seleccionar digitalmente en una pantalla los valores establecidos en el manual de usuario para la obtención de cada color.
- La máquina mezcladora de pintura semiautomatizada, junto a un modulo analógico y modulo digital queda a disposición de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica para la realización de prácticas de automatización.



7. RECOMENDACIONES

- Para obtener un producto de calidad en el color seleccionado se debe ubicar de forma adecuada los switches de nivel para obtener una lectura óptima.
- Tener en cuenta la alimentación de los sensores de nivel que estén conectados de manera adecuada.
- Una vez implementada la programación del PLC y la TD400 se debe ir ingresando los porcentajes de los colores a obtener, solicitados por el usuario.
- Dejar un espacio adecuado entre los equipos del tablero para lograr una correcta disipación de temperatura.
- Manipular de forma adecuada la pantalla TD400 ya que es una herramienta de delicada manipulación, esta actividad la debe realizar una persona capacitada para poner en marcha el control del proceso.
- Para obtención de una gama más amplia de combinaciones de colores de pintura, es necesario es necesario realizar el cambio de sensores digitales por sensores analógicos de nivel, ya que el sensor analógicos cuentan con la ventaja de entregar un numero más amplio de señales analógicas que se relaciona con nuevos niveles, permitiendo la obtención de nuevos colores de pintura.
- Dado que cada individuo tiene formas particulares de enfocar y resolver los problemas, el módulo queda para que los estudiantes practiquen y hagan mejoras en la programación de un proceso que cuenta con elementos de campo reales.



8. BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

- CREUS SOLE, Antonio. Instrumentación Industrial. 7ª Edición. Alfaomega. México, DF, MX. 2006. 775p.
- MENGUAL, Pilar. Step 7 Una Manera Fácil de Programar PLC Siemens. 1ª Edición. Alfaomega. México, DF, MX. 2010. 307p.
- MORRIS, Noel M. Fundamentos de Electrónica Industrial. 2ª Edición. Boixareu. Barcelona. ES. 1982. 362p.
- NAVARRO, Rina. Ingeniería de Control Analógica y Digital. 1ª Edición. McGraw-Hill Interamericana. México, DF, MX. 2004. 280p.
- PÉREZ GARCÍA, Miguel A. ÁLVAREZ ANTÓN, Juan C. CAMPO RODRIGUEZ, Juan C. FERRERO MARTÍN, Francisco Javier. GRILLO ORTEGA, Gustavo J. Instrumentación Electrónica. 2ª Edición. Thomson. Madrid. ES. 2004. 861p.
- ROLDÁN VILORIA, José. Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada. 4ª Edición. Paraninfo. Valladolid. ES. 1995. 241p.

SITIOS WEB:

- www.comunidadelectronicos.com
- www.electronica2000.com
- www.maxbotix.com
- www.repuestoelectronico.com
- www.unicrom.com



9. ANEXOS