

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Título del Proyecto:

“REPOTENCIACION Y AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE MEZCLADORA
BANDA TRANSPORTADORA PARA PRACTICAS DE LABORATORIO DE
AUTOMATIZACION INDUSTRIAL DEL DECEM”

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Realizado por:

ANDRES VLADIMIR CASTILLO ORTIZ
RODRIGO VICENTE VILLAVICENCIO AREVALO

Sangolquí, 29 de Octubre del 2009

CERTIFICADO DE LA ELABORACION DEL PROYECTO

El proyecto de grado titulado “REPOTENCIACION Y AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE MEZCLADORA BANDA TRANSPORTADORA PARA PRACTICAS DE LABORATORIO DE AUTOMATIZACION INDUSTRIAL DEL DECEM” fue realizado en su totalidad por los Srs. ANDRÉS VLADIMIR CASTILLO ORTIZ y RODRIGO VICENTE VILLAVICENCIO ARÉVALO como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Luis Echeverría.
Director

Ing. Carlos Naranjo.
Codirector

LEGALIZACION DEL PROYECTO

“REPOTENCIACION Y AUTOMATIZACION DEL PROCESO DE MEZCLADORA
BANDA TRANSPORTADORA PARA PRACTICAS DE LABORATORIO DE
AUTOMATIZACION INDUSTRIAL DEL DECEM”

Elaborado por:

Andrés Castillo
CI: 1715293880

Rodrigo Villavicencio
CI: 1715627491

Ing. Emilio Tumipamba
DIRECTOR DE LA CARRERA

DEDICATORIA

Proyecto de grado dedicado a Dios por todas las bendiciones recibidas en mi carrera estudiantil ya que sin ellas ningún triunfo o éxito en la vida sería posible. A mis padres que se han esforzado tanto por brindarme la posibilidad de recibir una educación integral y guiarme en mi vida confiando a cada momento en mí, a mis hermanos por el apoyo incondicional que me sirvió como motivación para alcanzar mis objetivos y a mis sobrinas que las quiero tanto por la inmensa alegría que han traído a mi familia, esperando se formen en la vida con el ejemplo de sus padres y familiares.

Andrés Vladimir Castillo Ortiz

El trabajo realizado y el proyecto realizado se lo dedico a mis padres, gracias a su esfuerzo y dedicación y alcanzado a llegar al lugar donde me encuentro, a mis hermanas que me han apoyado en los momentos de dificultades y han sido la mano amiga que me ha guiado en el camino de la vida, a mis profesores y maestros ya que son una fuente de inspiración para la adquisición del conocimiento y tutores en el área de la enseñanza científica.

Rodrigo Villavicencio Arevalo.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento sincero al personal docente de la Carrera de Ingeniería Mecánica por los conocimientos y enseñanzas impartido a lo largo de nuestra formación académica. Así mismo el agradecimiento especial a los directores del proyecto por el asesoramiento y la colaboración tanto técnica como en el aporte logístico para la realización del proyecto.

A mis compañeros y amigos con los cuales se ha compartido muchas experiencias académicas como de vida, a los cuales se les desea que culminen sus anhelos y alcancen el éxito en el futuro

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES	16
1.1 Antecedentes	16
1.1.1 Necesidad insatisfecha	16
1.1.2 Situación Inicial	16
1.1.3 Descripción	17
1.1.4 Fases del Desarrollo	19
1.2 Definición del Problema	19
1.3 Objetivos	19
1.3.1 General	19
1.3.2 Específicos	20
1.4 Justificación e Importancia	20
1.5 Alcance del Proyecto	21
2. MARCO TEORICO	22
2.1 Elementos del Proceso	22
2.1.1 Conjunto de Recipientes	22
2.1.2 Banda Transportadora	24
2.1.3 Procesos Similares en la Industria	26
2.1.3.1 Planta de Harina	26
2.1.3.2 Planta de Concreto	27
2.1.3.3 Maquina Dosificadora	28
2.2 Instrumentación	29
2.2.1 Introducción	29
2.2.2 Sensores	30
2.2.2.1 Sensores de Temperatura	31
2.2.2.1.1 Termopar	31
2.2.2.2 Sensores de Posición	33
2.2.2.2.1 Sensores Ópticos	34
2.2.2.3 Sensores de Nivel	36
2.2.3 Actuadores	37
2.2.3.1 Relés	38
2.2.3.2 Motores Eléctricos	40

2.2.3.2.1 Motores Monofásicos	41
2.2.3.3 Electroválvulas	42
2.2.3.4 Calentadores Eléctricos	43
2.2.3.5 Actuadores Neumáticos	44
2.3 Sistemas de Control Automático	45
2.3.1 Definiciones Básicas	45
2.3.3 Métodos de Control	48
2.3.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC)	48
2.3.3.1.1 Tipos de Señales que Detecta	51
2.3.4 Sistemas de Automatización	52
3. DISEÑO DEL EQUIPO	55
3.1 Inventarios de materiales y elementos disponibles	55
3.1.1 Inventario de Materiales	55
3.1.2 Inventario de Elementos Mecánicos	56
3.1.3 Inventario de Elementos Eléctrico/Electrónicos	56
3.2 Diseño de las Partes Mecánicas del Equipo	57
3.2.1 Diseño de la Base para la Estructura de los Recipientes	57
3.2.2 Diseño de los Elementos para la Banda Transportadora	61
3.2.2.1 Cálculo de la Potencia del Motor	61
3.2.2.2 Diseño del Eje Acoplador entre Motor y Eje de Banda Transportadora	66
3.2.2.3 Soporte del Motor de la Banda	68
3.2.3 Soporte del Motor Mezclador	69
3.2.4 Accesorios Mecánicos complementarios para el Proceso	70
3.2.4.1 Caja de Conexiones Auxiliar	70
3.2.4.2 Soporte de los Sensores de Posición	71
3.2.4.3 Soporte para el Cilindro Neumático	71
3.2.4.4 Soporte para las Mangueras Dosificadoras	72
3.2.4.5 Almacenamiento de Envases de Salida	72
4. SELECCIÓN DE LAS PARTES, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	73
4.1 Selección de Partes y Accesorios del Proceso	73
4.1.1 Conjunto de Recipientes	73
4.1.2 Estructura de los Recipientes	74
4.1.3 Banda Transportadora	75

4.1.4 Accesorios Hidráulicos del Proceso	76
4.1.5 Accesorios Neumáticos del Proceso	77
4.2 Selección de los Elementos del Sistema de Control	77
4.2.1 Selección de los Sensores	77
4.2.1.1 Sensor de Temperatura	78
4.2.1.2 Sensor de Posición	79
4.2.1.3 Sensor de Nivel	81
4.2.2 Selección de los Preactuadores y Actuadores	82
4.2.2.1 Relés	82
4.2.2.2 Motores Eléctricos	83
4.2.2.3 Electroválvulas	85
4.2.2.4 Calentadores Eléctricos	87
4.2.2.5 Cilindro Neumático	87
4.2.3 Selección del Controlador y Componentes Necesarios	88
4.2.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC)	89
4.2.3.2 Módulo de Expansión Analógico	90
4.2.3.3 Software STEP 7-Micro/Win 3.2	92
4.2.3.4 Cable Multi-Master USB / PPI	93
4.2.3.5 Fuente de Alimentación	94
4.2.3.6 Caja de Control y Accesorios Eléctricos	94
5. PRÁCTICAS DE LABORATORIO	96
5.1 Descripción de las Prácticas de Laboratorio	96
5.1.1 Descripción de la Práctica #1	96
5.1.2 Descripción de la Práctica #2	97
5.1.3 Descripción de la Práctica #3	97
5.2 Guía de las Prácticas de Laboratorio	98
5.2.1 Guía de la Práctica #1	98
5.2.2 Guía de la Práctica #2	101
5.2.3 Guía de la Práctica # 3	104
5.3 Programación y Simulación de las Prácticas	108
5.3.1 Programación de las Prácticas	108
5.3.2 Simulación de las Prácticas	108
6. CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL EQUIPO	109

6.1 Construcción de los elementos mecánicos	109
6.1.1 Diagrama de Construcción	110
6.2 Ensamblaje de los Elementos del Equipo	110
6.2.1 Diagrama de Ensamble	111
6.3 Ubicación de los Elementos del Sistema de Control	111
6.3.1 Conexión de los Elementos del Sistema de Control	112
7. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	113
7.1 Pruebas de los Elementos del Sistema	113
7.1.1 Análisis de Resultados	114
7.2 Prueba de Funcionamiento del Equipo	115
7.2.1 Análisis de Resultados	116
7.3 Ajustes en el Equipo	116
7.3.1 Calibración del Modulo EM 231 TC	116
8. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO	118
8.1 Estudio Económico Financiero	118
8.1.1 Antecedente	118
8.1.2 Costos del Equipo	119
8.1.2.1 Costos Directos	119
8.1.2.2 Costos Indirectos	121
8.1.3 Costo Total del Equipo	121
8.1.4 Análisis Costo Beneficio	122
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
9.1 Conclusiones	123
9.2 Recomendaciones	125

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1: Equipo completamente Inoperable (Situación Inicial)	17
Figura 1.2: Esquema del Proceso Completo	18
Figura 2.1: Recipiente o Tanque (Acero)	23
Figura 2.2: Conjunto de Recipientes	23
Figura 2.3: Esquema de una Banda Transportadora	24
Figura 2.4: Banda Transportadora Industrial	25
Figura 2.5: Esquema del Proceso de Producción de Harina	26
Figura 2.6: Esquema del proceso de producción de Concreto	28
Figura 2.7: Maquina Dosificadora Automática	28
Figura 2.8: Esquema de Funcionamiento de Termopar	32
Figura 2.9: Grafica FEM vs Temperatura	33
Figura 2.10: Sensor Fotoeléctrico de Barrera	35
Figura 2.11: Sensor Fotoeléctrico Reflectivo	36
Figura 2.12: Sensor de nivel tipo Flotador	37
Figura 2.13: Esquema de un Electroimán	38
Figura 2.14: Esquema de un Relé Tipo Armadura	40
Figura 2.15: Generación del Movimiento de Rotación	40
Figura 2.16: Motor Monofásico con Capacitor	42
Figura 2.17: Esquema Electroválvula Normalmente Cerrada	43
Figura 2.18: Calentador Eléctrico	44
Figura 2.19: Esquema de un Cilindro Neumático de Doble Efecto	45
Figura 2.20: Elementos de un Sistema de Control Automático	47
Figura 2.21: Diagrama de Operación de un PLC	49
Figura 2.22: Controlador Lógico Programable	49
Figura 2.23: Elementos de una Instalación Automatizada	54
Figura 3.1: Cargas en la Base de los Recipientes	57
Figura 3.2: Envases Empleados en el Proyecto	61
Figura 3.3: Esfuerzos en el Eje Acoplador de Motor y Banda Transportadora	66
Figura 3.4: Deformaciones en el Eje Acoplador de Motor y Banda Transportadora	67
Figura 3.5: Soporte del motor de la banda transportadora	68
Figura 3.6: Deformaciones del Soporte de la Banda Transportadora	69

Figura 3.7: Soporte del motor de la Mezcladora	70
Figura 3.8: Caja de Conexiones	70
Figura 3.9: Soporte de Sensores de Posición	71
Figura 3.10: Soporte para el Cilindro Neumático	71
Figura 3.11: Soporte para Mangueras Dosificadoras	72
Figura 3.12: Almacenamiento de Envases de Salida	72
Figura 4.1: Esquema de Recipiente Utilizado	74
Figura 4.2: Esquema de Estructura del Recipientes Utilizado	75
Figura 4.3: Esquema de Banda Transportadora Utilizada	76
Figura 4.4: Acople rápido Utilizado	76
Figura 4.5: Conector recto Utilizado	77
Figura 4.6: Termopar Tipo J Utilizado	78
Figura 4.7: Sensor Fotoeléctrico Utilizado	79
Figura 4.8: Esquema Fotoeléctrico de Barrera	80
Figura 4.9: Esquema Fotoeléctrico Reflectivo	80
Figura 4.10: Esquema Sensor de Nivel Utilizado	81
Figura 4.11: Relé de Armadura Utilizado	83
Figura 4.12: Motor Eléctrico para la Banda Transportadora	84
Figura 4.13: Motor Eléctrico para el Mezclador	84
Figura 4.14: Electroválvula Hidráulica Utilizada	86
Figura 4.15: Electroválvula Hidráulica Utilizada	86
Figura 4.16: Calentador Eléctrico Utilizado	87
Figura 4.17: Cilindro Neumatico Utilizado	88
Figura 4.18: Esquema del PLC y Componentes Necesarios	88
Figura 4.19: Controlador Lógico Programable Utilizado	90
Figura 4.20 Módulo de Expansión Analógico Utilizado	92
Figura 4.19: Ventana de STEP 7 Micro/Win 3.2	93
Figura 4.21 Cable Muti-MasterUSB / PPI Utilizado	93
Figura 4.22 Fuente de Alimentación Utilizada	94
Figura 4.23 Caja de Control Utilizada	95
Figura 5.1 Descarga del Fluido del Recipientes C en Envases Pequeños y Grandes	100
Figura 5.2 Descarga Directa de Liquido del Recipientes A y B al Envase de Mayor Tamaño	103
Figura 5.3: Practica Completa con Sistema de Selección Neumático de recipientes	107

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1: Materiales a Utilizar en el Proyecto	55
Tabla 3.2: Elementos Mecánicos a Utilizar en el Proyecto	56
Tabla 3.3: Elementos Eléctrico/Electrónicos a Utilizar en el Proyecto	56
Tabla 4.1: Accesorios Hidráulicos existentes en el Recipiente	73
Tabla 4.2: Datos Técnicos de la Estructura de los Recipientes	74
Tabla 4.3: Datos Técnicos de la Banda Transportadora	75
Tabla 4.4: Accesorios Hidráulicos Utilizados en el Equipo	76
Tabla 4.5: Accesorios Neumáticos Utilizados en el Equipo	77
Tabla 4.6: Datos Técnicos del Termopar tipo J	78
Tabla 4.7: Datos Técnicos del Sensor Fotoeléctrico de Barrera	79
Tabla 4.8: Datos Técnicos del Sensor Fotoeléctrico Reflectivo	80
Tabla 4.9: Datos Técnicos del Microswitch Utilizado en el Sensor de Nivel	81
Tabla 4.10: Datos Técnicos de los Relés Seleccionados	82
Tabla 4.11: Datos Técnicos del Motor Eléctrico Utilizado en la Banda Transportadora	83
Tabla 4.12: Datos Técnicos del Motor Eléctrico para el Mezclador	84
Tabla 4.13: Datos Técnicos de la Electroválvula Hidráulica Utilizada	85
Tabla 4.14: Datos Técnicos de la Electroválvula Neumática Utilizada	86
Tabla 4.15: Datos Técnicos del Calentador Eléctrico	87
Tabla 4.16: Datos Técnicos del Cilindro Neumatico	88
Tabla 4.17: Datos Técnicos de la Fuente de Alimentación	94
Tabla 4.18: Accesorios Eléctricos Necesarios para el Equipo	95
Tabla 5.1: Entradas Utilizadas en la Práctica #1	99
Tabla 5.2: Salidas Utilizadas en la Práctica #1	99
Tabla 5.3: Entradas Utilizadas en la Práctica #2	102
Tabla 5.4: Salidas Utilizadas en la Práctica #2	102
Tabla 5.5: Entradas Utilizadas en la Practica #3	106
Tabla 5.6: Salidas Utilizadas en la Practica #3	106
Tabla 8.1 Costo de Remuneraciones	119
Tabla 8.2: Lista de materiales y precios	120
Tabla 8.3 Lista de Costos Indirectos	121
Tabla 8.4 Costos de Equipos Similares en el Mercado	122

LISTADO DE ANEXOS

Anexo A: Manual de ICOBANDAS

Anexo B: Datos Técnicos del PLC Siemens Simatic S7-200 AC/DCRLY

Anexo C: Datos Técnicos del Módulo de Ampliación Analógico Siemens EM 231 Termopar

Anexo D: Instalación y Uso del Software STEP 7 Micro/Win 3.2

Anexo E: Datos técnicos del Cable Multi-Master USB / PPI

Anexo F: Solución de la Programación de las Prácticas

Anexo G: Simulación de las Prácticas

Anexo I: Diagramas de Construcción

Anexo I: Diagramas de Ensamble

Anexo J: Planos Eléctricos de Control y Potencia

Anexo K: Equipos Similares de Automatización FESTO

NOMENCLATURA UTILIZADA

- Ps: Peso del recipiente.
- V: Volumen del recipiente.
- δ : Densidad del líquido.
- L_{liquido}: Peso Liquido
- P1S: Peso total de cada recipiente.
- P3_{Recipientes}: Peso de los tres recipientes.
- Es: Espesor.
- A: Área de compresión.
- σ : Esfuerzo de compresión.
- Fs: Factor de seguridad.
- F1: Carga de una pata del recipiente.
- σ_a : Esfuerzo de aplastamiento.
- T_E: Tensión efectiva.
- T_X: Tensión necesaria para mover la banda vacía.
- T_Y : Tensión necesaria para mover la carga en sentido horizontal.
- T_Z : Tensión necesaria para levantar o bajar la carga.
- F_X : Coeficiente de fricción de enrollamiento entre la banda y los rodillos deslizantes.
- L_C : Valor ajustado de la distancia entre centros.
- G: Peso de las piezas en movimiento.
- F_y : Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos deslizantes.
- Q: Razón de carga, en libras de carga por pie de distancia transportado.
- C: Carga en t/hr.
- S: Velocidad de la banda en ft/min..
- ω : Velocidad angular.
- r: Radio del rodillo de la banda.
- N : Revoluciones por minuto motor.
- P: Potencia teórica del Motor de la banda transportadora.
- P_n: Potencia Nominal del Motor de la banda transportadora.
- P_{max}: Potencia Máxima del Motor de la banda transportadora.
- I0.0: Start.
- I0.1: Sensor de Nivel Máximo Recipiente A.

I0.2: Sensor de Nivel Mínimo Recipiente A.
I0.3: Sensor de Nivel Máximo Recipiente B.
I0.4: Sensor de Nivel Mínimo Recipiente B.
I0.5: Sensor de Nivel Máximo Recipiente C.
I0.6: Sensor de Nivel Mínimo Recipiente C.
I0.7: Sensor Envases Pequeños.
I1.0: Sensor Envases Grandes.
I1.1: Sensor Lateral Envases Grandes.
AIW0: Termocupla Recipiente A.
AIW2: Termocupla Recipiente B.
AIW4: Termocupla Recipiente C.
Q0.0: Válvula de Entrada Recipiente A.
Q0.1: Válvula de Entrada Recipiente B.
Q0.2: Válvula de Salida Recipiente A.
Q0.3: Válvula de Salida Recipiente B.
Q0.4: Válvula de Salida Recipiente C.
Q0.5: Resistencias Recipiente A y Recipiente B.
Q0.6: Motor Mezcladora.
Q0.7: Cilindro Neumático.
Q1.0: Resistencias Recipiente C.
Q1.1: Motor Banda Transportadora.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

1.1.1 Necesidad insatisfecha

En el laboratorio de Automatización industrial no se cuenta con equipos que permitan realizar prácticas con un verdadero contacto con sensores y actuadores relacionados directamente a un proceso, o que realicen alguna actividad de industrial. Generalmente las prácticas quedan en la utilización de un software de simulación de la programación y además en muchos casos no es posible simular el proceso ya que todo software tiene sus limitaciones.

1.1.2 Situación Inicial

El laboratorio de automatización industrial contaba con un equipo que se presume realizaba la mezcla de líquidos procedentes de dos recipientes los cuales se deposita en un tercero y por medio de un agitador se mezclaba y luego pasaba a los envases que se encontraban en la banda transportadora.

En la actualidad este equipo se encuentra completamente inoperable debido a que ha sido desensamblado, solo dispone de una banda transportadora y tres recipientes que ahora se los llamara recipientes y con fines de practicas de automatización industrial se mantendrá el nombre de recipientes, que incluyen calentadores eléctricos, además en el laboratorio de Automatización Industrial cuenta con ciertos elementos útiles para la repotenciacion del equipo los cuales serán inventariados para tener mayor detalle.



Figura 1.1: Equipo completamente Inoperable (Situación Inicial)

1.1.3 Descripción

El sistema de mezcladora está compuesto por un conjunto de tres recipientes, estos permitirán el paso de líquido en diversas proporciones y temperaturas de dos recipientes a un tercer recipiente. Luego se colocara la mezcla en envases de diferente tamaño que se desplazaran sobre la banda transportadora. Con un sistema neumático de selección de tamaño el envase será separado al final del proceso.

La colocación de los recipientes en pedestales permitirá realizar la distribución de los líquidos por medio de gravedad sin la utilización de bombas, también se podrá variar las conexiones hidráulicas en los recipientes, ya que se utilizara acoples rápidos para facilitar el montaje.

En la banda transportadora se colocaran manualmente los envases en los que se dosificara el líquido de los recipientes, para detener el envase en la posición correcta se colocaran sensores de posición sobre la banda transportadora.

El equipo tendrá algunas variaciones con respecto a su predecesor ya que contará con un sistema neumático que seleccionara los envases según su tamaño, además de la versatilidad en la variación del proceso por su diseño modular.

Para el equipo se han realizado tres prácticas diferentes variando elementos del proceso como la utilización de los tres recipientes, el número de calentadores eléctricos, el accionamiento del selector de envases, pero debido a su diseño modular se podrían crear más, esto dependerá de la necesidad del laboratorio ya que es un equipo didáctico. Hay que mencionar también que la programación de cada práctica será diferente ya que el proceso varía y esto permitirá la interacción directa del estudiante con el equipo.

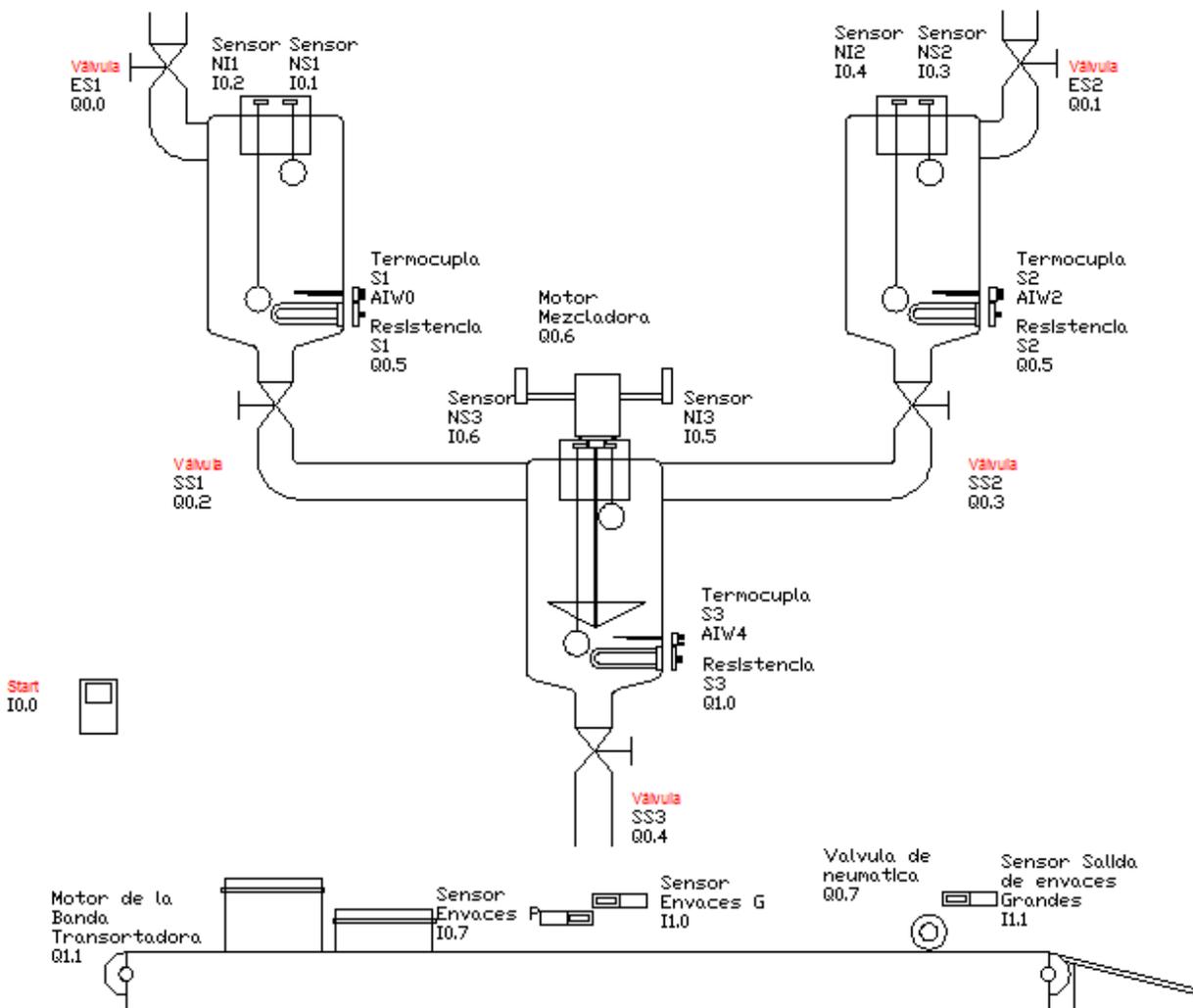


Figura 1.2: Esquema del Proceso Completo

1.1.4 Fases del Desarrollo

- Realizar un inventario de los elementos útiles para la automatización de equipo con los que existen en el laboratorio de Automatización Industrial
- Establecer los procesos para las practicas que se van a realizar en el equipo
- Realizar el diseño y simulación del sistema automático
- Buscar los elementos necesarios en el mercado nacional e internacional se requieren para realizar el equipo
- Implementación y ensamblaje de los sensores, actuadores y mas partes de sistema
- Materialización del proyecto

1.2 Definición del Problema

La falta de un equipo para realizar prácticas de programación y automatización en el laboratorio de automatización industrial de la ESPE, ya que actualmente se utiliza un software para la realización de simulaciones de las practicas de PLC's. Al realizar este tipo de prácticas los estudiantes no tienen contacto directo con los elementos del proceso a automatizar además de no contar con una verdadera practica en la utilización de un PLC, el manejo de los mismos es únicamente virtual, lo cual dificulta la enseñanza y la comprensión integral de la cátedra.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Automatizar y repotenciar la mezcladora banda transportadora del laboratorio de Automatización Industrial para facilitar la interacción de los estudiantes con una interfaz computadora maquina.

1.3.2 Específicos

- Seleccionar los sensores, actuadores, controlador y partes que van a ser necesarios para la construcción del equipo.
- Buscar variabilidad en el proceso que permita a los estudiantes realizar otro tipo de programaciones con el sistema automatizar.
- Realizar la programación necesaria que permita al sistema operar independientemente.
- Realizar y probar la programación en un software de simulación
- Implementar y ensamblar el equipo en su totalidad

1.4 Justificación e Importancia

El área de automatización desarrolla actividades educativas de investigación, desarrollo, aplicaciones al control automático como son teoría de señales, identificación, modelamiento e Instrumentación.

Ya que actualmente las industrias requieren principalmente de sistemas automáticos que no requieren de la presencia de operadores para que realicen las actividades, se ha visto la necesidad de que los estudiantes de la universidad cuenten con un sistema que permita conocer y practicar mediante un PLC sistemas automáticos.

La apertura ha mostrado que, a pesar de existir en el país, un elevado número de industrias en todos los campos de la producción, la gran mayoría no está en capacidad de competir en los Mercados Internacionales, tanto en cantidad como en calidad. La explicación salta a la vista cuando se observa y analiza el parque de máquina y equipo empleados. Este está formado por una amplia gama de tecnologías, la mayoría de ellas con una alta participación manual en sus procesos.

Es por esta razón que el área de Automatización Industrial debe contar con la documentación y equipos necesarios para poder instruir a sus alumnos de forma práctica como se realiza un proceso de control y automatización industrial.

Al tener los equipos necesarios los estudiantes adquieren experiencia de cómo se pasa del conocimiento teórico al practico ya que sus conocimientos pueden ser aplicados

directamente en los procesos o maquinas industriales sin quedar limitados a un software de simulación, lo que brindara una educación integral al estudiante que futuramente permita planificar y diseñar proyectos de control y automatización industrial en las diferentes empresas las cuales requieran este avance tecnológico.

En base a una investigación realizada en la web se ha podido establecer que un equipo de características necesarias para un laboratorio de Automatización tienen costo por sobre los 10000,00 dólares lo que significa un inversión superior en casi el doble de lo que costaría la repotenciacion y automatización del equipo disponible.

Por ultimo el desarrollo del proyecto dará una visión mucho más amplia de lo que puede ayudar o contribuir la automatización en la industria ya que en ciertos procesos reducirá la mano de obra y tiempos de producción.

1.5 Alcance del Proyecto

En el presente proyecto se realizara la repotenciación del equipo existente antes mencionado mediante el diseño, la selección, la construcción, la puesta en funcionamiento y la elaboración de tres prácticas tipo del proceso mezcladora banda transportadora con un sistema adicional de selección de contenedores para ser utilizado en el laboratorio de automatización industrial del Departamento de Ciencias de la Energía y la Mecánica.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1 Elementos del Proceso

2.1.1 Conjunto de Recipientes

Se emplea aquí el término de recipiente o tanque para cualquier depósito diseñado para su utilización en almacenamiento de líquido principalmente pueden estar abiertos a la atmósfera o cerrados. Por lo común, se obtiene el costo mínimo en una forma cilíndrica vertical y un fondo relativamente plano al nivel del terreno.

Tanques elevados. Estos pueden proporcionar un flujo grande cuando se requiere, pero las capacidades de bombeo no tienen que ser de más de flujo promedio. En esa forma, es posible ahorrar en inversiones de bombas y tuberías. También proporcionan flujo después que fallan las bombas, lo que constituye una consideración importante en los sistemas contra incendios

Tanques abiertos. Estos se pueden utilizar para almacenar materiales que no se vean dañados por el agua, el clima o la contaminación atmosférica. De otro modo, se necesitará un tejado, ya sea fijo o flotante. Los tejados fijos suelen ser escalonados o de cúpula. Los tanques grandes tienen tejados escalonados con soportes intermedios. Puesto que las presiones son desdeñables, las principales cargas de diseño son la nieve y el viento. Con frecuencia se pueden encontrar los valores que se requieren en los códigos locales de la construcción.

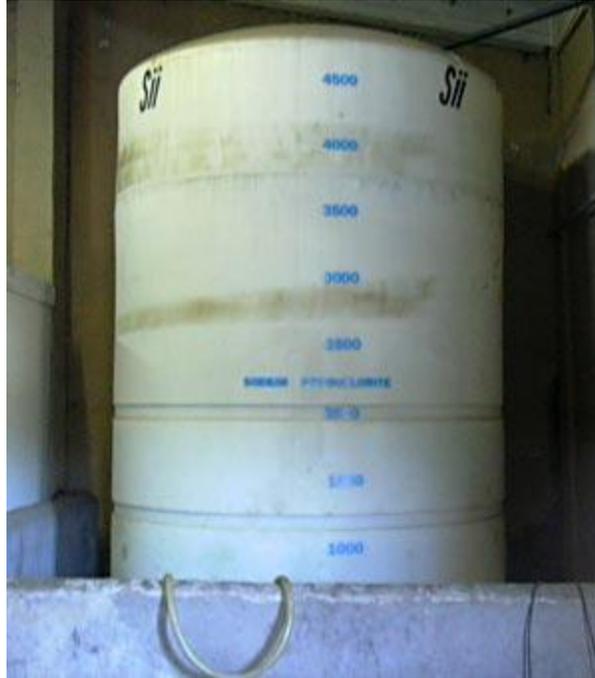


Figura 2.1: Recipiente o Tanque (Acero)



Figura 2.2: Conjunto de Recipientes

2.1.2 Banda Transportadora

Una cinta transportadora o banda transportadora es un aparato para el transporte de objetos formado por dos poleas que mueven una cinta transportadora continua. Las poleas son movidas por motores, haciendo girar la cinta transportadora y así lograr transportar el material depositado en la misma.

La banda consiste en una o más capas de material. Muchas bandas para manejo de materiales tienen dos capas: una capa inferior de material para proveer fuerza lineal y forma llamada “carcasa” y una capa superior llamada “cubierta”.

La carcasa es generalmente de algodón o plástico o de malla. La cubierta está integrada por distintos compuestos de plástico o hule especificados por el uso de la banda. Las cubiertas pueden ser fabricadas de materiales menos comunes para aplicaciones especiales tales como el uso de silicón en caliente o goma de caucho donde la tracción es esencial.

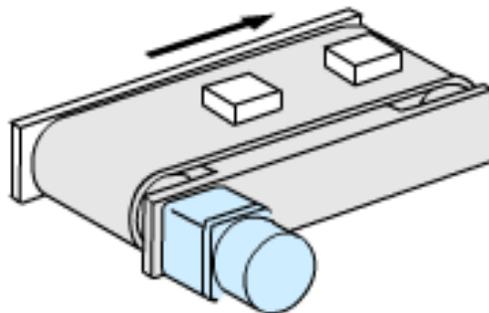


Figura 2.3: Esquema de una Banda Transportadora

Las cintas o bandas transportadoras se usan extensivamente para transportar materiales agrícolas e industriales, tales como grano, carbón, menas, etcétera, a menudo para cargar o descargar buques cargueros o camiones.

Para transportar material por terreno inclinado se usan unas secciones llamadas cintas transportadoras elevadoras. Existe una amplia variedad de cintas transportadoras, que difieren en su modo de funcionamiento, medio y dirección de transporte, incluyendo transportadores de

tornillo, los sistemas de suelo móvil, que usan planchas oscilantes para mover la carga, y transportadores de rodillos, que usan una serie de rodillos móviles para transportar cajas.

Las cintas o bandas transportadoras se usan como componentes en la distribución y almacenaje automatizados. Combinados con equipos automatizados permiten una distribución minorista, mayorista y manufacturera más eficiente, permitiendo ahorrar mano de obra y transportar rápidamente grandes volúmenes en los procesos, lo que ahorra costos a las empresas que envía o reciben grandes cantidades, reduciendo además el espacio de almacenaje necesario todo esto gracias a las bandas transportadoras.

Esta misma tecnología de bandas transportadoras se usa en dispositivos de transporte de personas tales como cintas transportadoras y en muchas cadenas de montaje industriales. Las tiendas suelen contar con cintas transportadoras en las cajas para desplazar los artículos.



Figura 2.4: Banda Transportadora Industrial

2.1.3 Procesos Similares en la Industria

2.1.3.1 Planta de Harina

La empresa MOLINO ELECTRO MODERNO S.A.¹ cuenta con una planta de harina que su proceso se resume en la llegada del trigo en camiones que son pesados en una plataforma.

Se pesa el camión lleno, posteriormente se descarga el trigo en la fosa de recepción y se vuelve a pesar el camión vacío. Obteniendo así la diferencia que es el equivalente a la cantidad de trigo comprado.

Tras la recepción se da una etapa de pre-limpieza, en base a imanes que retiran pequeños elementos metálicos mezclados con el trigo. A continuación se lleva el trigo a la parte superior de los recipientes mediante elevadores (bandas transportadoras).

Una vez en la parte superior, un tornillo sin fin se encarga de distribuir el trigo en los distintos recipientes para su almacenamiento. Debajo del recipiente se encuentra una cadena transportadora que lleva el trigo a la etapa de primera limpieza, tras la cual se desencadena el proceso de producción de harina.

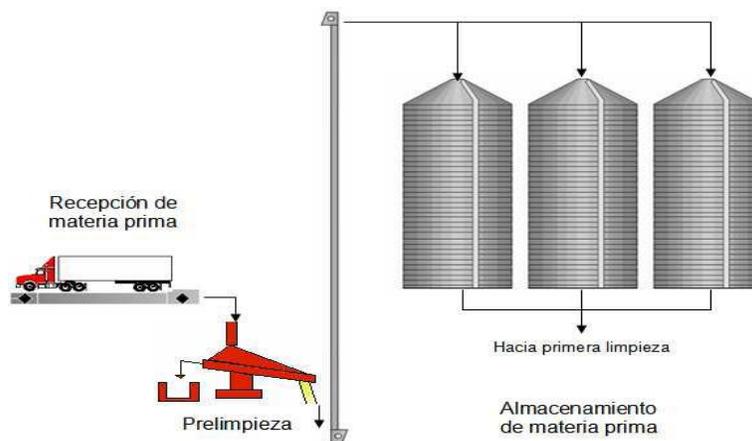


Figura 2.5: Esquema del Proceso de Producción de Harina

¹ www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4754/1/7324.pdf

2.1.3.2 Planta de Concreto

Se puede describir el proceso de elaboración del hormigón premezclado de la compañía constructora PANA-AMERICANA² la siguiente manera:

El material agregado es transportado por camiones (bañeras y volquetes), desde la mina de agregados hasta la Planta Hormigonera y su peso es controlado al ingreso a la planta. El material agregado es apilado en campos abiertos y según el tipo de material. Al material agregado se le da un tratamiento de hidratación (una corrección de humedad para el diseño).

Un Cargador Frontal alimenta de material agregado a una tolva receptora, y esta a su vez alimenta de material a una banda transportadora de rodillos, que transporta el material hasta el Silo de agregados. En el interior del Silo existen varios compartimentos, en donde el material se distribuye mediante un canalón a cada compartimiento según su tipo. El silo de agregados alimenta a una balanza celdas de carga y la cantidad de material lo determina el tipo de hormigón a producirse.

La balanza de dosificación de agregados alimenta de material a una banda transportadora de rodillos, que descarga el material a la tolva de dosificación hacia los camiones Mixer, la descarga es directa y en seco.

El Cemento es trasladado desde las plantas de Cemento en camiones cisternas hasta la planta Hormigonera y su peso es controlado al ingreso a la planta. El Cemento es descargado a través de un compresor hacia los recipientes de reserva o stock.

Mediante un transportador Neumático, el cemento es transportado al silo de consumo, alimenta a la balanza dosificadora de cemento y esta a su vez directamente a los camiones hormigoneros. Todos los recipientes tienen un sistema de aireador y vibradores eléctricos que cumplen la función de evitar que el cemento se pegue a las paredes de los recipientes.

El Silo de consumo de cemento alimenta a una balanza mediante una válvula tipo mariposa, en donde la cantidad de cemento lo determina el tipo de hormigón a producirse.

² <http://www.cpampa.com/cpa/index.php>

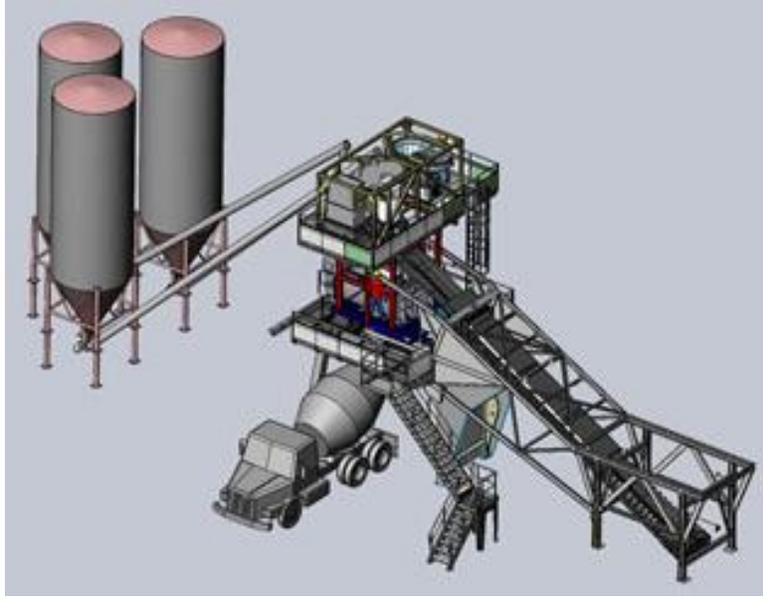


Figura 2.6: Esquema del proceso de producción de Concreto

2.1.3.3 Maquina Dosificadora

Esta máquina sirve para dosificar toda clase de líquidos fluidos y viscosos y es usada en muchas aplicaciones industriales como la de llenado de helados, cremas y cualquier clase de líquido. Se puede ajustar el volumen de la dosificación y puede trabajar con accionamiento manual ó automático, pudiendo regular el ritmo ó frecuencia del dosificado.



Figura 2.7: Maquina Dosificadora Automática

2.2 Instrumentación

2.2.1 Introducción

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos, por esto es indispensable controlar y mantener constantes diversas variables del proceso tales como presión, temperatura, humedad, nivel, etc. Los instrumentos de control y medición permiten el mantenimiento y regulación de estas variables en condiciones idóneas para el óptimo desarrollo del proceso.

Los instrumentos pueden ser utilizados para medir variables físicas, ejercer acciones de control mediante elementos actuadores, transmitir información de un punto a otro, interpretar señales y mediante algoritmos decidir el funcionamiento del sistema.

Los instrumentos industriales son todos aquellos dispositivos eléctricos, mecánicos, electrónicos, neumáticos, hidráulicos que son utilizados en un ambiente industrial como parte de un proceso productivo, cuyo uso permite el desarrollo de las acciones de control.

Los instrumentos industriales pueden realizar las siguientes funciones:

- Sensar o captar una variable
- Acondicionar una variable dada
- Transmitir una variable
- Controlar una variable
- Indicar la magnitud de una variable
- Totalizar una variable
- Registrar una variable
- Convertir una variable
- Manifestar una alarma con respecto a la magnitud de una variable
- Interrumpir o permitir una secuencia dada
- Transmitir una señal
- Amplificar una señal
- Manipular una variable del proceso, etc.

2.2.2 Sensores

Son los elementos de medición de parámetros o variables del proceso. Los sensores pueden ser usados también como indicadores, para transformar la señal medida en señal eléctrica. Los sensores más comunes son los de nivel, temperatura, presencia, proximidad, flujo, presión, entre otros. Los sensores pueden ser de varios tipos:

SENSORES DE CONTACTO: Son aquellos que realizan la medida en contacto directo, real y físico con el producto o materia. Ejemplos: Sensores de boya para medir nivel en un tanque, termocuplas para medir temperatura, etc.

SENSORES DE NO CONTACTO: Se basan en propiedades físicas de los materiales, son más exactos, pero propensos a interferencias del medio ambiente. Ejemplos: sensores ultrasónicos, sensores ópticos, etc.

SENSORES DIGITALES: Trabajan con señales digitales, en código binario, pueden representar la codificación de una señal analógica, o también la representación de dos estados on/off. Ejemplo: Sensores tipo switch.

SENSORES ANALÓGICOS: Proporcionan medidas continuas, los rangos típicos son de 0 a 20mA, 4 a 20mA, 0 a 5V, 1 a 5V, entre otros. Ejemplos: Sensores capacitivos, sensores piezoresistivos, etc.

SENSORES MECÁNICOS: Son aquellos que traducen la acción física del elemento medido, en un comportamiento mecánico, típicamente de movimiento y/o calor. Ejemplos: Barómetro, termómetro de mercurio, etc.

SENSORES ELECTRO-MECÁNICOS: Este tipo de sensor emplea un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico. Ejemplos: Sensores resistivos, sensores magnéticos, etc.

2.2.2.1 Sensores de Temperatura

Probablemente sea la temperatura el parámetro físico más común que se mide en una aplicación electrónica, incluso en muchos casos en que el parámetro de interés no es la temperatura, ésta se ha de medir para incluir indirectamente su efecto en la medida deseada.

La diversidad de sus aplicaciones ha condicionado igualmente una gran proliferación de dispositivos sensores y transductores, desde la sencilla unión bimetálica de los termostatos, hasta los dispositivos semiconductores más complejos.

TERMOPARES: Los termopares utilizan la tensión generada en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos.

RESISTIVOS: Lo constituyen las RTD (Resistance Temperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad positivo PTC (Positive Thermal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Thermal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.

SEMICONDUCTORES: Se basan en la variación de la conducción de una unión p-n polarizada directamente.

2.2.2.1.1 Termopar

Un termopar es un dispositivo para la medición de temperatura, basado en efectos termoeléctricos. Es un circuito formado por dos conductores de metales diferentes o aleaciones de metales diferentes, unidos en sus extremos y entre cuyas uniones existe una diferencia de temperaturas que origina el efecto Seebeck.

Efecto Seebeck “Cuando las uniones de dos conductores se unen por sus extremos para formar un circuito, y se colocan en un gradiente de temperatura, se manifiesta un flujo de calor y un flujo de electrones conocido como corriente Seebeck”

La fuerza electromotriz generada por el termopar está en función de la diferencia de temperatura entre la unión fría y caliente, pero más específicamente, esta es generada como un resultado de los gradientes de temperatura los cuales existen a lo largo de la longitud de los conductores.

Los termopares son baratos y robustos, tienen una estabilidad bastante buena a lo largo del tiempo. Debido a su pequeño tamaño, responden rápidamente a los cambios de temperatura. Funcionan sobre rangos de temperatura muy amplios, tiene una linealidad y exactitud razonable. Debido a que el número de electrones libres en un metal depende de la temperatura y de la composición del metal, dos metales de desigual isoterma, dan una diferencia de potencial que es una función repetible de la temperatura

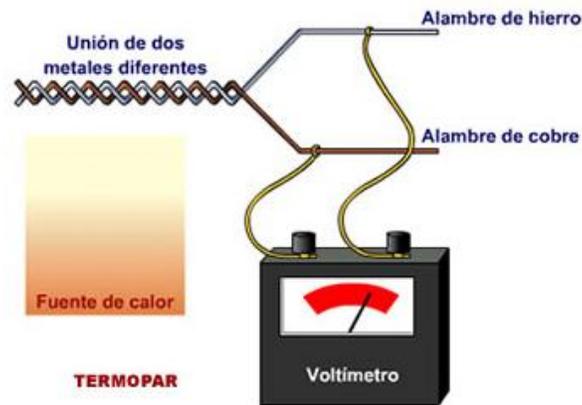


Figura 2.8: Esquema de Funcionamiento de Termopar

La magnitud de la FEM depende de los materiales de los conductores utilizados por el termopar y de sus condiciones metalúrgicas. Subsecuentes cambios en la composición del material causados por la contaminación, mecanismos extraños, o choques térmicos influyen y modifican la FEM.

Si por razones prácticas la longitud de los termopares se incrementa, esta será hecha por el empleo de la extensión correcta: El cable de extensión consiste de conductores hechos nominalmente del mismo material de los conductores del termopar.

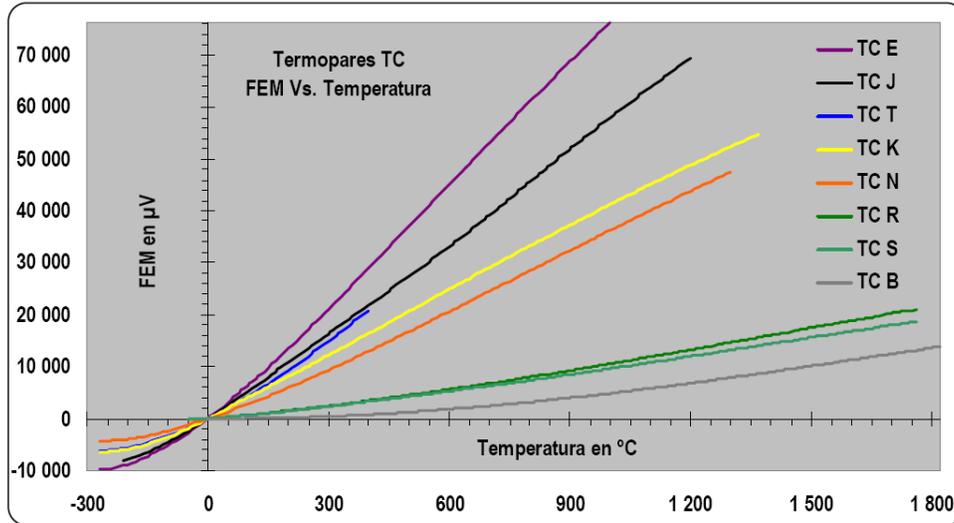


Figura 2.9: Grafica FEM vs Temperatura

2.2.2.2 Sensores de Posición

Los sensores de posición pueden dar según su construcción o montaje, una posición lineal o angular. Estos pueden ser de varios tipos:

ELECTROMECAÑICOS: Lo forman los Finales de Carrera o Microinterruptores. Se sitúan en puntos estratégicos a detectar, en sistemas industriales y máquinas en general. Conmutan directamente cualquier señal eléctrica. Tienen una vida limitada. Solo pueden detectar posiciones determinadas, debido a su tamaño.

MAGNÉTICOS: Lo forman los Detectores de Proximidad Magnéticos, que pueden ser los de Efecto Hall y los Resistivos, típicos en aplicaciones industriales.

INDUCTIVOS: Lo forman los Detectores de Proximidad Inductivos, los Sincros y Resolvers, los RVDT (Rotary Variable Differential Transformer) y LVDT (Lineal Variable Differential Transformer).

POTENCIOMÉTRICOS: Lo forman los Potenciómetros lineales o circulares.

ÓPTICOS: Lo forman las Células fotoeléctricas y los Encoders.

2.2.2.2.1 Sensores Ópticos

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor.

Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Hoy en día la mayoría de los sensores fotoeléctricos utilizan LED`s (Diodo emisor de luz según siglas en ingles) como fuentes de luz. Un LED es un semiconductor, eléctricamente similar a un diodo, pero con la característica de que emite luz cuando una corriente circula por él en forma directa.

Los LEDs pueden ser contruidos para que emitan en verde, azul, amarillo, rojo, infrarrojo, etc. Los colores más comúnmente usados en aplicaciones de sensado son rojo e infrarrojo, pero en aplicaciones donde se necesite detectar contraste, la elección del color de emisión es fundamental, siendo el color más utilizado el verde. Los sensores ópticos los forman los fotointerruptores de barrera y los reflectivos:

FOTO INTERRUPTORES DE BARRERA: Están formados por un emisor de infrarrojos y un fototransistor separados por una abertura donde se insertará un elemento mecánico que producirá un corte del haz. La salida será 0 o 1.

Las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes, un componente que emite el haz de luz, y otro componente que lo recibe. Se establece un área de detección donde el objeto que va a ser detectado es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz.

Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, "la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo" del objeto a detectar. De todos modos el tamaño del objeto debe ser tomado en cuenta ya que

algunos modelos de barreras emisor-receptor tienen ajuste de sensibilidad para permitir la detección (o no) de objetos de diferentes tamaños.



Figura 2.10: Sensor Fotoeléctrico de Barrera

FOTO INTERRUPTORES REFLECTIVOS: Están formados por un emisor y un receptor de infrarrojos situados en el mismo plano de superficie, que por reflexión permiten detectar dos tipos de colores, blanco y negro normalmente, sobre un elemento mecánico.

A diferencia de las barreras emisor-receptor, las barreras reflectivas o barreras reflex, tienen el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo. El haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadióptrico.

El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras reflex es que el cableado es en un solo lado, a diferencia de las barreras emisor-receptor que es en ambos lados.

La distancia efectiva de sensado es levemente menor que la distancia total de sensado, debido a la “zona muerta” que queda establecida justo enfrente del sensor. Esto se debe a la separación que existe entre el componente emisor y el componente receptor y el ángulo al cual la luz es reflejada desde el reflector.

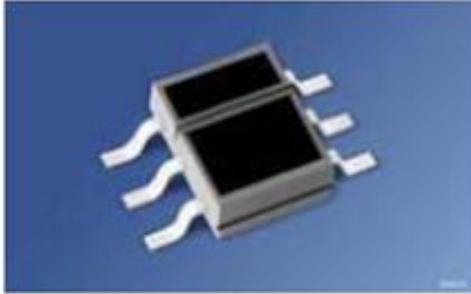


Figura 2.11: Sensor Fotoeléctrico Reflectivo

2.2.2.3 Sensores de Nivel

En la mayoría de procesos se utilizan tanques, recipientes y otros tipos de contenedores que no siempre se tiene acceso directo a ver o medir los niveles de material o flujo almacenado.

Para detectar nivel de líquido en algún tipo de contenedor existen diversos tipos de sensores dependiendo del material o fluido y de la posible manipulación tenemos los siguientes:

- Desplazamiento (Flotador)
- Presión Diferencial
- Burbujeo
- Radiactivo
- Capacitivo
- Ultrasónico
- Radar
- Servoposicionador

El tipo más común de los sensores de nivel es el flotador que se basa en la apertura y cierre de un switch mecánico que puede ser por contacto directo o magnético.



Figura 2.12: Sensor de nivel tipo Flotador

2.2.3 Actuadores

Los actuadores son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de un fluido: líquidos, gases o eléctricos. El actuador recibe la orden de un controlador y genera una salida para activar a un elemento final de control.

Los actuadores son los elementos que nos permiten controlar directa o indirectamente las variables del proceso. Tales dispositivos responden a la señal enviada por el controlador, a veces por intermedio de una interface que convierta la señal del controlador a una magnitud necesaria por el actuador.

El diseño de los actuadores es un tema complejo y ha dado lugar a la existencia de distintos tipos en función de las condiciones a cumplir (respuesta a la señal de control) y de los materiales que soporten las características tanto del proceso como del medio ambiente: temperatura, presión, corrosividad, erosión, etc.

Los actuadores o accionamientos pueden ser clasificados atendiendo al tipo de energía empleada. Según esto tendríamos:

ACTUADORES ELÉCTRICOS: Son usados para posicionar dispositivos de movimientos lineales o rotacionales. Ejemplos: Motores, relé, switch, electroválvulas.

ACTUADORES NEUMÁTICOS: Trabajan con señales de presión, estas señales son convertidas a movimientos mecánicos. Ejemplo: Pistones neumáticos, válvulas.

ACTUADORES HIDRÁULICOS: Operan igual a los neumáticos, son usados en tareas que requieren mayor fuerza por ejemplo levantar compuertas, mover grúas, elevadores, etc. Ejemplo: Pistones hidráulicos.

2.2.3.1 Relés

El relé o relevado, fue inventado por Joseph Henry en 1835. Es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina convirtiéndose en un imán tanto más potente cuando mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

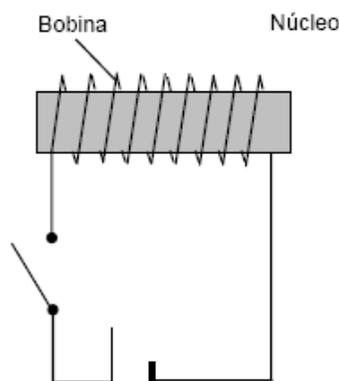


Figura 2.13: Esquema de un Electroimán

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc. Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés. Dentro de los relés electromecánicos se conocen los siguientes:

RELÉS DE TIPO ARMADURA: Pese a ser los relés más antiguos siguen siendo los más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA o NC.

RELÉS DE NÚCLEO MÓVIL: a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes.

RELÉ TIPO REED O DE LENGÜETA: están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla.

RELÉS POLARIZADOS: se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito.

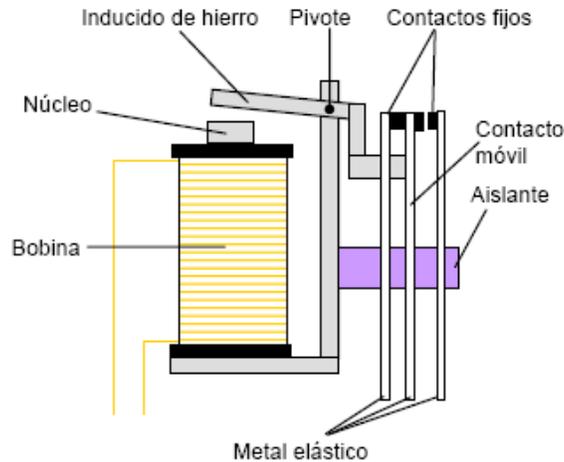


Figura 2.14: Esquema de un Relé Tipo Armadura

2.2.3.2 Motores Eléctricos

En magnetismo se conoce la existencia de dos polos: polo norte (N) y polo sur (S), que son las regiones donde se concentran las líneas de fuerza de un imán. Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. De acuerdo con esto, todo motor tiene que estar formado con polos alternados entre el estator y el rotor, ya que los polos magnéticos iguales se repelen, y polos magnéticos diferentes se atraen, produciendo así el movimiento de rotación.

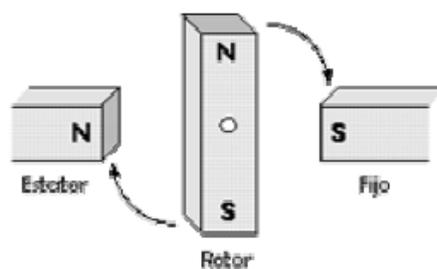


Figura 2.15: Generación del Movimiento de Rotación

Un motor eléctrico opera primordialmente en base a dos principios: El de inducción, descubierto por Michael Faraday en 1831; que señala, que si un conductor se mueve a través de un campo magnético o está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula

una corriente de intensidad variable, se induce una corriente eléctrica en el primer conductor. Y el principio que André Ampère observó en 1820, en el que establece: que si una corriente pasa a través de un conductor situado en el interior de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica o f.e.m. (fuerza electromotriz), sobre el conductor.

2.2.3.2.1 Motores Monofásicos

Fueron los primeros motores utilizados en la industria. Cuando este tipo de motores está en operación, desarrolla un campo magnético rotatorio, pero antes de que inicie la rotación, el estator produce un campo estacionario pulsante.

Para producir un campo rotatorio y un par de arranque, se debe tener un devanado auxiliar desfasado 90° con respecto al devanado principal. Una vez que el motor ha arrancado, el devanado auxiliar se desconecta del circuito.

Debido a que un motor de corriente alterna (C.A.) monofásico tiene dificultades para arrancar, está constituido de dos grupos de devanados: El primer grupo se conoce como el devanado principal o de trabajo, y el segundo, se le conoce como devanado auxiliar o de arranque. Los devanados difieren entre sí, física y eléctricamente. El devanado de trabajo está formado de conductor grueso y tiene más espiras que el devanado de arranque. Es importante señalar, que el sentido de giro de las bobinas involucra la polaridad magnética correspondiente

MOTORES DE FASE PARTIDA: En general consta de una carcasa, un estator formado por laminaciones, en cuyas ranuras aloja las bobinas de los devanados principal y auxiliar, un rotor formado por conductores a base de barras de cobre o aluminio embebidas en el rotor y conectados por medio de anillos de cobre en llama así, por que se asemeja a una jaula de ardilla. Fueron de los primeros motores monofásicos usados en la industria, y aún permanece su aplicación en forma popular. Estos motores se usan en: máquinas herramientas, ventiladores, bombas, lavadoras, secadoras y una gran variedad de aplicaciones; la mayoría de ellos se fabrican en el rango de 1/30 (24.9 W) a 1/2 HP (373 W).

MOTORES DE ARRANQUE CON CAPACITOR: Este tipo de motor es similar en su construcción al de fase partida, excepto que se conecta un capacitor en serie con el devanado de arranque para tener un mayor par de arranque. Su rango de operación va desde fracciones

de HP hasta 15 HP. Es utilizado ampliamente en muchas aplicaciones de tipo monofásico, tales como accionamiento de máquinas herramientas (taladros, pulidoras, etcétera, compresores de aire, refrigeradores, etc.)

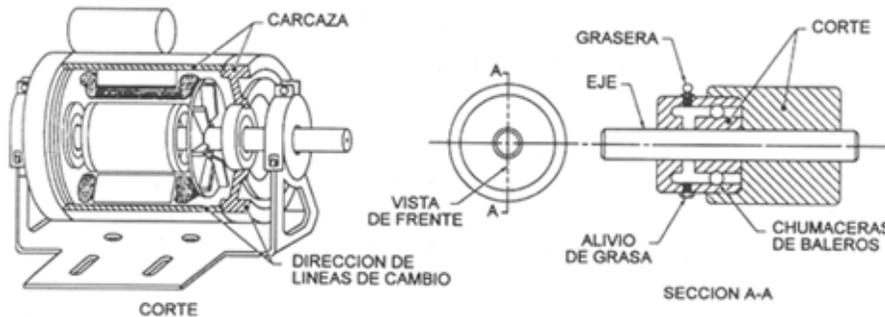


Figura 2.16: Motor Monofásico con Capacitor

2.2.3.3 Electroválvulas

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula. La válvula es el elemento mecánico por el cual circula el fluido.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es común que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas biestables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un impulso y cierra con el siguiente impulso.

Las electroválvulas pueden ser normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

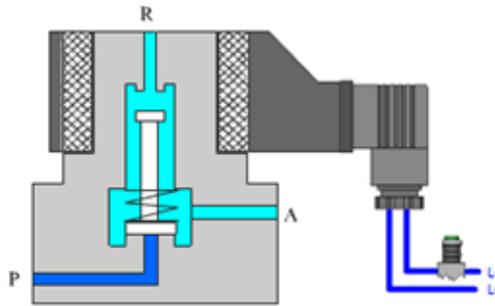


Figura 2.17: Esquema Electroválvula Normalmente Cerrada

2.2.3.4 Calentadores Eléctricos

Las resistencias calentadoras convierten energía eléctrica en calor. Procedimiento descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se liberó calor por encontrar resistencia.

Un calentador eléctrico es un dispositivo que produce energía calórica a partir de la eléctrica. El tipo más difundido es el calefactor eléctrico "resistivo", donde la generación del calor se debe al Efecto Joule. Los calefactores resistivos generan calor proporcionalmente al cuadrado de la corriente eléctrica que fluye a través de ellos. Esta relación es conocida como "Ley de Joule".

Los materiales conductores (metales y aleaciones) no son "conductores perfectos", sino que tienen una resistividad eléctrica al paso de la corriente eléctrica. La resistividad es una desventaja cuando se requiere transportar energía eléctrica, pero es deseable cuando se busca generar calor.

Como la corriente eléctrica genera calor en el seno del conductor, y como la resistencia de un metal aumenta con la temperatura, la resistencia de un calefactor aumenta a medida que éste se calienta. Por otro lado, a mayor temperatura, el conductor transferirá más calor hacia el medio que le rodea. Pero si las pérdidas de calor al ambiente son menores que los watt generados por efecto Joule, la temperatura seguirá aumentando y el conductor puede llegar a fundirse. Por lo tanto, en el diseño de calefactores (que trabajan entre unos 50 y 1150°C aproximadamente), es importante que el control de temperatura funcione bien, y considerar

materiales que no sean tan buenos conductores, que no se fundan ni oxiden ni fracturen a la temperatura y atmósfera de trabajo, y cuya resistividad cambie muy poco con la temperatura.

Entre las aplicaciones más conocidas del efecto Joule se tienen los elementos de las estufas para calentar el ambiente, los filamentos de los secadores para el pelo, las resistencias de las planchas para la ropa, las hornillas de las cocinas, las resistencias de tostadores y hornos industriales, los calentadores en los hervidores de agua y fermentadores, los alambres para evitar el congelamiento en refrigeradores y el empañamiento en vidrios de las ventanas traseras de automóviles, los calefactores en peceras e invernaderos, y muchísimas aplicaciones más.



Figura 2.18: Calentador Eléctrico

2.2.3.5 Actuadores Neumáticos

Se denominan actuadores neumáticos a los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico. Son idénticos a los actuadores hidráulicos aunque aquí el rango de compresión es mayor, además debido a la diferencia de viscosidad del fluido hay una diferencia en relación al uso y a su estructura.

Existen actuadores neumáticos de fuelle y de diafragma, que usan aire comprimido. Últimamente se usan los músculos artificiales de hule. Los hay de efecto simple, de doble efecto, con engranaje, motor neumático con veleta, con pistón, con una veleta a la vez y multiveleta, motor rotatorio con pistón, de ranura vertical y de émbolo, fuelles, diafragma etc.

CILINDRO DE SIMPLE EFECTO: El posicionamiento del cilindro es el siguiente, para hacer avanzar el vástago, el aire a presión penetra por el orificio de la cámara trasera, llenándola y haciendo avanzar al vástago. Para que ello sea posible, el aire de la cámara

delantera ha de ser desalojado al exterior a través del orificio correspondiente. En el retroceso del vástago, se invierte el proceso haciendo que exista un elemento que lo haga retroceder desplazando el aire de la cámara trasera.

CILINDRO DE DOBLE EFECTO: El posicionamiento del cilindro es el siguiente, para hacer avanzar el vástago, el aire a presión penetra por el orificio de la cámara trasera, llenándola y haciendo avanzar al vástago. Para que ello sea posible, el aire de la cámara delantera ha de ser desalojado al exterior a través del orificio correspondiente. En el retroceso del vástago, se invierte el proceso haciendo que se inyecte aire en la cámara delantera para hacer retroceder el vástago.

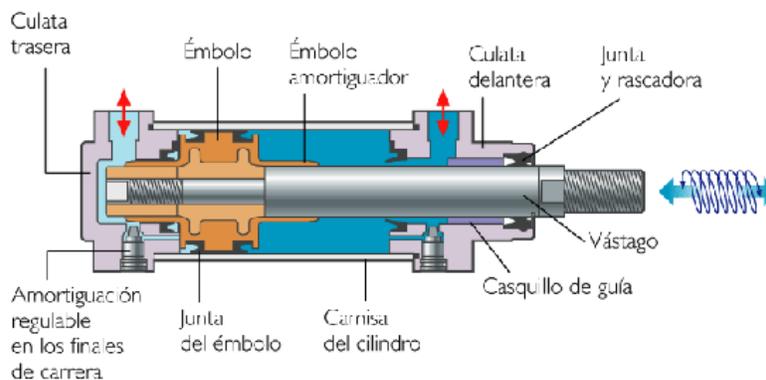


Figura 2.19: Esquema de un Cilindro Neumático de Doble Efecto

2.3 Sistemas de Control Automático

2.3.1 Definiciones Básicas

CONTROL: Acción ejercida con el fin de poder mantener una variable dentro de un rango de valores predeterminados.

SISTEMA DE CONTROL: Conjunto de equipos y componentes, que van a permitir llevar a cabo las operaciones de control.

OPERACIONES DE CONTROL: Conjunto de acciones que buscan mantener una variable dentro de patrones de funcionamiento deseados.

CONTROL AUTOMÁTICO: Es el desarrollo de la acción de control, sin la participación directa de un ser humano (operario).

SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO: Conjunto de elementos (sensor, actuador, controlador y proceso) que forman parte de un proceso productivo industrial y que van a funcionar independientemente de la acción del hombre

AUTOMÁTICO: Es todo aquello que se mueve, regula, opera por sí solo independiente del medio que lo rodea.

AUTOMATIZACIÓN: Consiste de un sistema de control automático, por el cual el sistema verifica su propio funcionamiento, efectuando mediciones y correcciones sin la interferencia del ser humano.

SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN: Conjunto de equipos, sistemas de información, y procedimientos que van a permitir asegurar un desempeño independiente del proceso, a través de operaciones de control y supervisión.

SUPERVISIÓN Y MONITOREO: Es el proceso de lectura de valores de las diversas variables del proceso, con el objetivo de identificar el estado en el que se viene desarrollando el proceso en un tiempo actual.

2.3.2 Elementos de un Sistema de Control Automático

El sistema de control va a actuar independiente del operario y va a determinar por sí mismo los mejores valores para las señales de control. Para ello se contará con una referencia, que es un valor dado por el operario, este valor es fijo y depende del tipo de proceso y de las exigencias que este amerite; es conocido como set –point, este valor es el que se desea alcanzar y mantener.

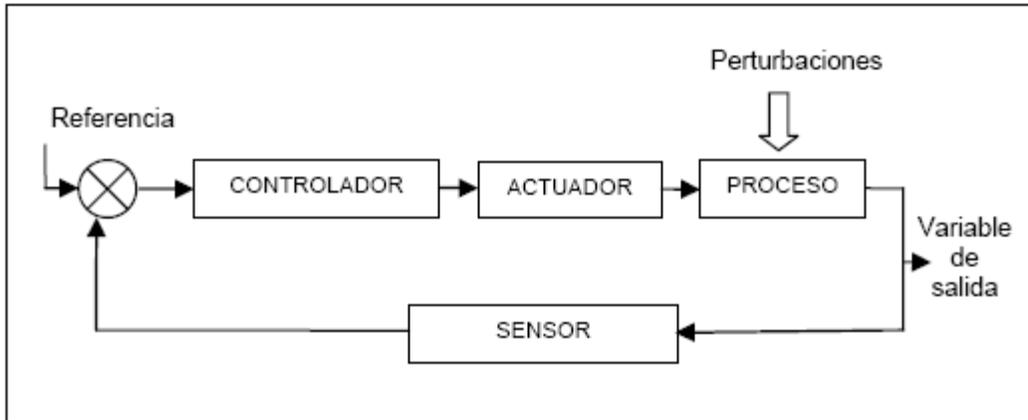


Figura 2.20: Elementos de un Sistema de Control Automático

CONTROLADOR: Es aquel instrumento que compara el valor medido con el valor deseado, en base a esta comparación calcula un error (diferencia entre valor medido y deseado), para luego actuar a fin de corregir este error. Tiene por objetivo elaborar la señal de control que permita que la variable controlada corresponda a la señal de referencia.

Los controladores pueden ser de tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más usados son: computadoras con tarjetas de adquisición de datos, PLC (controladores lógicos programables), microcontroladores (PIC).

El tipo de controlador más común es el PLC, el cual es un equipo electrónico basado en microprocesadores, hace uso de memorias programables y regrabables (RAM), en donde se almacenan instrucciones a manera de algoritmos que van a permitir seguir una lógica de control. Contiene interfaces que le permiten manejar gran número de entradas y salidas tanto analógicas como digitales.

ACTUADOR: 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.

PROCESO: Esta referido al equipo que va a ser automatizado, por ejemplo puede ser una bomba, tolva, tanque, compresor, molino, intercambiador de calor, horno, secador, caldera, etc.

SENSOR: Es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

2.3.3 Métodos de Control

Existen varios métodos de control que han venido desarrollándose a través del tiempo para brindar una acción de control rápida y precisa entre los más conocidos están los siguientes:

- Métodos de control clásico
- Métodos de control moderno
- Métodos de control avanzado
- Controlador lógico programable (PLC)

2.3.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un PLC es un dispositivo electrónico de funcionamiento digital basado en un microprocesador, que utiliza una memoria para el almacenamiento de las instrucciones de programa empleado para el control automático de máquinas y procesos, mediante la implementación de funciones específicas tales como operaciones lógicas, aritméticas, temporizaciones, cuentas y secuencias, a través de módulos de entrada y salida de tipo analógico / digital.

De acuerdo con la definición de la "Nema" (National Electrical Manufacturers Association) un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (1-5 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos".



Figura 2.21: Diagrama de Operación de un PLC

Los PLC se aplican en: instalaciones de aire acondicionado, calefacción, almacenamiento y trasvase de cereales, cerámica, frío industrial, maquinado y retiro de virutas, plantas depuradoras de residuos, embotelladoras, seguridad, tratamientos térmicos, instalaciones eléctricas y de comando, industria de automoción, maquinaria de ensamblaje, maquinaria en procesos textiles y de confección, maquinarias en la industria del plástico, maquinaria en procesos de grava, arena y cemento, maquinaria industrial del mueble y madera, etc.

Pueden poseer una interface hombre-maquina (IHM) para la programación, o sino su programación se realiza utilizando la unidad de programación o una terminal de programación independiente, sin embargo actualmente existen PLCs cuya modularidad permite instalar módulos especializados que actúan en algunos casos como IHM.

Existen PLC compactos que reúnen en una sola unidad, la fuente de poder, el CPU, la memoria y las interfaces I/O. Esta versión representa grandes ventajas en lo que se refiere a costos más accesibles, utilización de espacios reducidos, su selección se hace más fácil, responde con alto desempeño en condiciones hostiles del ambiente de trabajo, pueden ser programados mediante paquetes de software desde una PC.



Figura 2.22: Controlador Lógico Programable

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son el diagrama de escalera, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener.

En la programación se pueden incluir diferentes tipos de operandos, desde los más simples como lógica booleana, contadores, temporizadores, contactos, bobinas y operadores matemáticos, hasta operaciones más complejas como manejo de tablas (recetas), apuntadores, algoritmos PID y funciones de comunicación multiprotocolos que le permitirían interconectarse con otros dispositivos. Entre sus componentes principales están:

FUENTE DE PODER: Convierte la energía eléctrica disponible (de tipo AC en muchos casos) a niveles de tensión continua necesarios para la operación de los circuitos del procesador y las secciones de entrada y salida.

PROCESADOR: Es el cerebro del sistema, realiza la toma de decisiones y la transferencia de la información. En el procesador se distinguen tres bloques principales como son el CPU, la memoria y la interfaz de comunicaciones.

BLOQUE DE ENTRADAS: Realiza la interface entre el procesador y los dispositivos conectados como entrada, adapta las señales provenientes de los sensores.

BLOQUE DE SALIDAS: Realiza la interface entre el procesador y los dispositivos conectados como salida, proporcionando señales a los actuadores.

INTERFAZ DE COMUNICACIONES: Es un componente conversor de protocolos que permite la comunicación del PLC con una PC, con otros PLCs, o con otros dispositivos de campo.

SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN: Los primeros PLC fueron diseñados para ser usados por electricistas que podían aprender a programar los PLC en el trabajo. Estos PLC eran programados con “lógica de escalera”. Los PLC modernos pueden ser programados de muchas formas, desde la lógica de escalera hasta lenguajes de programación tradicionales como el BASIC o C. Otro método es usar la Lógica de Estados (State Logic), un lenguaje de

programación de alto nivel diseñado para programas PLC basándose en los diagramas de transición de estados.

Recientemente, el estándar internacional define cinco lenguajes de programación para los sistemas de control programables: FBD (Diagrama de Bloque), LD (Diagrama Escalera), ST (Texto Estructurado, similar al Lenguaje de programación Pascal), IL (Lista de Instrucciones) y SFC (Sequential function chart).

Mientras que los conceptos fundamentales de la programación del PLC son comunes a todos los fabricantes, las diferencias en el direccionamiento E/S, la organización de la memoria y el conjunto de instrucciones hace que los programas de los PLC nunca se puedan usar entre diversos fabricantes. Incluso dentro de la misma línea de productos de un solo fabricante, diversos modelos pueden no ser directamente compatibles.

2.3.3.1.1 Tipos de Señales que Detecta

SEÑAL DIGITAL

Algunos PLC tiene solo Entradas / Salidas digitales. Las señales de entrada todo – nada (1 ó 0), por lo general de contactos electromecánicos como por ejemplo: interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.; y las de salida están en bobinas de electroimanes como por ejemplo: relés, electroválvulas, etc. las entradas del PLC son alimentadas con una tensión de 24 VDC y las salidas pueden ser alimentadas con una tensión de 24 VDC ó 120 VAC.

SEÑAL ANALÓGICA

No todos los PLC son capaces de manipular señales de tipo analógico, pero es frecuente que existan módulos de ampliación para los tipos compactos, que sí son capaces de tratar dichas señales.

El procesamiento de datos dentro del PLC es enteramente digital, como corresponde a todo proceso basado en un microprocesador y, por tanto, las señales de tipo analógico deben ser previamente digitalizadas para que puedan ser procesadas. Esta forma digital consiste en representar el número de la variable analógica por un número codificado en forma binaria.

2.3.4 Sistemas de Automatización

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, los indicadores principales son los siguientes:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía
- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

La automatización de un proceso frente al control manual del mismo proceso, brinda ciertas ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico, pudiéndose resaltar las siguientes:

- Se asegura una mejora en la calidad del trabajo del operador y en el desarrollo del proceso, esta dependerá de la eficiencia del sistema implementado.
- Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento.
- Existe una reducción en los tiempos de procesamiento de información.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevos productos (fabricación flexible y multifabricación).
- Se obtiene un conocimiento más detallado del proceso, mediante la recopilación de información y datos estadísticos del proceso.
- Se obtiene un mejor conocimiento del funcionamiento y performance de los equipos y máquinas que intervienen en el proceso.

- Factibilidad técnica en procesos y en operación de equipos.
- Factibilidad para la implementación de funciones de análisis, optimización y autodiagnóstico.
- Aumento en el rendimiento de los equipos y facilidad para incorporar nuevos equipos y sistemas de información.
- Disminución de la contaminación y daño ambiental.
- Racionalización y uso eficiente de la energía y la materia prima.
- Aumento en la seguridad de las instalaciones y la protección a los trabajadores.

Los elementos de una Instalación Automatizada que interactúan en un proceso industrial, si luego de una evaluación y análisis se decide implementar son los siguientes:

MAQUINAS (PROCESO): Son los equipos mecánicos que realizan los procesos, traslados, transformaciones, etc. de los productos o materia prima.

ACTUADORES: Son equipos acoplados a las máquinas, y que permiten realizar movimientos, calentamiento, ensamblaje, embalaje. Pueden ser:

- Actuadores eléctricos: Usan la energía eléctrica, son por ejemplo, motores, electroválvulas, resistencias, etc.
- Actuadores neumáticos: Usan la energía del aire comprimido, son por ejemplo, cilindros, válvulas, etc.
- Actuadores hidráulicos: Usan la energía de la presión de un fluido para controlar velocidades lentas pero precisas.

PRE ACTUADORES: Se usan para comandar y activar los accionadores por ejemplo, contactores, switchs, variadores de velocidad, distribuidores neumáticos, etc.

CAPTADORES: Son los sensores y transmisores, encargados de captar las señales necesarias para conocer el estados del proceso, y luego enviarlas a la unidad de control.

INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA: Permite la comunicación entre el operario y el proceso, puede ser una interfaz gráfica de computadora, paneles pulsadores, teclados, visualizadores, etc.

UNIDAD DE CONTROL: Son los elementos de cálculo y control que gobiernan el proceso, se denominan autómatas, y conforman la unidad de control.

COMUNICACIONES: Conjunto de elementos que hacen posible transferir datos de la unidad de control hacia los elementos instalados en planta, y viceversa.

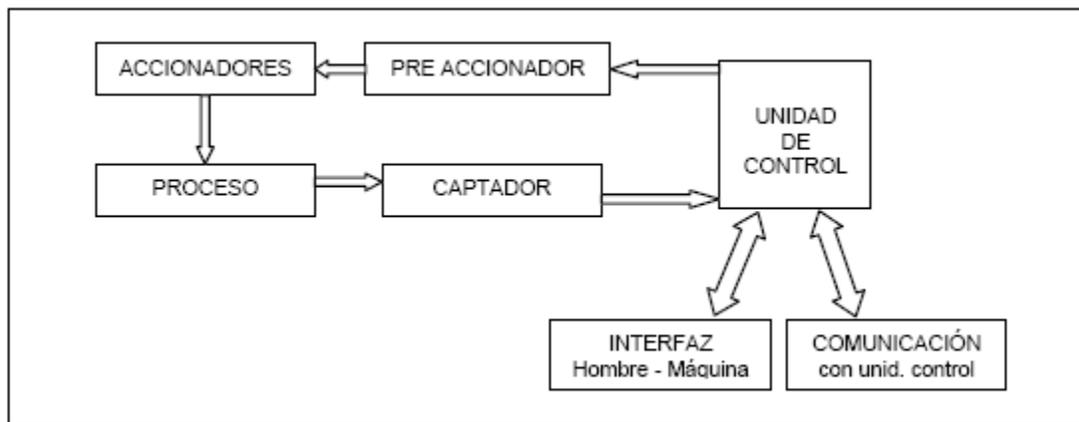


Figura 2.23: Elementos de una Instalación Automatizada

CAPITULO 3

DISEÑO DEL EQUIPO

3.1 Inventarios de materiales y elementos disponibles

Para realizar el diseño del equipo primero se procedió a seleccionar materiales y elementos del proyecto de tesis que lo antecedía: “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO A ESCALA DE UN SISTEMA DE SILO, BANDA TRANSPORTADORA, SENSORES, Y CONTROL, PARA REALIZAR PRACTICAS EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS DIGITALES Y PLC”, tomando de este equipo partes que se encuentren en buen estado de funcionamiento, que fueron previamente diseñadas y seleccionadas en el mencionado proyecto.

Por parte del Laboratorio de Automatización Industrial se recibió algunos elementos electrónicos principalmente para la construcción del equipo, así como los equipos necesarios para el funcionamiento del proyecto que se encuentra en la infraestructura del Laboratorio. Con estos antecedentes se ha elaborado un inventario de materiales y elementos disponibles que se reutilizaran en el presente proyecto, permitiendo la optimización de costos.

3.1.1 Inventario de Materiales

CANT	DESCRIPCION	PROCEDENCIA
3	Botellón Pure Water (V=20 Litros)	Equipo Antiguo
1	Banda de tela	Equipo Antiguo
3	Manguera de 2'' (L=10 cm)	Equipo Antiguo

Tabla 3.1: Materiales a Utilizar en el Proyecto

3.1.2 Inventario de Elementos Mecánicos

CANT	DESCRIPCION	PROCEDENCIA
3	Estructura de Recipientes	Equipo Antiguo
3	Soportes para Sensores de Nivel	Equipo Antiguo
1	Estructura de Banda Transportadora	Equipo Antiguo
2	Rodillos para Banda Transportadora	Equipo Antiguo
4	Soportes de Chumacera	Equipo Antiguo
4	Chumaceras	Equipo Antiguo
2	Eje de los Rodillos	Equipo Antiguo

Tabla 3.2: Elementos Mecánicos a Utilizar en el Proyecto

3.1.3 Inventario de Elementos Eléctrico/Electrónicos

CANT	DESCRIPCION	PROCEDENCIA
3	Termocuplas Tipo K	Equipo Antiguo
3	Calentadores Eléctricos	Equipo Antiguo
3	Sensores Fotoeléctricos	Lab. Automatización Industrial
1	Modulo de Expansión Analógico Siemens	Lab. Automatización Industrial
1	Controlador Lógico Programable Siemens	Lab. Automatización Industrial
1	Cable de Conexión Siemens	Lab. Automatización Industrial
1	Compresor Festo	Lab. Automatización Industrial
1	Flauta de conexión neumática Festo	Lab. Automatización Industrial

Tabla 3.3: Elementos Eléctrico/Electrónicos a Utilizar en el Proyecto

3.2 Diseño de las Partes Mecánicas del Equipo

3.2.1 Diseño de la Base para la Estructura de los Recipientes

Se realizó un diseño geométrico, en base a las necesidades de altura con el fin de lograr que el líquido fluya desde los recipientes a los envases que se desplazan en la banda transportadora, además de que cuenten con el área suficiente para que la estructura de los recipientes se sitúen adecuadamente.

También se realizó un Diseño a Resistencia de la Base de los Recipientes. La base de los recipientes fue fabricada en madera aglomerada, como solo cuenta con cargas a compresión por parte de los recipientes sobre la superficie superior, se realizó un análisis de resistencia a la tapa de la base y a los lados que soportan la carga

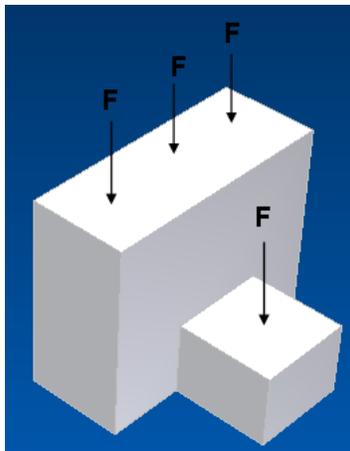


Figura 3.1: Cargas en la Base de los Recipientes

a) Resistencia a compresión de la base para 3 recipientes

El peso del recipiente con estructura sin líquido

$$P_s = 4.54Kg$$

Volumen del Recipiente

$$V = 20Litros$$

Densidad del líquido

$$\delta = 1 \frac{\text{kg}}{\text{Litros}}$$

Peso del líquido

$$P_{\text{liquido}} = \delta * \frac{V}{1000}$$

$$P_{\text{liquido}} = 20\text{Kg}$$

Peso total de cada recipiente

$$P_{1S} = P_{\text{liquido}} + P_s$$

$$P_{1S} = (20.00 + 4.54)\text{Kg}$$

$$P_{1S} = 24.54\text{Kg}$$

Peso máximo en la base para 3 Recipiente

$$P_{3\text{Silos}} = 3 * P_{1S}$$

$$P_{3\text{Silos}} = 73.62\text{Kg}$$

Área a compresión de la base para 3 Recipiente

$$\text{Ancho} = 40\text{cm}$$

$$\text{Largo} = 120\text{cm}$$

$$Es = 1.2\text{cm}$$

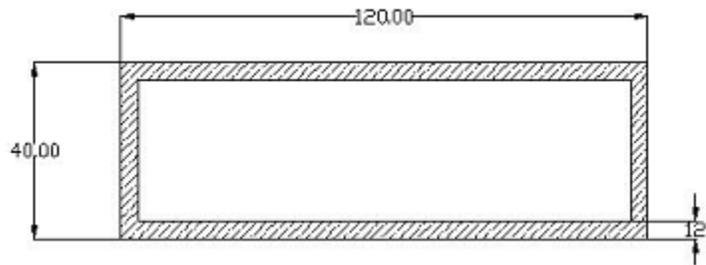
$$A = (\text{Ancho} * es + (\text{Largo} - 2es) * es) * 2$$

$$A = 378\text{cm}^2$$

Esfuerzo de Compresión

$$\sigma_c = \frac{P_{3\text{Silos}}}{A}$$

$$\sigma_c = 0.20 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$



Resistencia a Compresión de la Madera

$$150.2 \frac{kg}{cm^2}$$

El factor de Seguridad superior a 2 se considera como aceptable.

$$F_s = \frac{Resistencia}{\sigma_c}$$

$$F_s = \frac{150.2}{0.20}$$

$F_s = 751$ El elemento resistirá sin problema la carga de los 3 recipiente.

b) Resistencia a la compresión de la base para 1 recipiente

$$PIS = 24.54Kg$$

Área a compresión de la base para 1 Recipiente

$$Es = 1.2cm$$

$$l = 40cm$$

$$A = ((l - 2 * es) * es + l * es) * 2$$

$$A = 186.24cm^2$$

Esfuerzo de Compresión

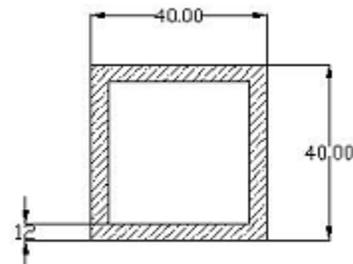
$$\sigma_c = \frac{PIS}{A}$$

$$\sigma_c = \frac{24.54}{186.24}$$

$$\sigma_c = 0.13 \frac{kg}{cm^2}$$

$$F_s = \frac{150.2}{0.13}$$

$F_s = 1155$ El elemento resistirá sin problema la carga de 1 recipiente.



c) Resistencia de Aplastamiento

$$F1 = \frac{P1S}{3}$$

$$F1 = \frac{24.54}{3}$$

$$F1 = 8.18kg$$

Área de carga de 1 Pata del Soporte del Recipiente

$$a = 2.27cm$$

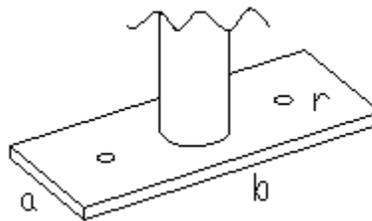
$$b = 5.3cm$$

$$r = 0.32cm$$

$$A = (a * b) - 2 * \pi * r^2$$

$$A = (2.27 * 5.3) - 2 * \pi * 0.32^2$$

$$A = 11.39cm^2$$



Esfuerzo de Aplastamiento

$$\sigma_a = \frac{F1}{A}$$

$$\sigma_a = 0.71$$

$$Fs = \frac{150.2}{0.71}$$

$Fs = 211$ No existen problemas de Aplastamiento a causa de los apoyos de los Recipientes.

Análisis de Resultados

Realizado estos cálculos se observa que los factores de seguridad son muy altos debido al espesor de la plancha de aglomerado sin embargo se decidió utilizar dicho material y con ese espesor ya que en ese momento en el taller solo se disponía de esa plancha y la compra una plancha de menor espesor significa un valor mayor en costos y tiempo.

3.2.2 Diseño de los Elementos para la Banda Transportadora

Debido a que la banda transportadora ya se encuentra construida pero carece de ciertos elementos para que funcione adecuadamente será necesario recalculer la potencia de motor eléctrico así como realizar el diseño del soporte y eje del motor eléctrico de la misma.

Los envases empleados en el proyecto serán de dos diferentes tipos, el envase pequeño tendrá un volumen de 600 cm³ y el envase grande tendrá un volumen de 1200 cm³ los cuales contendrán líquido y serán transportados por la banda.



Figura 3.2: Envases Empleados en el Proyecto

3.2.2.1 Cálculo de la Potencia del Motor

a) Cálculo de la Potencia de Trabajo Nominal del Motor

Basándose en el manual de bandas para transmisión y transporte de la empresa ICOBANDAS S.A. del Anexo A, se ha determinado la potencia del motor de la banda transportadora.

La tensión o fuerza total efectiva se define como la fuerza total transmitida por el motor cuando la banda se mueve en torno a la polea de accionamiento, y esta representada mediante la siguiente fórmula:

$$T_E = T_X + T_Y \pm T_Z$$

Donde:

T_E = tensión efectiva.

T_X = tensión necesaria para mover la banda vacía.

T_Y = tensión necesaria para mover la carga en sentido horizontal.

T_Z = tensión necesaria para levantar o bajar la carga.

Así tenemos que la tensión necesaria para mover la banda vacía (T_X) es:

$$T_X = F_X \cdot L_C \cdot G$$

Donde:

F_X = coeficiente de fricción de enrollamiento entre la banda y los rodillos deslizantes.

L_C = Valor ajustado de la distancia entre centros.

G = Peso de las piezas en movimiento.

Según este manual, tenemos dos valores de F_X , para equipo nuevo y equipo usado, donde se recomienda utilizar el valor para equipo usado:

$$F_X = 0.035$$

El valor de L_C , se ha determinado con la siguiente condición.

$$L_C = L \text{ para } L \leq 250 \text{ ft.}$$

$$L_C = 4.43 \text{ ft.}$$

Para el valor de G , se consideran los pesos de las piezas móviles

$$G = 15 \text{ lb/ft.}$$

Reemplazando valores tenemos que:

$$T_X = 0.035 \cdot 4.43 \text{ ft} \cdot 15 \frac{\text{lb}}{\text{ft}}$$

$$T_X = 4.66 \text{ lb.}$$

La tensión necesaria para mover la carga en sentido horizontal (T_Y) es:

$$T_Y = F_Y \cdot L_c \cdot Q$$

Donde:

F_Y = Coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos deslizantes.

Q = Razón de carga, en libras de carga por pie de distancia transportado.

Para el coeficiente de fricción entre la banda y los rodillos se usa normalmente un valor:

$$F_Y = 0.04$$

La razón de carga está determinada por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{33.3 \cdot C}{S}$$

Donde:

C = Carga en t/hr.

S = Velocidad de la banda en ft/min.

Para el valor de la carga suponemos que los seis envases de 1200 ml. Son transportados en un minuto.

$$C = 7.2 \frac{Kg}{min} = 0.432 \frac{t}{hr}$$

Para determinar la velocidad de la banda transportadora utilizamos la siguiente fórmula:

$$S = w \cdot r$$

$$w = 2 \cdot \pi \cdot N$$

Donde:

w = velocidad angular

r = radio del rodillo de la banda 0.035 m

N = revoluciones por minuto motor 30 RPM

$$S = 2 \cdot \pi \cdot (30) \cdot (0.035)$$

$$S = 6.60 \text{ m/min}$$

$$S = 21.64 \text{ ft/min}$$

Reemplazando los valores en la formula tenemos:

$$Q = \frac{33.3 \cdot 0.432 \text{ t/hr}}{21.64 \text{ ft/min}}$$

$$Q = 0.66 \text{ lb/ft}$$

Reemplazando los valores en la formula de (T_Y):

$$T_y = 0.04 \cdot 4.43 \text{ ft} \cdot 0.66 \text{ lb / ft}$$

$$T_y = 0.12 \text{ lb}$$

El valor de la tensión necesaria para levantar o bajar carga (T_z), en este caso es cero ya que no hay diferencia de nivel.

Así la tensión efectiva T_E es:

$$T_E = 4.78 \text{ lb}$$

Para el cálculo de la potencia del motor se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{T_E \cdot S}{33000}$$

$$P = \frac{4.78 \text{ lb} \cdot 21.64 \text{ ft / min}}{33000}$$

$$P = 3.135 \times 10^{-3} \text{ Hp}$$

Tomando en cuenta la eficiencia aproximada en la reducción de velocidad de un 90% tenemos:

$$P_n = \frac{P}{0.90}$$

$$P_n = 3.48 \times 10^{-3} \text{ Hp}$$

$$P_n = 2.6 \text{ Watt}$$

b) Calculo de la Potencia al Arranque del Motor

Una vez calculada la potencia de trabajo nominal es importante conocer la potencia que el motor requiere al momento del arranque ya que por las acciones que el proceso realiza este debe parar y arrancar continuamente.

Para la potencia al arranque de un motor eléctrico se ha de considerar la potencia nominal en cinco veces permitiendo así conocer el valor necesario para que este arranque con carga³.

$$P_{\max} = 5 * P_n$$

$$P_{\max} = 5 * 2.6$$

$$P_{\max} = 13 \text{ Watt}$$

³ MOTORES ELECTRICOS INDUSTRIALES Y DISPOSITIVOS DE CONTROL, Bartho F. T. Ediciones URMO

3.2.2.2 Diseño del Eje Acoplador entre Motor y Eje de Banda Transportadora

Para determinar los esfuerzos en la flecha para el motor de la banda transportadora se utilizó un software de análisis de trabajo virtual SolidWorks que permite realizar simulaciones de esfuerzos así como de rigidez del elemento. Una vez realizada la simulación y de analizar los datos reflejados se procede a comparar con un valor referencial que nos permitirá concluir si el elemento trabajara sin ningún problema.

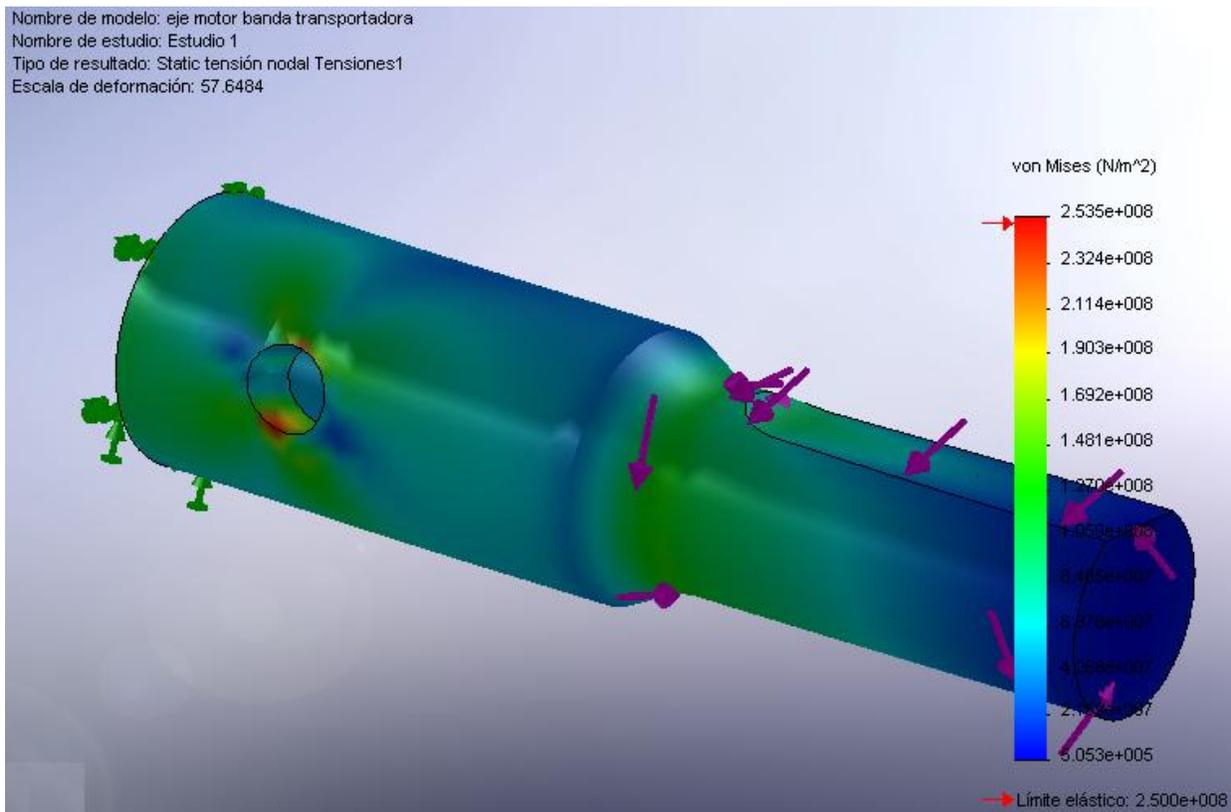


Figura 3.3: Esfuerzos en el Eje Acoplador de Motor y Banda Transportadora

Como podemos observar existen lugares en los cuales se concentran los esfuerzos, pero a pesar de esto son muy pequeños para causar alguna deformación permanente en la pieza o alguna deformación no permanente lo suficientemente grande para que impida funcionar normalmente a la banda transportadora.

Es necesario además calcular las deformaciones que se producen en las 2 secciones del eje, la deformación angular en el eje es importante para evitar fallas en la transición de las secciones o cualquiera de ellas.

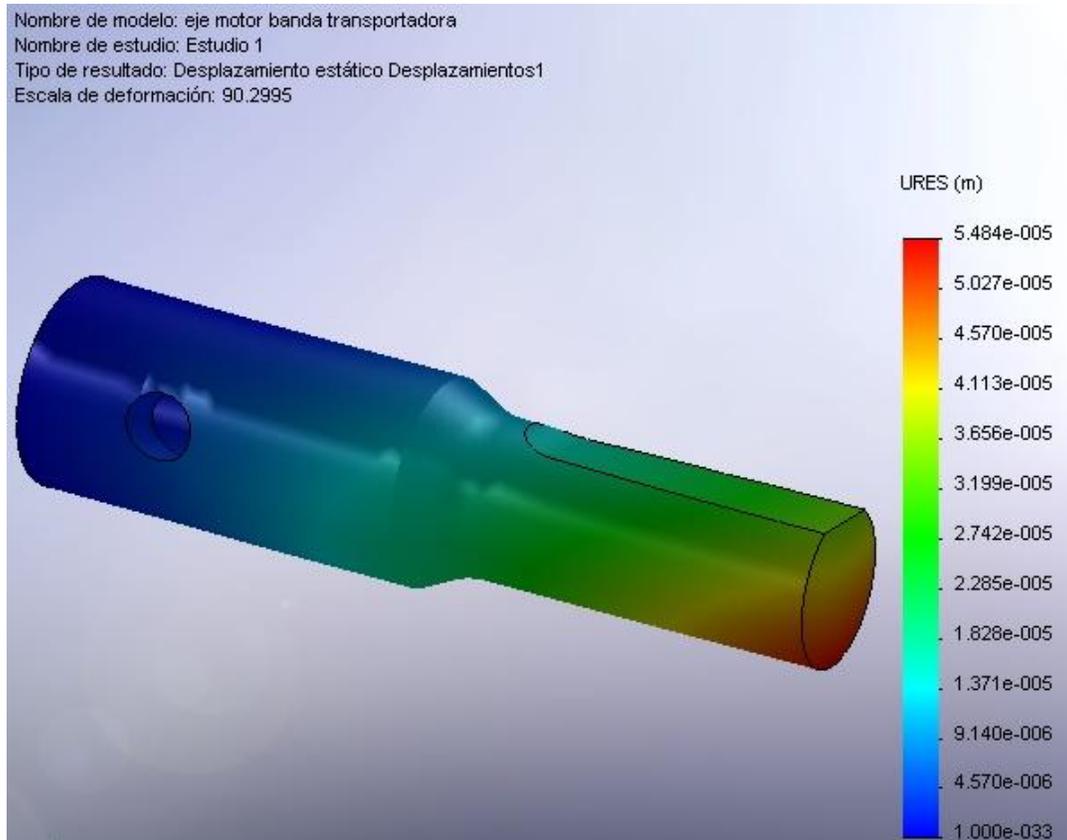


Figura 3.4: Deformaciones en el Eje Acoplador de Motor y Banda Transportadora

Aunque no existe un estándar para la deflexión torsional en flechas de transmisión se ha definido que no supere 1 grado por cada 20 veces el diámetro de la flecha⁴

Para los diámetros en cada sección del acople el factor determinante a pesar de los análisis virtuales que nos ofrecen una referencia en el comportamiento del elemento fue el diseño geométrico que está en función del eje del rodillo de la banda y el eje del motor eléctrico.

⁴ DISEÑO DE MAQUINAS TEORÍA Y PRACTICA, Aaron D. Deutschman, Séptima Edición, México, 1996

3.2.2.3 Soporte del Motor de la Banda

Para esta parte mecánica se realizó principalmente un diseño geométrico en función de la dimensiones del motor eléctrico para que permita ensamblarse con facilidad, también se considero la estabilidad que este debe tener cuando funcione.

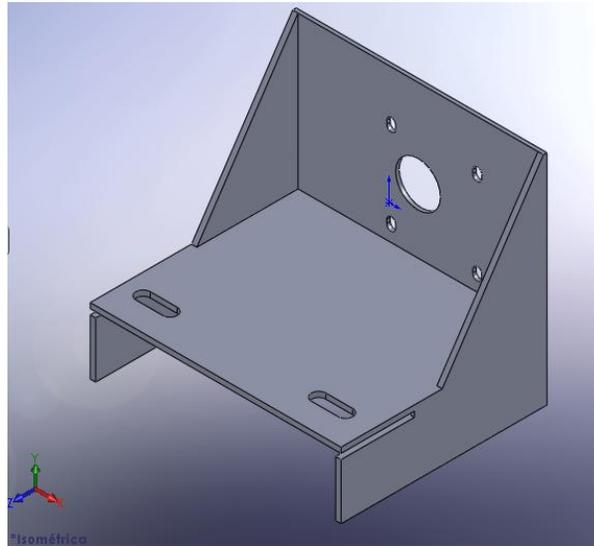


Figura 3.5: Soporte del motor de la banda transportadora

El soporte del motor eléctrico de la banda transportadora esta sujeta en la estructura de la banda transportadora, el soporte de este motor tiene agujeros que permitan alinear el eje del motor con el eje de la banda para evitar vibraciones u oscilaciones que producirían un desgaste excesivo de la caja reductora y del motor.

Además es necesario el diseño por rigidez de este elemento ya que al encontrarse trabajando directamente con chumaceras, la deformación que puede tener para que el funcionamiento del equipo no se vea afectada es limitada, por esta razón es importante calcular la máxima deformación y los puntos en los que se producirá dichos efectos.

En el libro de Aaron se observa que para chumaceras la deformación no deberá superar 0.001 plg/pie de longitud de la flecha entre soportes⁵

⁵ DISEÑO DE MAQUINAS TEORÍA Y PRACTICA, Aaron D. Deutschman, Séptima Edición, Mexico, 1996

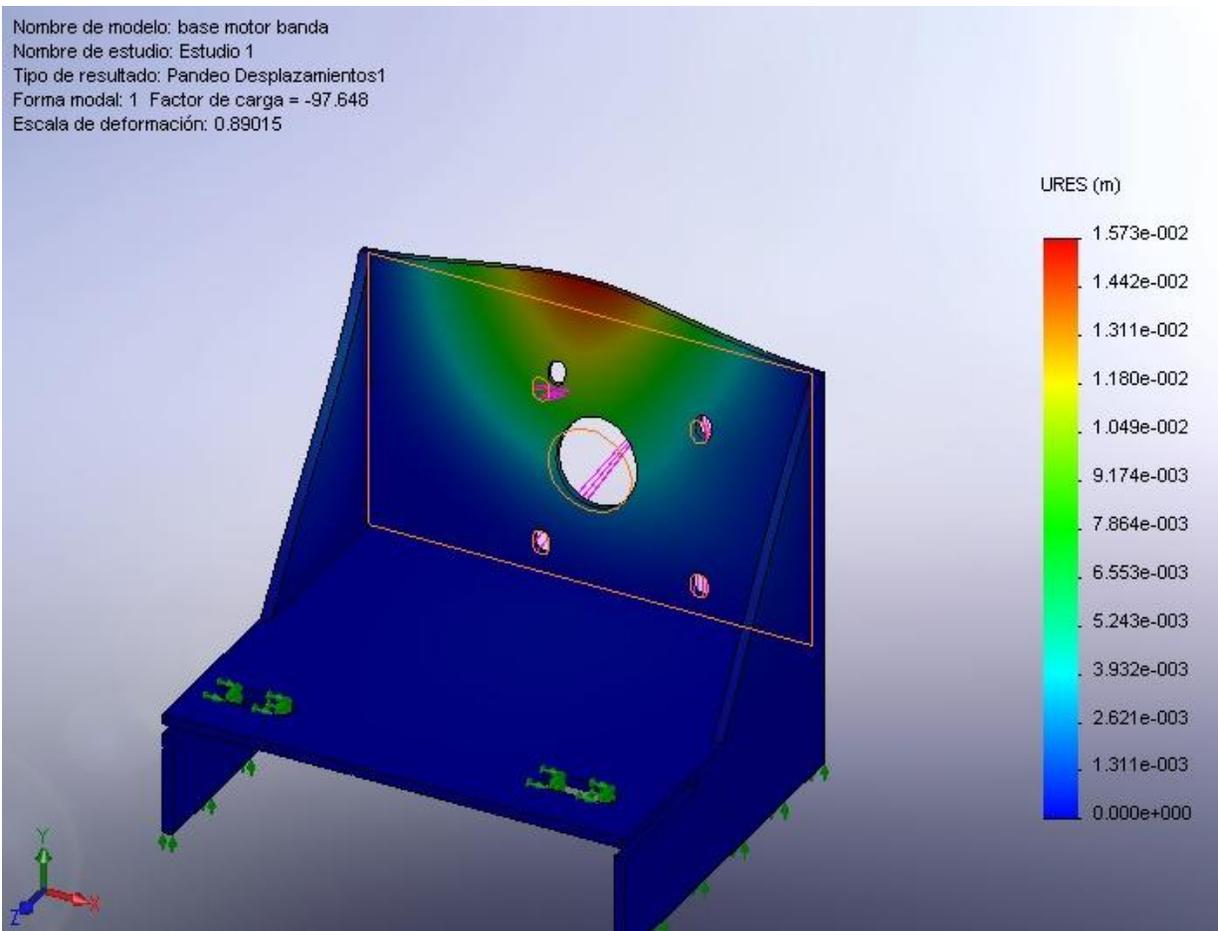


Figura 3.6: Deformaciones del Soporte de la Banda Transportadora

3.2.3 Soporte del Motor Mezclador

El soporte del motor de la mezcladora tiene base en el soporte del recipiente, el motor del mezclador debe mantenerse fuera del nivel del líquido en el recipiente y en una posición adecuada que permita el ingreso de las tuberías de los recipientes superiores.

Es importante mencionar que el mezclador ya cuenta con un eje que en su extremo tiene acoplado unas sencillas aspas planas que cumplen la acción de mezclar el líquido. Por las razones antes mencionadas el soporte deberá estar ubicado de tal manera que todo el sistema al ser ensamblado no presente interferencia con los otros elementos de control como termocuplas, sensores de nivel y resistencia calentadora.

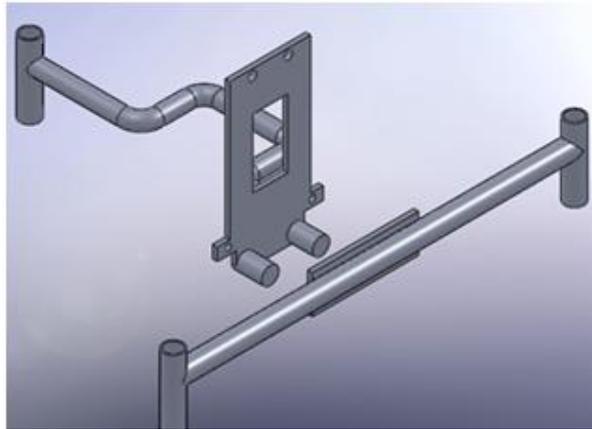


Figura 3.7: Soporte del motor de la Mezcladora

3.2.4 Accesorios Mecánicos complementarios para el Proceso

El diseño de ciertos elementos complementarios para el equipo, no requieren de un cálculo de resistencia de los materiales que los componen ya que las cargas a las que estarán sometidos son muy bajas por lo que su resistencia no se encuentra comprometida.

3.2.4.1 Caja de Conexiones Auxiliar

La caja auxiliar de conexiones será utilizada para colocar una regleta y borneras, siendo su función principal el nexo entre los sensores de posición de la banda y la caja de conexiones principal.

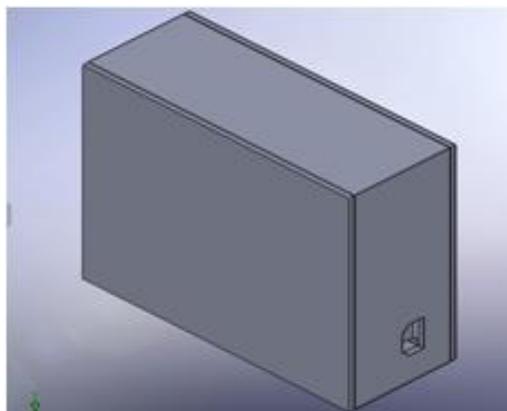


Figura 3.8: Caja de Conexiones

3.2.4.2 Soporte de los Sensores de Posición

En este elemento se fijaran los sensores de posición a la banda transportadora, dando la facilidad para desplazar dichos sensores a lo largo de la riel que se encuentra en la parte lateral de la banda. De esta manera se logra que se pueda variar rápidamente la posición de estos sensores para cada práctica.

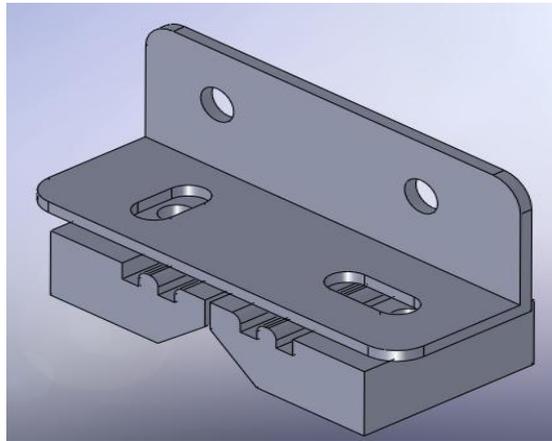


Figura 3.9: Soporte de Sensores de Posición

3.2.4.3 Soporte para el Cilindro Neumático

Este elemento permite que el cilindro neumático pueda trabajar de manera firme y esta ubicado también en la riel de la banda transportadora.

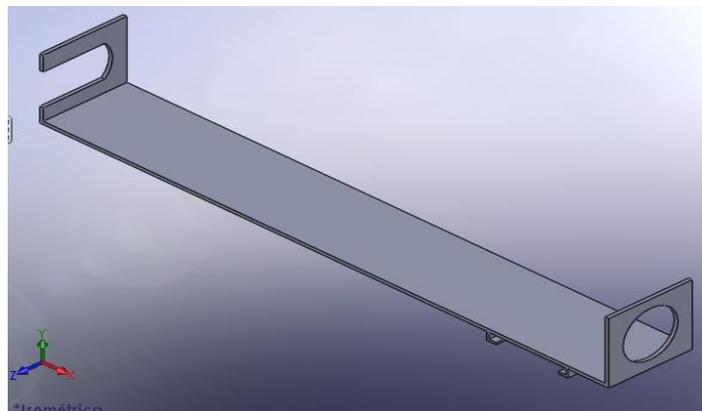


Figura 3.10: Soporte para el Cilindro Neumático

3.2.4.4 Soporte para las Mangueras Dosificadoras

Este soporte permite que las mangueras de dosificación a los envases se encuentren fijas de esta manera el liquido se descargara en la posición deseada.

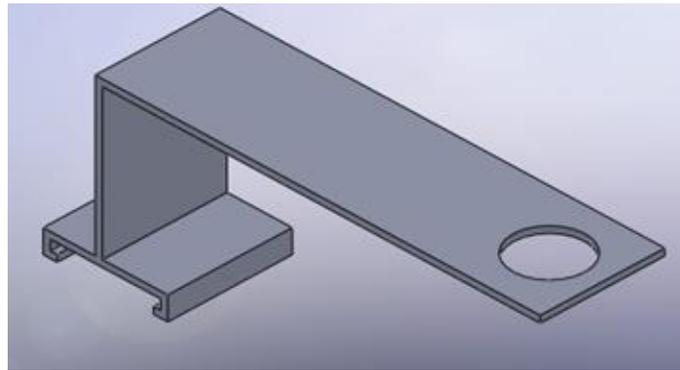


Figura 3.11: Soporte para Mangueras Dosificadoras

3.2.4.5 Almacenamiento de Envases de Salida

En este elemento se alojaran los envases que salen de la banda transportadora tanto en sentido longitudinal como lateral.

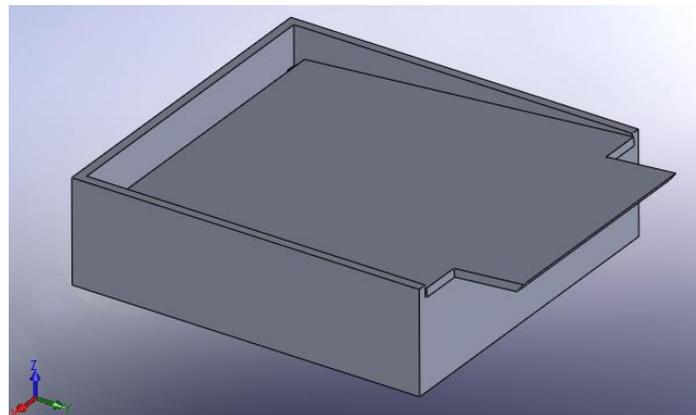


Figura 3.12: Almacenamiento de Envases de Salida

CAPITULO 4

SELECCIÓN DE LAS PARTES, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

4.1 Selección de Partes y Accesorios del Proceso

4.1.1 Conjunto de Recipientes

El conjunto de recipientes seleccionado como parte del proceso será el mismo del equipo anterior, los cuales son botellones de 20 litros de capacidad. El contenido de los botellones en el proceso siempre será agua, máximo con algún tipo de colorante para la mejor visualización de los fluidos en el proceso.

En cada uno de estos recipientes ya se encuentran instalados ciertos accesorios hidráulicos para facilitar el acople con los demás elementos del proceso como:

Elementos	Cantidad
Reductor 2 pulg. A ½ pulg.	1
Manguera 2 pulg.	0,10 m
Abrazaderas Manguera 2 pulg.	2
Acople manguera – rosca	1

Tabla 4.1: Accesorios Hidráulicos existentes en el Recipiente

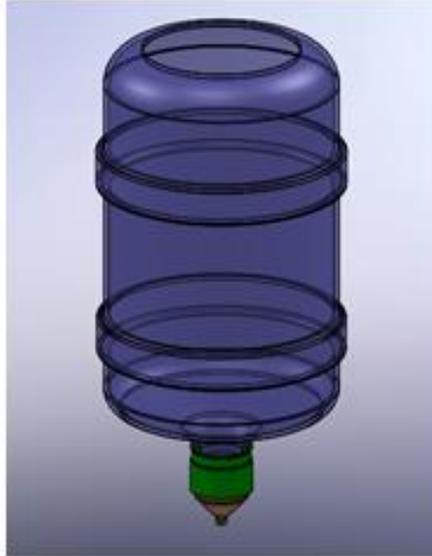


Figura 4.1: Esquema de Recipiente Utilizado

4.1.2 Estructura de los Recipientes

La estructura de los recipientes será reutilizada del proyecto anterior, la misma que fue diseñada y construida para soportar el peso máximo del recipiente que es 25 Kg, cuando este se encuentra totalmente lleno con agua mas los elementos instalados en el mismo y bajo estas consideraciones sus características técnicas son:

Material:	Varilla de acero A36
Diámetro:	10 mm
Soporte para sensor de nivel:	Instalado
Alojamiento:	Caucho
Resistencia compresión:	179 MPas

Tabla 4.2: Datos Técnicos de la Estructura de los Recipientes



Figura 4.2: Esquema de Estructura del Recipiente Utilizado

4.1.3 Banda Transportadora

La banda transportadora se utilizara la misma del proyecto que lo antecedía ya que la estructura y demás elementos mecánicos que están ensamblados en la misma se encuentran en buen estado, solo será necesario hacer pequeños cambios para que se ajusten a los nuevos requerimientos del equipo.

En la banda transportadora fue instalada una riel de aluminio a lo largo de cada lado de la banda lo que permite el desplazamiento fácil de los elementos que posteriormente serán alojados en la misma.

Estructura base:	Madera
Longitud de banda:	1.30 m
Ancho de la Banda:	0.22 m
Velocidad de la Banda:	11 cm/seg
Radio rodillo tensor:	35 mm (Doble)
Eje de los rodillos:	Acero de transmisión SAE 1018
Chumaceras:	De piso ¾" (Cuatro)
Aplicación:	Prácticas de Laboratorio

Tabla 4.3: Datos Técnicos de la Banda Transportadora

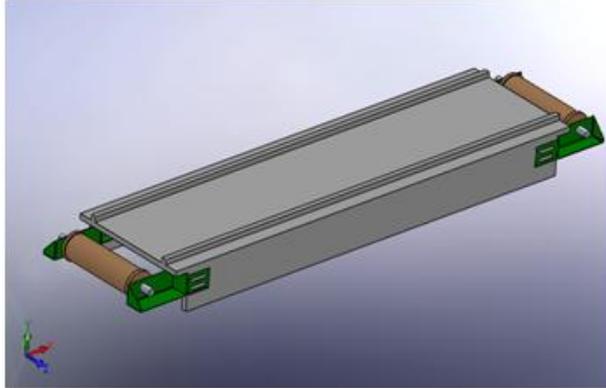


Figura 4.3: Esquema de Banda Transportadora Utilizada

4.1.4 Accesorios Hidráulicos del Proceso

Los accesorios hidráulicos necesarios para que el equipo realice el proceso deseado, fueron seleccionados en base al fluido y temperatura de trabajo, por lo tanto se decidió utilizar ciertos accesorios de bronce como:

Elementos	Cantidad
Acoples rápido 1/2 pulg	5
Acople rosca – rosca	5
Acople manguera – rosca	5
Tee de 1/2 pulg	1
Abrazaderas	15
Manguera transparente 1/2 pulg	4 m

Tabla 4.4: Accesorios Hidráulicos Utilizados en el Equipo



Figura 4.4: Acople rápido Utilizado

4.1.5 Accesorios Neumáticos del Proceso

Los accesorios neumáticos indispensables para que el sistema de selección de tamaño funcione adecuadamente se los selecciono en función de los diámetros de las conexiones al compresor que se dispone en el Laboratorio de Automatización y son los siguientes:

Elementos	Cantidad
Conector recto 4 mm x 1/4 pulg	3
Conector recto 4 mm x 1/8 pulg	1
Regulador de velocidad 4mm x 1/8 pulg	1
Manguera de poliuretano 4mm	3 m

Tabla 4.5: Accesorios Neumáticos Utilizados en el Equipo



Figura 4.5: Conector recto Utilizado

4.2 Selección de los Elementos del Sistema de Control

4.2.1 Selección de los Sensores

Para seleccionar los sensores a ser utilizados en el equipo se ha determinado las diferentes variables que se presentan en el proceso las cuales son nivel, temperatura y posición. Estas magnitudes serán controladas en cada práctica con los sensores que previamente fueron descritos y se detallan a continuación.

4.2.1.1 Sensor de Temperatura

Para determinar y controlar la variable de temperatura que se manejarán en las diferentes prácticas se seleccionó termopares tipo J, hay que mencionar que estos elementos ya se encuentran instalados en los tres recipientes del equipo y fueron reutilizados por las siguientes razones:

- Rango de temperatura muy amplio
- Facilidad de instalación
- Respuesta rápida
- Se puede medir el voltaje, que es proporcional a la diferencia de temperaturas
- Pequeño Tamaño

Termopar :	Tipo J
Rango Temperatura:	0 – 400 °C
Precisión:	1%
Recubierto:	Acero inoxidable
Metales:	Cromel-Alumel con protección a ruidos

Tabla 4.6: Datos Técnicos del Termopar tipo J



Figura 4.6: Termopar Tipo J Utilizado

4.2.1.2 Sensor de Posición

Para determinar y controlar la variable de posición se utilizara sensores ópticos de tipo fotoeléctricos debido a que el Laboratorio de Automatización Industrial dispone de estos elementos que a la vez responden a las características necesarias para aplicarlos en el equipo como:

- Rango amplio de detección
- Facilidad de instalación
- Respuesta rápida
- Rango amplio de voltaje
- Peso ligero

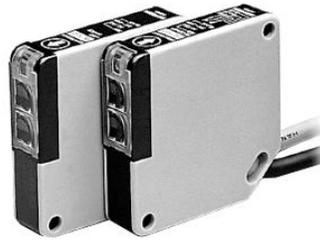


Figura 4.7: Sensor Fotoeléctrico Utilizado

Con el inventario realizado previamente se determino que los sensores ópticos fotoeléctricos con los que se cuenta para la repotenciacion del equipo por parte del Laboratorio son de dos tipos:

- Sensor fotoeléctrico de barrera
- Sensor fotoeléctrico reflectivo

Marca:	Hanyoung
Modelo:	PE-T5D
Rango:	5 m
Voltaje:	AC/DC 24V a 240V
Tiempo de Respuesta:	25 m seg (Max)
Temperatura de Operación:	-10 a +55 °C

Tabla 4.7: Datos Técnicos del Sensor Fotoeléctrico de Barrera

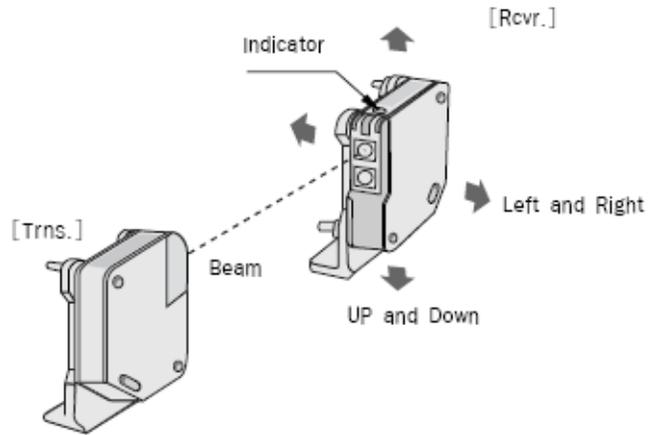


Figura 4.8: Esquema Fotoeléctrico de Barrera

Marca:	Hanyoung
Modelo:	PE-M3D
Rango:	3 m
Voltaje:	AC/DC 24V a 240V
Tiempo de Respuesta:	25 m seg (Max)
Temperatura de Operación:	-10 a +55 °C

Tabla 4.8: Datos Técnicos del Sensor Fotoeléctrico Reflectivo

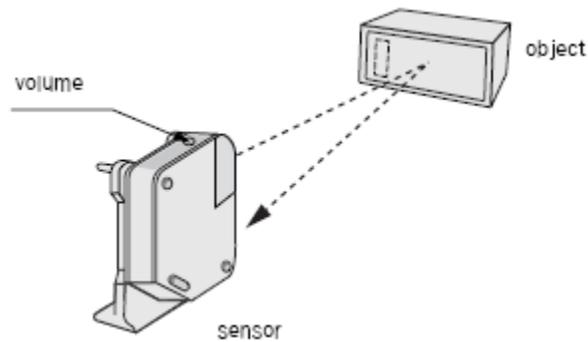


Figura 4.9: Esquema Fotoeléctrico Reflectivo

4.2.1.3 Sensor de Nivel

Para la determinación de la variable de nivel de líquido en los recipientes, se va a construir un sensor de nivel sencillo compuesto de dos varillas, las cuales en un extremo tienen boyas que les permiten flotar y en el otro una cara plana que activa o desactiva los microswitches, que son los elementos que dan la señal.

Las señales que nos presentan estos microswitches son de dos estados: ON (prendido) y OFF (apagado), por lo tanto se utilizarán dos microswitches por cada recipiente, que nos permitirá conocer el estado de nivel cuando se encuentre en máximo o mínimo.

Marca:	CD
Tipo:	Final de Carrera
Voltaje:	5 A 125 V ; 3 A 250 V

Tabla 4.9: Datos Técnicos del Microswitch Utilizado en el Sensor de Nivel

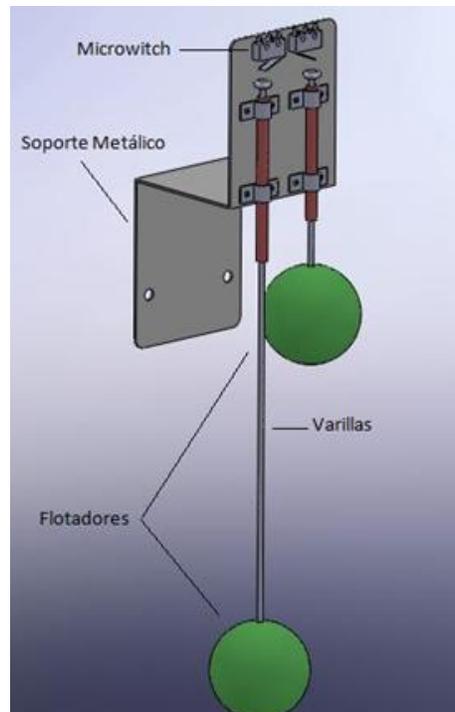


Figura 4.10: Esquema Sensor de Nivel Utilizado

4.2.2 Selección de los Preactuadores y Actuadores

Los preactuadores y actuadores utilizados en el equipo se los determino en función de las acciones que el proceso necesita cumplir. Estas acciones que se presentan en el proceso serán controladas en cada práctica con los elementos que se detallan a continuación.

4.2.2.1 Relés

Para la selección de los relés necesarios en el equipo se tomo en consideración los siguientes aspectos:

- Voltajes de operación
- Amperaje de operación
- Facilidad de instalación
- Disponibilidad en el mercado del producto

Marca:	Camsco
Modelo:	MY 4
Cantidad:	4 Relés
Tipo:	Electromecánico de armadura
Excitación:	24 VDC
Conmutación:	4 conmutables, 3 A 120 VAC
Soket:	Sobrepuesto para relé con 4 conmutables

Marca:	AOC
Cantidad:	2 Relés
Tipo:	Electromecánico de armadura
Excitación:	24 VDC
Conmutación:	3 conmutables, 10 A 120 VAC
Activación:	Con bobina y manual

Tabla 4.10: Datos Técnicos de los Relés Seleccionados



Figura 4.11: Relé de Armadura Utilizado

4.2.2.2 Motores Eléctricos

Para la selección del motor eléctrico de la banda transportadora, se estableció que deberá ser un motor de:

- Bajas revoluciones
- Alto torque
- Pequeño tamaño
- Peso ligero
- Precio razonable
- Disponibilidad en el mercado

Marca:	Oriental Motor
Tipo:	Reversible
Procedencia:	Japón
Potencia:	25 Watt
Voltaje:	100/115 VAC
Frecuencia:	50 / 60 Hz
Salida Motoreductor:	30 rpm
Temperatura ambiente:	-10 a 40 °C

Tabla 4.11: Datos Técnicos del Motor Eléctrico Utilizado en la Banda Transportadora



Figura 4.12: Motor Eléctrico para la Banda Transportadora

El motor eléctrico utilizado en el mezclador se lo obtuvo de una batidora casera, ya que este se ajusta a la aplicación práctica, debiendo únicamente acoplar un eje y las aspas. Por lo demás ofrece:

- Bajo costo
- Pequeño tamaño
- Altas revoluciones
- Peso ligero

Marca:	Sankey
Procedencia:	China
Voltaje:	120 VAC
Frecuencia:	60 Hz
Revoluciones:	1500 rpm

Tabla 4.12: Datos Técnicos del Motor Eléctrico para el Mezclador



Figura 4.13: Motor Eléctrico para el Mezclador

4.2.2.3 Electroválvulas

Para selección de la electroválvula hidráulica aplicada para el control de paso de fluido se determino tamaño, modelo y bobina de la misma en función de las condiciones que el proceso presenta como:

- La presión de activación de la válvula es mínima ya que la única presión que se ejerce, es el propio peso del fluido por la acción de la gravedad.
- La temperatura del fluido variara entre la temperatura ambiente y un máximo de 60 °C, debido al calentamiento que se realiza en las prácticas.
- Características del fluido de trabajo, el cual es agua añadida un tinte por motivos didácticos de las prácticas.
- La bobina seleccionada debe tener una tensión que pueda ser suministrada por una fuente de 24 VDC.
- La temperatura ambiente en la cual estará instalada la electroválvula no debe superar la temperatura de operación de la misma en este caso estará dentro de el Laboratorio de Automatización Industrial.

Marca:	Danfoss
Modelo:	EV210B
Accionamiento:	Directo NC (Normalmente Cerrada)
Bobina:	24 VDC
Fluido:	Agua, aceite, aire, gases neutros
Conexión:	1/2 pulg NPT
Presión diferencial:	0 – 30 bar
Máx. temperatura del fluido:	100 °C
Máx. temperatura ambiente:	Hasta 80 °C
Materiales:	Latón, Acero inoxidable

Tabla 4.13: Datos Técnicos de la Electroválvula Hidráulica Utilizada



Figura 4.14: Electroválvula Hidráulica Utilizada

Para selección de la electroválvula neumática se considero el elemento neumático que esta necesita controlar y en este caso es un cilindro doble efecto, así como también los siguientes parámetros:

- Fácil instalación
- Disponibilidad en el mercado
- Voltaje de accionamiento

Marca:	Mindman
Tipo:	5/2 Biestable
Accionamiento:	110 VAC
Fluido:	Aire comprimido
Conexión:	1/4 pulg

Tabla 4.14: Datos Técnicos de la Electroválvula Neumática Utilizada



Figura 4.15: Electroválvula Hidráulica Utilizada

4.2.2.4 Calentadores Eléctricos

Para realizar la acción de calentamiento de los recipientes en el proceso se reutilizo los calentadores eléctricos que anteriormente ya fueron seleccionados, ya que se ajustan a las necesidades del equipo como:

- Facilidad de montaje en los recipientes
- Voltaje de alimentación
- Disponibilidad en el mercado
- Visualización de la fuente de calor en el equipo

Calentador Marca:	Marinis pats
Voltaje:	110 V
Potencia:	1500 W
Termostato Marca:	Marinis pats
Amperaje:	15/10 A

Tabla 4.15: Datos Técnicos del Calentador Eléctrico



Figura 4.16: Calentador Eléctrico Utilizado

4.2.2.5 Cilindro Neumático

La selección del cilindro neumático, se realizo en base al ancho de la banda transportadora ya que el contenedor de mayor tamaño será desplazado lateralmente sobre la banda transportadora, por lo que debe cumplir con las siguientes características técnicas:

Marca:	Mindman
Tipo:	Doble efecto
Diámetro pistón:	2.5 cm
Carrera:	16 cm
Material:	Acero y aluminio

Tabla 4.16: Datos Técnicos del Cilindro Neumatico



Figura 4.17: Cilindro Neumatico Utilizado

4.2.3 Selección del Controlador y Componentes Necesarios

Para el control automático del proceso, se seleccionara un controlador lógico programable que necesita ciertos elementos como una computadora, el software de programación STEP 7-Micro/WIN 3.2 y un cable USB/PPI para la comunicación con la computadora.

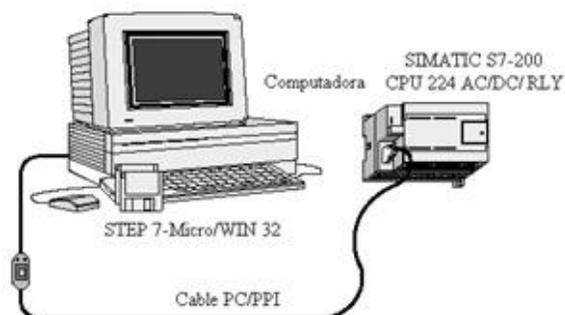


Figura 4.18: Esquema del PLC y Componentes Necesarios

4.2.3.1 Controlador Lógico Programable (PLC)

Para evaluar la capacidad y tipo de Controlador Lógico Programable necesario para controlar el proceso de manera deseada en cada práctica, las condiciones que se deben tomar en cuenta son:

- La cantidad de entradas / salidas que se requieren así como la capacidad de expansión para necesidades futuras.
- El tipo de entradas / salidas que se requieren, fuente de alimentación incluida para entradas / salidas.
- La capacidad de memoria que se necesita. Esto tiene relación con la cantidad de entradas / salidas y la complejidad del programa utilizado.
- La velocidad y capacidad debe tener la unidad central del proceso (CPU). Esto tiene relación con cuántos tipos de instrucciones manejará el PLC. Así mismo, cuanto mayor sea la cantidad de entradas / salidas que se manejen, más rápida tendrá que ser la CPU requerida.

Al disponer en el Laboratorio de Automatización Industrial de un controlador con las características que el proceso requiere, se ha decidido utilizar dicho PLC por las siguientes razones:

- 14 entradas y 10 salidas digitales, número suficiente de entradas / salidas para controlar el proceso en el prototipo.
- El tamaño del programa puede ser hasta de 4096 palabras, lo cual significa que se dispone de espacio suficiente para la creación de las programaciones.
- Facilidad de familiarizarse y de manejarlos gracias al software STEP 7-Micro/WIN.
- Expansión sencilla gracias a los módulos de ampliación de la misma familia digitales y analógicos.

- Fuente de alimentación integrada 24 VDC para sensores y carga; posibilita la conexión directa de sensores y emisores de señal. Con una intensidad de salida de 280 mA.
- Forzado permanente de entradas y salidas en modo de prueba o de diagnóstico; las entradas y salidas pueden forzarse independientemente del ciclo y con ello de forma permanente para probar, por ejemplo: el programa de usuario.
- Durante el modo de servicio RUN se pueden editar y cargar programas modificados sin tener que interrumpir el programa en ejecución.

Datos técnicos del PLC SIEMENS SIMATIC S7-200 CPU 224 AC/DC/RLY utilizado se encuentran en el Anexo B.



Figura 4.19: Controlador Lógico Programable Utilizado

4.2.3.2 Módulo de Expansión Analógico

Debido a que el equipo trabaja con termopares y estas presentan una señal de tipo analógico, las cuales no pueden ser detectadas por el PLC, ya que este solo detecta señales del tipo digital. Entonces existe la necesidad de tener un módulo de expansión analógico que pueda detectar la señal analógica, lo convierta en digital y la pueda controlar.

Al no presentarse en el proceso ninguna otra señal de tipo analógica, solo la de los termopares, se selecciono un módulo de expansión analógico exclusivamente para termopares de tipo: J, K, E, N, S, T y R. Este presenta una gran ventaja ya que no se necesita ningún dispositivo externo para acondicionar la señal analógica, ya que todo el proceso se lo realiza internamente dentro del módulo.

El EM 231 4 AI x termopar se ha diseñado para que se utilice junto con el PLC S7-200 CPU 224. Este módulo ofrece un rendimiento máximo al instalarse en entornos de temperatura estable. El módulo termopar EM 231 tiene circuitos especiales de compensación de unión fría que miden la temperatura en los conectores del módulo, exigiendo que se modifiquen las mediciones para compensar las diferencias entre la temperatura de referencia y la temperatura del módulo.

Cuando un termopar se conecta al módulo EM 231, dos hilos de distintos metales se unen al conector de señales del módulo. El punto donde estos dos hilos se unen al módulo constituye el termopar sensor.

Dos termopares adicionales se forman cuando los dos hilos diferentes se unen al conector de señales. La temperatura del conector genera una tensión que se suma a la del termopar sensor. Si no se corrige esta tensión, la temperatura indicada será diferente a la temperatura del sensor.

La compensación de la temperatura en la unión fría se utiliza para compensar el termopar del conector. Las tablas de termopares se basan en una temperatura de unión de referencia que, por lo general, equivale a cero grados centígrados. La compensación de temperatura en la unión fría del módulo compensa el conector a cero grados centígrados, restableciendo la tensión sumada por las termocuplas del conector. La temperatura del módulo se mide internamente, convirtiéndose a un valor a sumar a la conversión del sensor.

Datos técnicos del Módulo de Ampliación Analógico SIEMENS EM 231 Termopar utilizado se encuentran en el Anexo C.



Figura 4.20 Módulo de Expansión Analógico Utilizado

4.2.3.3 Software STEP 7-Micro/Win 3.2

El software STEP 7-Micro/Win 3.2, tiene la estructura de un programa en base Windows, el cual permite con mayor facilidad la programación del PLC.

Su manejo es sencillo ya que la selección de comandos se ejecuta simplemente en un cuadro de iconos de “arrastrar y colocar”. Pueden mostrarse y programarse simultáneamente en la pantalla diferentes proyectos y pueden copiarse de un programa, secciones completas a otro programa.

Su estructura permite por ejemplo, que los subprogramas simplemente se anexasen al programa principal y se llaman a los mismos después de procesar tan solo unos pocos comandos, con lo cual el PLC resulta extremadamente rápido.

Esta estructura de programas asegura también el poder disponer y utilizar de la manera más sencilla potentes comandos como:

- Funciones matemáticas.
- Operaciones con tablas.
- Comandos de comunicaciones.

Para Instalación y Uso del Software STEP 7 Micro/Win 3.2 referirse al Anexo D.

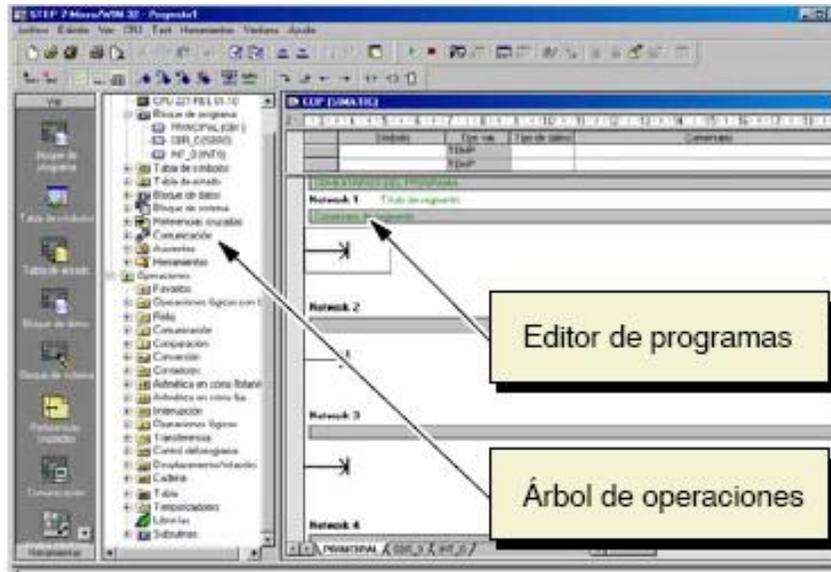


Figura 4.19: Ventana de STEP 7 Micro/Win 3.2

4.2.3.4 Cable Multi-Master USB / PPI

El cable USB / PPI, es el que permite la transferencia de un programa del conector de la computadora al conector del PLC. Por medio de este componente se logra la transferencia de las instrucciones del programa al PLC y a la vez una comunicación constante de datos ambos componentes. Hay que mencionar que este cable sustituye al cable PC/PPI y no necesita de ningún tipo de configuración pues solo es necesario la conexión física al puerto USB de la computadora y el al puerto del PLC.

Datos técnicos del Cable Multi-Master USB / PPI utilizado se encuentran en el Anexo E

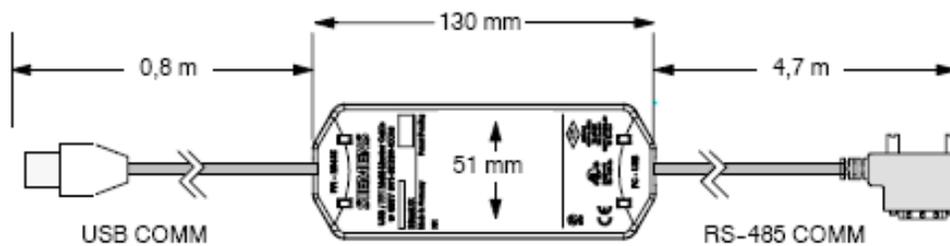


Figura 4.21 Cable Multi-MasterUSB / PPI Utilizado

4.2.3.5 Fuente de Alimentación

Por la utilización de equipos que funcionan con diferente voltaje al de la red eléctrica se ha seleccionado una fuente alimentación de corriente continua y voltaje variable, que nos permitirá operar determinados elementos de control que necesitan una corriente superior a la entregada por el PLC.

Marca:	Lianlong
Modelo:	LLAS3000
Tensión nominal de entrada:	AC 100 -140 V
Frecuencia:	60 Hz
Tensión de salida:	DC 6 – 9 – 12 – 15 – 18 - 24 V
Corriente máxima de salida:	3.0 A

Tabla 4.17: Datos Técnicos de la Fuente de Alimentación



Figura 4.22 Fuente de Alimentación Utilizada

4.2.3.6 Caja de Control y Accesorios Eléctricos

Para el montaje del PLC y los componentes necesarios para el control, se ha seleccionado una caja de control disponible en el mercado que permite la instalación fácil y adecuada de dichos componentes. Así mismo fue indispensable utilizar ciertos accesorios para las conexiones eléctricas como:

Elementos	Cantidad
Borneras	30
Breaker 6 A	1
Breaker 25 A	1
Riel DIM	1m
Terminales para microswitch	12
Terminales de contacto	55
Cable 18 AWG	10 m
Cable 22 AWG (6 en 1)	30 m

Tabla 4.18: Accesorios Eléctricos Necesarios para el Equipo



Figura 4.23 Caja de Control Utilizada

CAPITULO 5

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

5.1 Descripción de las Prácticas de Laboratorio

Una vez diseñado y seleccionado las partes necesarias para el equipo, se definirían claramente las prácticas a realizarse en el mencionado equipo. Debido a que es un equipo didáctico se ha propuesto tres diferentes prácticas que permitan al estudiante sacar el mayor provecho del equipo, aprender de una manera fácil y dinámica el funcionamiento y programación del PLC.

Estas tres prácticas que a continuación serán descritas no son las únicas que pudiera realizar el equipo ya que debido a su construcción modular pudiese realizarse otras prácticas según las necesidades de los estudiantes.

5.1.1 Descripción de la Práctica #1

En la primera práctica se utilizara el recipiente C en el cual su llenado será automático, posteriormente a este paso el calentador eléctrico tendrá que elevar la temperatura del liquido a un valor establecido, una vez cumplido esto, el motor mezclador tendrá que batir el contenido del recipiente por un tiempo determinado.

Una vez caliente y mezclado el liquido la banda transportadora empieza a desplazar los recipientes de mayor y menor tamaño que serán detectados en la posición deseada para ser dosificados en función al tamaño que se encuentre bajo el recipiente, con el liquido que ya se encuentra el recipientes 3 por lapso de tiempo ya definido.

Finalmente los recipientes llegaran al final de la banda transportadora y con esto se completa el proceso planteado para esta primera práctica en la cual ya intervienen las tres variables que el equipo maneja.

5.1.2 Descripción de la Práctica #2

En esta práctica se utilizará el recipiente A y B colocados a la misma altura, su llenado será automático posteriormente los calentadores eléctricos tendrán que elevar la temperatura del líquido en cada uno de los recipientes a un valor establecido.

Una vez alcanzada la temperatura deseada en los dos recipientes la banda transportadora empieza a desplazar los recipientes solo de mayor tamaño que serán detectados en dos posiciones, la primera posición bajo el recipiente A en donde se dosificará una proporción mínima de líquido y la segunda posición bajo el recipiente B en la que la proporción de dosificación será mayor.

Finalmente los recipientes llegaran al final de la banda transportadora y con esto se completa el proceso planteado para esta práctica que difiere en ciertas acciones de la anterior con lo que se permite que el estudiante experimente otro proceso distinto.

5.1.3 Descripción de la Práctica #3

En la tercera práctica se utilizarán los recipientes A, B y C. En los recipientes A y B se llenará el líquido de forma automática en cada uno de ellos, luego de lo cual los calentadores eléctricos calientan los dos recipientes a la vez a la temperatura establecida.

Posteriormente se dejará pasar el líquido del recipiente A y B al tercer recipiente C hasta que este llegue a su nivel máximo y se procede a calentar el líquido. Una vez cumplida esta condición se procede a batir el contenido que se encuentra en el recipiente C.

Una vez caliente y mezclado el líquido del recipiente C la banda transportadora empieza a desplazar los recipientes de mayor y menor tamaño que serán detectados en la posición deseada para ser dosificados en función al tamaño que se encuentre bajo el recipiente C.

Finalmente los recipientes llegaran al final de la banda transportadora y en esta práctica ingresa el sistema de selección de recipiente, que permitirá desplazar lateralmente el recipiente de mayor tamaño al ser detectado en la banda transportadora, permitiendo que el recipiente de menor tamaño siga el sentido de la banda transportadora para así dar por concluido el proceso más completo que el equipo puede realizar.

5.2 Guía de las Prácticas de Laboratorio

A continuación se presentan las guías de las prácticas anteriormente descritas con lo que se podrá tener la información necesaria para realizarlas.

5.2.1 Guía de la Práctica #1

Título: “Descarga de Líquido del Recipiente C en Envases Menor y Mayor Tamaño”

a) Objetivo:

- Descargar el recipiente C, utilizar la banda transportadora y los sensores de posición de la misma.

b) Materiales y Equipos:

- PLC
- Fuente de poder
- Cable de comunicación USB/PPI
- Computador
- Programa STEP 7 MicroWin
- Recipiente C
- Válvula de entrada C
- Válvula de salida C
- Banda transportadora
- Software de Simulación S7-200

c) Puntos requeridos del programa:

Realizar un programa en el cual:

- El fluido llega hasta el máximo nivel del recipiente C
- El fluido se calienta a la temperatura deseada
- El fluido debe ser batido por un corto tiempo
- Se enciende la banda transportadora
- Detectar los envases pequeño y grande
- Se abre la válvula del recipiente C una vez detectado los envases
- Se llenan los envases de acuerdo al tamaño de los mismos
- La válvula del recipiente C y la banda transportadora trabajan hasta que el nivel mínimo del recipiente C se desactiva

d) Variables a Utilizar

Entradas	Descripción
I0.0	Start
I0.5	Sensor de Nivel Máximo Recipiente C
I0.6	Sensor de Nivel Mínimo Recipiente C
I0.7	Sensor Envases Pequeños
I1.0	Sensor Envases Grandes
AIW4	Termocupla Recipiente C

Tabla 5.1: Entradas Utilizadas en la Práctica #1

Salidas	Descripción
Q0.2	Válvula de Entrada Recipiente C
Q0.4	Válvula de Salida Recipiente C
Q0.6	Motor Mezcladora
Q1.0	Resistencia
Q1.1	Motor Banda Transportadora

Tabla 5.2: Salidas Utilizadas en la Práctica #1

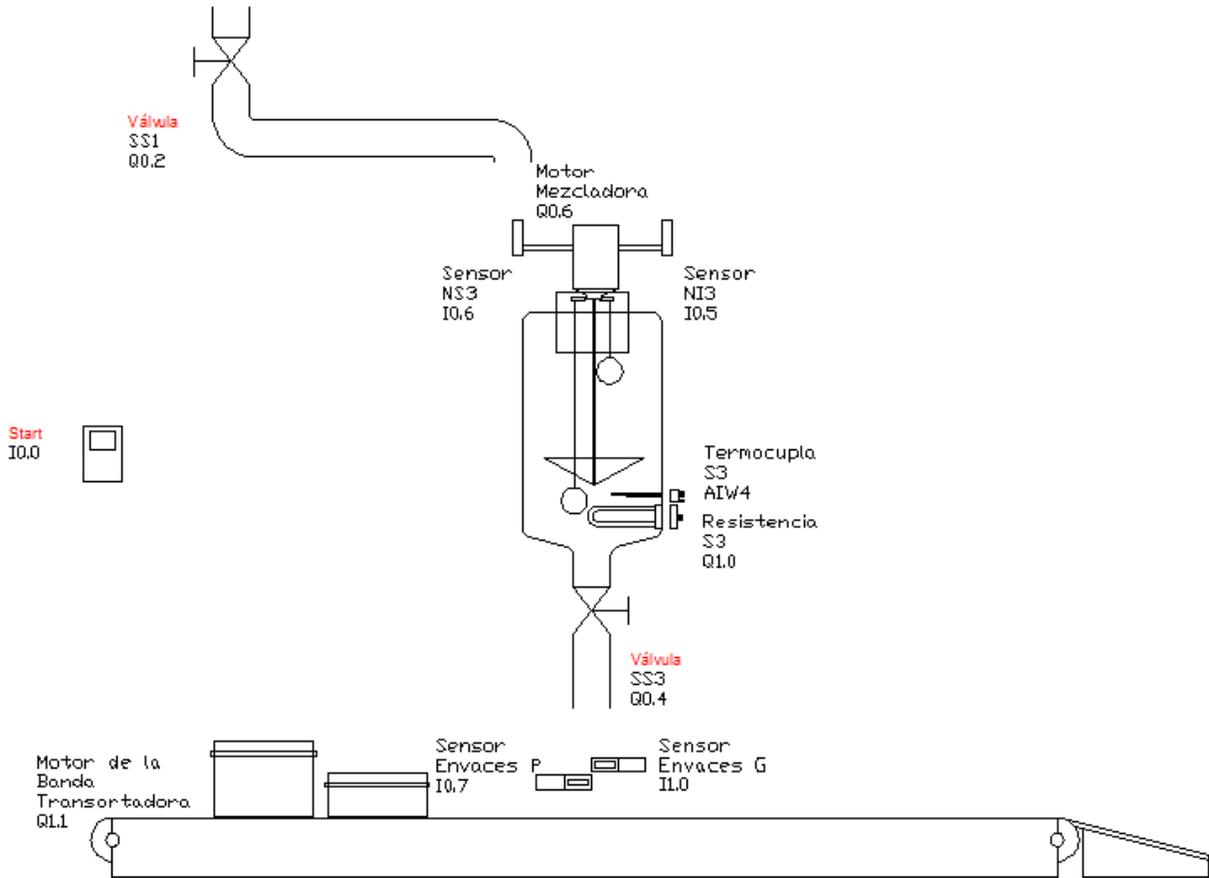


Figura 5.1 Descarga del Fluido del Recipiente C en Envases Pequeños y Grandes

e) Conclusiones y Recomendaciones

5.2.2 Guía de la Práctica #2

Título: “Descarga Directa de Líquido del Recipiente A y B al Envase de Mayor Tamaño”

a) Objetivo:

- Descargar directamente del recipiente A y B, utilizar la banda transportadora y los sensores de posición de la misma.

b) Materiales y Equipos:

- PLC
- Software de Simulación S7-200
- Cable de comunicación USB/PPI
- Computador
- Programa STEP 7 MicroWin
- Recipiente A
- Recipiente B
- Válvula de entrada A
- Válvula de entrada B
- Válvula de salida A
- Válvula de salida B
- Banda transportadora

c) Puntos requeridos del programa:

Realizar un programa en el cual:

- Llenado de recipiente A
- Llenado de recipiente B
- Calentamiento del líquido en el Recipiente A
- Calentamiento del líquido en el Recipiente B
- Movimiento de contenedores hasta el recipiente A
- Verter líquido del Recipiente A en el contenedor
- Verter líquido del Recipiente B en el contenedor
- El contenedor llega al final de la banda

d) Variables a Utilizar

Entradas	Descripción
I0.0	Start
I0.1	Sensor de Nivel Máximo Recipiente A
I0.2	Sensor de Nivel Mínimo Recipiente A
I0.3	Sensor de Nivel Máximo Recipiente B
I0.4	Sensor de Nivel Mínimo Recipiente B
I0.7	Sensor Envases A
I1.0	Sensor Envases B
AIW0	Termocupla Recipiente A
AIW2	Termocupla Recipiente B

Tabla 5.3: Entradas Utilizadas en la Práctica #2

Salidas	Descripción
Q0.0	Válvula de Entrada Recipiente A
Q0.1	Válvula de Entrada Recipiente B
Q0.2	Válvula de Salida Recipiente A
Q0.3	Válvula de Salida Recipiente B
Q0.5	Resistencias Recipiente A y Recipiente B
Q1.1	Motor Banda Transportadora

Tabla 5.4: Salidas Utilizadas en la Práctica #2

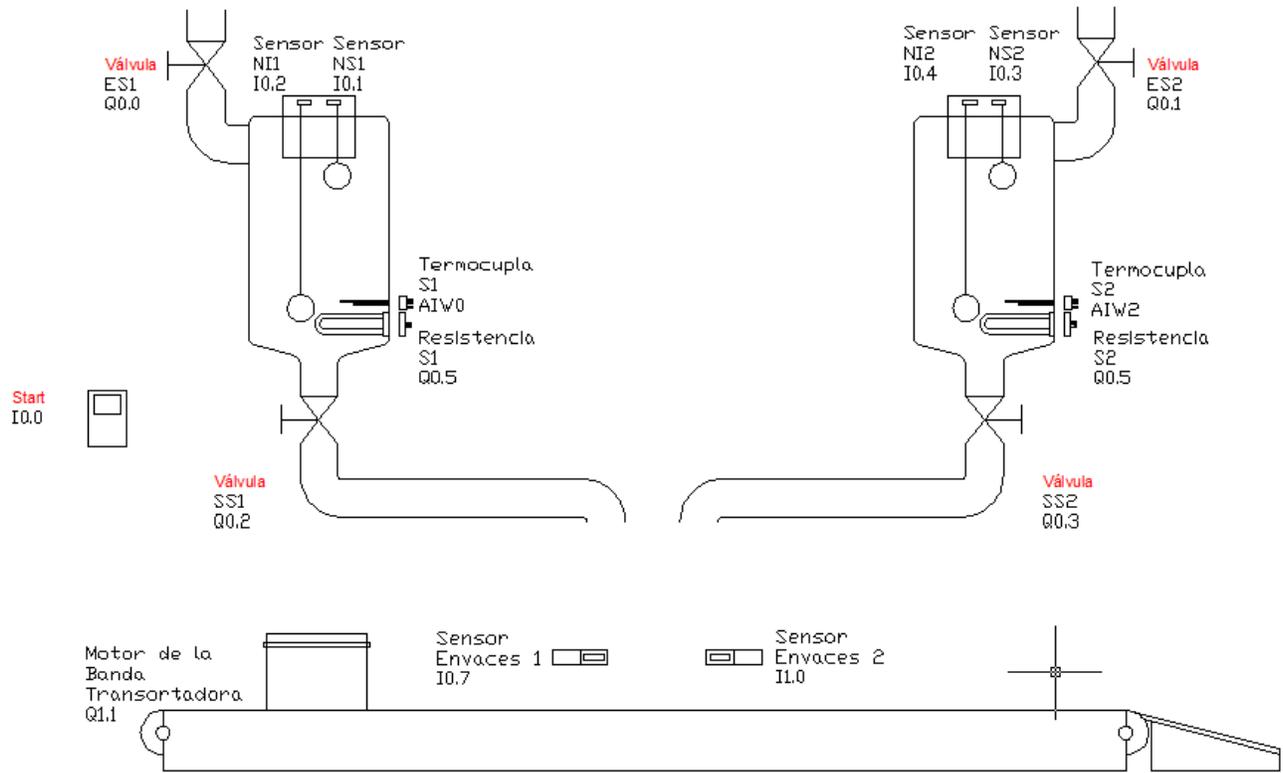


Figura 5.2 Descarga Directa de Liquido del Recipiente A y B al Envase de Mayor Tamaño

e) Conclusiones y Recomendaciones

5.2.3 Guía de la Práctica # 3

Título: “Llenado – Calentamiento - Descarga del Fluido de los Recipientes A y B en el Recipiente C, y Calentamiento – Mezclado - Descarga en los recipientes de Menor y Mayor Tamaño con Sistema de Selección Neumático de recipientes”

a) Objetivo:

- Trabajar con señales digitales y analógicas
- Utilizar todas las variables de los recipientes A, B, C y banda transportadora.

b) Materiales y Equipos:

- PLC
- Fuente de poder
- Cable de comunicación PC/PPI
- Computador
- Programa STEP 7 MicroWin
- Recipientes A, B y C
- Válvula A, B y C
- Termocupla A, B y C
- Módulo de expansión analógico termocuplas
- Motor mezclador del recipiente C
- Banda transportadora

c) Puntos requeridos del programa:

Realizar un programa en el cual:

- El fluido llega hasta el mínimo nivel de recipiente A y comienza a calentar la fuente de calor del recipiente A hasta el rango de temperatura.
- El fluido llega hasta el mínimo nivel de recipiente B y comienza a calentar la fuente de calor del recipiente B hasta el rango de temperatura.

- El fluido del recipiente A deberá encontrarse en el siguiente rango de temperatura 30 -35 °C.
- El fluido del recipiente B deberá encontrarse en el siguiente rango de temperatura 28 –32 °C.
- Se abren las válvulas de los recipientes A y B, cuando el fluido esta en el nivel máximo de ambos recipientes y dentro de los rangos de temperatura establecidos para el recipiente A y el recipiente B.
- Las válvulas A y B se abren hasta que el nivel máximo del recipiente C se activa.
- Una vez que el fluido del recipiente C activa la señal del mínimo nivel, la fuente de calor del recipiente C comenzará a calentar el fluido.
- El fluido del recipiente C deberá encontrarse en el siguiente rango de temperatura 35 -40 °C.
- Nunca las tres fuentes de calor trabajarán simultáneamente, es decir, si la fuente de calor del recipiente A esta trabajando, las fuentes de calor de los recipientes B y C estarán apagadas, así sucesivamente.
- El momento en que el fluido en el recipiente C alcance el rango de temperatura, y que la señal del máximo nivel del recipiente C este activada se procederá a mezclar el fluido por un minuto.
- La banda transportadora comienza a funcionar y la válvula del recipiente C se abre cuando el fluido este dentro del rango de temperatura, el nivel máximo del recipiente C se haya activado, se hayan mezclado los fluidos por el tiempo impuesto y se detecten los envases pequeños y grandes en la banda transportadora.
- La válvula del recipiente C se cierra cuando el mínimo nivel del recipiente C se desactiva.

d) Variables a Utilizar

Entradas	Descripción
I0.0	Start
I0.1	Sensor de Nivel Máximo Recipiente A
I0.2	Sensor de Nivel Mínimo Recipiente A
I0.3	Sensor de Nivel Máximo Recipiente B
I0.4	Sensor de Nivel Mínimo Recipiente B
I0.5	Sensor de Nivel Máximo Recipiente C
I0.6	Sensor de Nivel Mínimo Recipiente C
I0.7	Sensor Envases Pequeños
I1.0	Sensor Envases Grandes
I1.1	Sensor Lateral Envases Grandes
AIW0	Termocupla Recipiente A
AIW2	Termocupla Recipiente B
AIW4	Termocupla Recipiente C

Tabla 5.5: Entradas Utilizadas en la Practica #3

Salidas	Descripción
Q0.0	Válvula de Entrada Recipiente A
Q0.1	Válvula de Entrada Recipiente B
Q0.2	Válvula de Salida Recipiente C
Q0.3	Válvula de Salida Recipiente B
Q0.4	Válvula de Salida Recipiente C
Q0.5	Resistencias Recipiente A y Recipiente B
Q0.6	Motor Mezcladora
Q0.7	Cilindro Neumático
Q1.0	Resistencias Recipiente C
Q1.1	Motor Banda Transportadora

Tabla 5.6: Salidas Utilizadas en la Practica #3

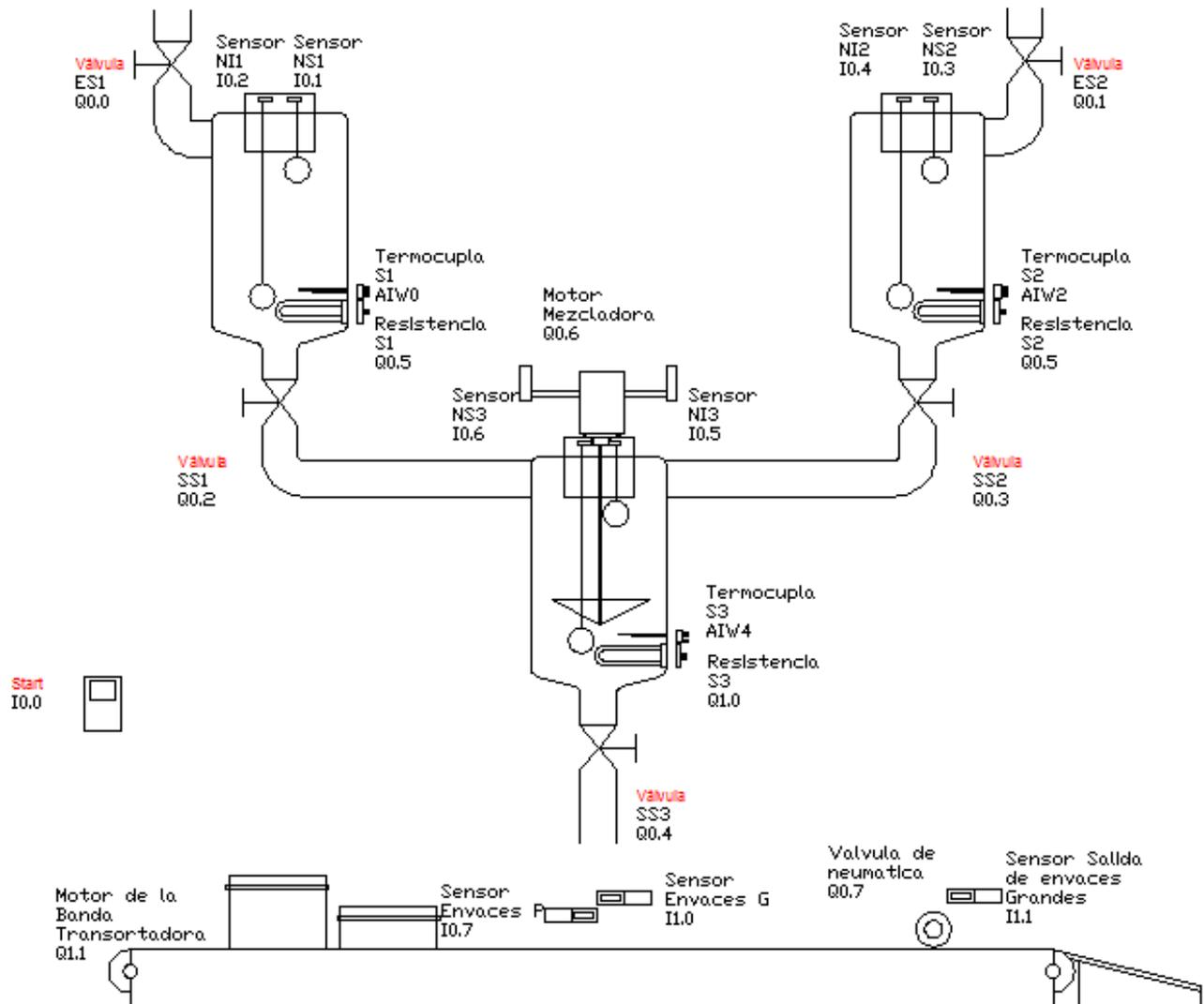


Figura 5.3: Practica Completa con Sistema de Selección Neumático de recipientes

e) Conclusiones y Recomendaciones

5.3 Programación y Simulación de las Prácticas

5.3.1 Programación de las Prácticas

La programación de las prácticas fue realizada en el software STEP 7 Micro/Win 3.2, el tipo de lenguaje seleccionado fue la programación KOP (Esquema de contactos) de STEP 7 que permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos.

Básicamente, los programas KOP hacen que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que, a su vez, habilitan condiciones lógicas de salida. Por lo general, la lógica se divide en unidades pequeñas y de fácil comprensión llamadas “segmentos” o “networks”. El programa se ejecuta segmento por segmento, de izquierda a derecha y luego de arriba a abajo. Tras alcanzar la PLC el final del programa, comienza nuevamente en la primera operación del mismo.

Para la programación de las prácticas referirse al Anexo F

5.3.2 Simulación de las Prácticas

Debido a que en la actualidad ya se cuenta que un software de programación como S7-200 en el cual se ha realizado la simulación virtual de todas las programaciones de las prácticas propuestas, lo permite probar que el proceso se realice de la manera deseada y a la vez ofrece la posibilidad de corregir errores antes de cargar el programa al PLC.

Para realizar la simulación solo es necesario importar la programación del software STEP 7 Micro/Win 3.2 que previamente ha sido guardada con un nombre específico y seleccionar la CPU en la cual se va a simular dicho programa.

Para la simulación de las prácticas referirse al Anexo G

CAPITULO 6

CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLAJE DEL EQUIPO

6.1 Construcción de los elementos mecánicos

Ya que para la repotenciación del equipo se necesitó construir ciertos elementos mecánicos para el correcto funcionamiento del mismo, es necesario conocer las operaciones para la construcción de cada uno de estos. La construcción de los elementos metálicos y de madera se los realizó en una metalmecánica y carpinterías de la ciudad respectivamente.

Para la construcción del equipo se emplean las siguientes máquinas y herramientas:

- Torno paralelo y accesorios
- Cizalladora
- Dobladora
- Taladro de banco
- Taladro de manual
- Soldadora eléctrica
- Arco de sierra
- Esmeril
- Amoladora
- Tornillo de banco (entenalla)
- Juego de herramientas
- Motor eléctrico con fresas

6.1.1 Diagrama de Construcción

En el diagrama de construcción se exponen todas las operaciones, inspecciones y materiales que se van a utilizar en el proceso de fabricación de los elementos. Se establecerá claramente la secuencia de eventos, desde el material en bruto hasta el producto terminado, por esta razón, a continuación se presentan los diagramas de proceso constructivos de cada elemento mecánico, los cuales incluyen, materiales y herramientas necesarias para llevar a cabo éstas tareas.

Los Diagramas de Construcción se encuentran en el Anexo H

6.2 Ensamblaje de los Elementos del Equipo

Una vez construidos los elementos mecánicos necesarios para el equipo es indispensable establecer las acciones para el ensamble con los demás elementos seleccionados del equipo que lo antecedía. El ensamble completo del equipo se lo realizó en el domicilio de los ejecutores del proyecto ya que se contaba con las facilidades para realizar esta actividad, así como por la seguridad de los elementos

Para realizar el ensamble y montaje del equipo se emplean las siguientes herramientas:

- Juego de desarmadores
- Juego de llaves
- Corta frío
- Pinzas
- Peladora de cables
- Ponchadora de terminales
- Llave de pico
- Llaves Allen
- Taladro de Pedestal
- Taladro manual
- Estilete

6.2.1 Diagrama de Ensamble

En el diagrama de ensamble se exponen las acciones para unir y fijar los elementos de cada sistema que hacen parte del equipo, de esta forma se podrá contar con un diagrama independiente por sistema para posteriormente realizar el diagrama general del equipo completo.

Los Diagramas de ensamble se encuentran en el Anexo I

6.3 Ubicación de los Elementos del Sistema de Control

Los elementos del sistema de control del proceso tendrán que ser ubicados de manera, que pueda ofrecer las facilidades para el montaje, el mantenimiento, el buen funcionamiento y la facilidad de observación, para que los estudiantes comprendan como se está captando la variable en el proceso.

Los elementos de control que se tienen que ubicar son: medidores de nivel, sensores de posición y termopares.

SENSORES DE NIVEL: Debido a la manera de funcionamiento dichos sensores tienen que ser ubicados en la parte superior de los recipientes, ya que al ingresar el agua, los flotadores subirán por las guías y activarán los microswitches, acción que informa al proceso si el nivel de líquido en recipiente se encuentra en el máximo o mínimo señal que será procesada por el PLC

SENSORES DE POSICIÓN: Estos sensores serán ubicados sobre las rieles instaladas en las partes laterales de la banda transportadora, se colocaran tres sensores de posición los cuales contarán con la facilidad de desplazarse sobre la riel debido a su diseño modular.

Es importante reconocer la manera como trabaja el sensor, así como la disposición que deberán tener los mismos una vez instalados en la riel, ya que esto será determinante para que pueda realizar la acción de sensado del recipiente.

Los sensores posición de barrera deberán ser ubicados de tal manera que el elemento emisor se encuentre en el lado interior de la banda transportadora y el elemento receptor deberá ser colocado en lado opuesto, guardando cierta alineación entre ellos.

Por otra parte lo sensor de posición reflectivo será instalado en el lado interior de la banda transportadora, este sensor no cuenta con elemento receptor por lo que nos permite utilizarlo únicamente para la detección del recipiente de mayor tamaño cuando interviene en el sistema de selección neumático.

TERMOPARES: Estos sensores ya se encuentran ubicados en el equipo y no se ha visto la necesidad de reubicarlos ya que fue instalada a una altura tal que, cuando el líquido en el recipiente este en el nivel mínimo, la termocupla esté sumergida y reporte la temperatura a la cual se encuentra el líquido.

6.3.1 Conexión de los Elementos del Sistema de Control

El equipo dispone de dos cajas de conexiones que permiten la facilidad de conexión de los sensores con el PLC, ya que están instalados terminales, esta misma facilidad se presenta para las conexiones de las salidas del PLC con los actuadores.

Los Planos eléctricos se encuentran en el Anexo J

CAPITULO 7

PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

7.1 Pruebas de los Elementos del Sistema

Los elementos eléctricos del sistema fueron probados con el voltaje que recomienda el fabricante para su operación, y se verificó que las especificaciones que tiene el elemento sean cumplidas a cabalidad.

Al tener ya seleccionado el PLC se procedió a diseñar las prácticas además de realizar la programación de las mismas. Con los programas en funcionamiento se probó el PLC y el cable de transmisión de datos, forzando las salidas del PLC por medio del programa se verificó el correcto funcionamiento de cada salida además que esta función permitió probar la programación de las prácticas directamente en el PLC sin conectar sensores y actuadores.

Al adquirir las electroválvulas se procedió a realizar conexiones eventuales y se verificó el accionamiento y la capacidad que tiene la fuente de corriente continua para activar todas las electroválvulas, una vez activada la electroválvula la forma más práctica de probar este tipo de electroválvulas de accionamiento directo es soplando a cualquiera de los extremos de conexión Hidráulica.

Los sensores de nivel fueron probados de manera manual, la activación del microswitch supone tener una respuesta o variación del estado de la entrada del PLC.

Los motores se los verificó conectándolos individualmente a un voltaje de 110V. El funcionamiento fue calificado únicamente con el encendido de los motores y un corto tiempo de funcionamiento (10 segundos).

Los sensores de posición de la banda transportadora fueron probados con un multímetro instrumento calibrado para medir continuidad ante la activación se los mismos, al pasar diversos objetos frente a los sensores se probó el funcionamiento de los mismos. El sensor reflexivo requiere de calibración para detectar objetos que están a diferentes distancias del emisor sector.

Los relés la activación de la bobina de los relés fue realizada por medio de la fuente de 24 V, el correcto funcionamiento de los mismos fue probado realizando la conexión necesaria con la fuente, para lo cual se activo y desactivo 5 veces cada relé.

Resistencias calentadoras fueron probadas por medio de un multímetro, instrumento que nos permitió medir la resistencia eléctrica, para este tipo de elementos la resistencia eléctrica en alta, aproximadamente de 10Ω .

Los breakers fueron probados en funcionamiento para la carga máxima por un tiempo de una hora para verificar que no presenten ningún problema de sobrecarga.

7.1.1 Análisis de Resultados

Ya probados los elementos del sistema se puede realizar un análisis y mencionar el comportamiento de los mismos.

PLC: el Funcionamiento de este equipo está dentro de los parámetros establecidos, las conexiones realizadas previamente nos permitió despejar algunas dudas en lo referente a la corriente que alimenta a los sensores.

Electroválvulas: al tener detectarse un problema en la etapa de cierre de 1 de las válvulas de procedió a desarmarla y retirar un objeto extraño que impedía su normal funcionamiento.

Sensores de nivel: fueron corregidos en varias ocasiones ya que al ser activados por un medio mecánico son susceptibles de trabarse y dejar de operar adecuadamente.

Motores: Una vez comprobado el funcionamiento de los motores se midió la corriente de funcionamiento, además de la velocidad angular del motor de la banda transportadora.

Sensores de Posición: requieren ser calibrados en el lugar de operación para, la alineación de los sensores es fundamental para que las lecturas estén de acuerdo a lo requerido.

Relés: Los relés no presentan ningún problema en las pruebas previas, ya que fueron realizadas sin carga en la parte de potencia.

Resistencias: Las resistencias eléctricas dieron una medida adecuada para su tamaño y función.

7.2 Prueba de Funcionamiento del Equipo

Para verificar el funcionamiento del equipo se siguió el siguiente procedimiento, sabiendo que los elementos eléctricos funcionan adecuadamente.

- Instalación del cable de transmisión de datos
- Verificación de la comunicación entre el PLC y la computadora
- Cargar el programa de la Practica #3 en el PLC
- Colocar el PLC en modo Computador
- Iniciar el modo “run” en el PLC
- Ingresar a la pantalla de estatus o test del programa
- Activar los sensores manualmente (Esto permitirá verificar que los sensores están conectados de acuerdo a las variables estipuladas en el programa)
- Con el modo “forzar” probaremos cada uno de los actuadores además de las termocuplas.
- Fin del proceso.

7.2.1 Análisis de Resultados

Para conectar a la corriente eléctrica el equipo primero se debe verificar varias veces las conexiones internas con los planos eléctricos.

Los resultados en las pruebas de funcionamiento del equipo fueron satisfactorios ante las pruebas realizadas.

7.3 Ajustes en el Equipo

Los ajustes necesarios para el correcto funcionamiento de los elementos del equipo fueron los siguientes:

- Los sensores de nivel fueron ajustados para activarse en el nivel adecuadamente.
- Se alineo los sensores de posición.
- Se calibo el modulo de termocuplas para que tengan una lectura adecuada con el tipo usado.
- Se elimino las fugas presentes en los recipientes.
- Se alineo el motor de la banda transportadora
- Se apretó la banda transportadora para evitar su inadecuado funcionamiento
- En los soportes de salida para evitar que los envases choquen con los filos de los contenedores de envases, se realizo la disminución de altura en la tapa.

7.3.1 Calibración del Modulo EM 231 TC

Al ser un modulo con un DIP switches, requiere de una calibración previo la operación, el modulo de expansión analógico EM 231 TC de cuatro entradas analógicas puede leer configurarse para trabajar con termocupla tipo (J, K, T, E, R, S, N) además de entradas entre +/- 80mV, para las termo culas con las que vamos a trabajar la configuración que debe tener para los 3 primeros PIN's es en 0.

El cuarto PIN del DIP debe estar en 0 ya que así lo recomienda el fabricante, para esta modelo de modulo de expansión el cuarto PIN no tiene función específica.

El quinto PIN debe estar en 0 ya que la escala en la que vamos a medir va a ser ascendente.

El sexto PIN es un detector que normalmente se encuentra funcionando en el módulo, es un detector de hilos abiertos, se lo puede dejar en 0 ya que su funcionamiento es frecuente.

El séptimo PIN sirve para transformar las unidades de trabajo, 0 Grados centígrados (C) y 1 Fahrenheit (F).

El modulo además cuenta con la posibilidad de habilitar la compensación de unión fría, que es para disminuir el error que se produce al unir el cable de la termocupla con la bornera, que normalmente son de materiales diferentes producen diferencia de potencial.

CAPITULO 8

ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

8.1 Estudio Económico Financiero

8.1.1 Antecedente

- El Proyecto fue Financiado parcialmente por los Estudiantes ejecutores del proyecto conjuntamente con el Laboratorio de Automatización Industrial del DECEM que facilito algunas de las partes necesarias para la construcción del equipo.
- Todas las partes que fueron entregadas por el laboratorio tanto como las adquiridas durante la ejecución del equipo fueron tomadas en cuenta para la realización de este análisis económico.
- Se realizara un análisis costo beneficio permitiendo comparar el presente equipo con otros equipos didácticos disponibles de similares características que el mercado ofrece para este tipo de aplicaciones.
- Ya que el proyecto es un equipo didáctico para Laboratorio donde los beneficiados directos son los estudiantes y no se precisa de una recuperación de la inversión porque esta se ve reflejada en el aporte a la preparación integral de los alumnos de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

8.1.2 Costos del Equipo

8.1.2.1 Costos Directos

El costo de la ingeniería de los dos ejecutores y sus respectivos directores para la realización del proyecto durante los siete meses que duró el mismo es el siguiente:

COSTOS DE REMUNERACIONES			
No	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
1	Director de Tesis	500,00	500,00
1	Codirector de Tesis	500,00	500,00
2	Estudiantes	350,00	700,00
Total			1700,00

Tabla 8.1 Costo de Remuneraciones

Costos de materiales, para poder construir el equipo y cumplir con los objetivos propuestos se necesito de los siguientes materiales:

LISTA DE MATERIALES DEL EQUIPO			
Cantidad	Descripción	Costo Unitario	Costo Total
3	Estructura de Recipientes	18,00	54,00
3	Termocuplas Tipo K	12,00	36,00
3	Fuentes de calor	14,50	43,50
1	Fuente de Corriente continua	36,50	36,50
6	Micro switches	3,20	19,20
3	Soportes para Sensores de Nivel	5,00	15,00
1	Estructura de Banda Transportadora	45,00	45,00
2	Rodillos para Banda Transportadora	25,00	50,00
4	Soportes de Chumacera	12,00	48,00
4	Chumaceras	15,00	60,00
2	Eje de los Rodillos	5,00	10,00
1	Controlador Lógico Programable Siemens	700,00	700,00
1	Modulo de Expansión Analógico	350,00	350,00
1	Cable de Transmisión de Datos	100,00	100,00
3	Sensores Fotoeléctricos	80,00	240,00
1	Soporte Grande de Recipientes	70,00	70,00

1	Soporte Pequeño de Recipientes	20,00	20,00
1	Soporte del Motor Banda Transportadora	25,00	25,00
1	Soporte del motor de la mezcladora	15,00	15,00
1	Caja de Conexiones Principal	56,57	56,57
1	Caja de Conexiones Auxiliar	20,00	20,00
1	Soporte de Cilindro Neumático	15,00	15,00
2	Soporte para las Mangueras	7,00	14,00
5	Soporte de los Sensores de Posición	4,00	20,00
2	Almacenador de envases de Salida	20,00	40,00
1	Motor Mezcladora	35,00	35,00
1	Motor Banda Transportadora	80,00	80,00
5	Relés	8,00	40,00
5	Electroválvulas Hidráulicas	45,00	225,00
1	Electroválvula Neumática	120,00	120,00
1	Eje Motor Banda Transportadora	8,00	8,00
6	Tarros plásticos	1,02	6,12
1	Espagueti para alambres	4,00	4,00
1	Marquillas	10,00	10,00
30	Borneras	1,15	34,50
55	Terminales	0,15	8,25
1	Riel DIM	4,00	4,00
1	Eje Motor Mezcladora	15,00	15,00
1	Cilindro Neumático	55,00	55,00
5	Acoples Rápidos de 1/2 pulg	35,00	175,00
4	Manguera Lisa	3,00	12,00
15	Manguera de jardín	0,50	7,50
30	Cable Apantallado con 2 juegos de hilos	2,00	60,00
10	Cable de 3 Hilos	0,80	8,00
4	Acoples de Plástico 1/2 pulg	3,00	12,00
1	Racor	3,50	3,50
1	Racor con regulador	5,50	5,50
Total			3031,14

Tabla 8.2: Lista de materiales y precios

El total de los costos directos es el siguiente:

$$\text{Costos Directos} = 1700.00 + 3031.14$$

$$\text{Costos Directos} = \$ 4731.14$$

8.1.2.2 Costos Indirectos

Dentro de este rubro se contempla: herramientas el transporte de los materiales, planificación del proyecto, impresión de memoria técnica y planos.

COSTOS INDIRECTOS	
Descripción	Costo Total
Herramientas	80,00
Transporte	350,00
Suministros de oficina	50,00
Impresiones y Plotter	200,00
Imprevistos	200,00
Total	880,00

Tabla 8.3 Lista de Costos Indirectos

El total de los costos directos es el siguiente:

Costos Indirectos = \$ 880.00

8.1.3 Costo Total del Equipo

El costo total de equipo una vez materializado resulta de la sumatoria de todos los costos antes mencionados:

Costo total del Equipo = costos directos + costos indirectos

Costo Total del Equipo = \$4731.14+ \$880.00

Costo Total del Equipo = \$ 5611.14

8.1.4 Análisis Costo Beneficio

Se realizaron un análisis de costo beneficio del proyecto por lo cual se detallan equipos didácticos de automatización con precios aproximados, existentes en el mercado que se ajusten a los requerimientos del Laboratorio.

EQUIPOS EN EL MERCADO	
Descripción	Costo Total
Equipo de Automatización Mindman	12800,00 usd
Equipo de Automatización Danfoss	11550,00 usd
Equipo de Automatización Festo	13500,00 usd

Tabla 8.4 Costos de Equipos Similares en el Mercado

Para conocer equipos de Automatización FESTO referirse al Anexo K

La adquisición de un equipo de esta naturaleza para el Laboratorio sería demasiado alta, según los costos mostrados en la tabla 9.3 y comparando con el valor que se obtuvo de realizar el presente equipo se logró un ahorro mayor del 100%, que es de beneficio directo para la Universidad

En la industria nacional muchos de los procesos de producción manejan PLC's que con el fin de optimizar el proceso, es un gran beneficio para la industria y para el país que los estudiantes de ingeniería Mecánica de la ESPE manejen este tipo de conocimientos.

Una vez terminado el análisis Económico Financiero del proyecto, se puede concluir que además de ser necesario el equipo para las prácticas de laboratorio es completamente conveniente en relación a los costos que equipos similares presenta en el mercado.

CAPITULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- Con el proyecto, no solo se pretende dar a conocer el funcionamiento del PLC y su programación, sino apreciar de una manera real como actúa este en un proceso para su control y automatización. Dando la oportunidad al estudiante de realizar prácticas completas similares a las que presentan en la vida real de la industria.
- Los elementos mecánicos indispensables para la repotenciación del equipo, reutilizados del proyecto que lo antecedía fueron de gran ayuda para la construcción del presente proyecto ya que permitieron una optimización de los costos así como la disminución en el tiempo de ejecución del mismo.
- Se construyeron los sensores de nivel para cada uno de los recipientes. Estos están constituidos básicamente de dos flotadores por cada tanque para un nivel mínimo y máximo, se conectan con unos microswitches que dan la señal al PLC. Este sensor tiene un limitante ya que solo puede dar la señal de dos estados, mínimo o máximo.
- Los breakers fueron seleccionados teniendo en cuenta la corriente que va a consumir el equipo, ya que las resistencias de calor tienen un gran consumo de energía eléctrica se optó por colocar dos breakers, de los cuales uno se utilizaría para las resistencias por su mayor capacidad, y el de menor capacidad se conectara al PLC, las válvulas, los motores, relés y la fuente de corriente continua. La no existencia de breakers en el equipo supondría un riesgo, ya que al presentarse problemas en los cables o en los elementos eléctricos producirá un daño grave en todos los elementos.

- El motor eléctrico utilizado en la banda transportadora cumple la función de trasladar los envases en la velocidad adecuada para este tipo de aplicaciones y posee la potencia suficiente para realizar la acción mencionada, es importante mencionar que este motor se lo obtuvo como pieza reciclada permitiendo reducir costos, ya que un motoreductor nuevo de similares características tiene un costo que supera en tres veces el adquirido.
- Los sensores de posición presentes en la banda transportadora son de tipo fotoeléctrico, estos no brindan la facilidad necesaria para que el diseño sea modular y debido a la existencia de un sensor reflectivo el sistema neumático de selección de envases funciona de la manera esperada.
- Las electroválvulas hidráulicas es uno de los elementos más críticos al momento de la selección ya que se debe tener muy claro los parámetros a los que este elemento va a operar para la adecuada selección tanto de la bobina donde el voltaje de activación es determinante, como en el cuerpo mismo de la válvula donde el rango de presión y su activación es determinante.
- La programación del PLC fue realizada para las tres prácticas propuestas, el equipo funciona correctamente con la configuración adecuada y el programa indicado para cada práctica, es necesario destacar que los sensores de posición de la banda transportadora requieren estar colocados en una posición adecuada, diferente para cada proceso.
- La programación fue probada en el software Step 7 que permite ir activando manualmente las entradas y en función de estas comprueba las sentencias haciendo que el simulador active las salidas, la manera de representar la simulación es mediante luces identificadas de acuerdo a las variables declaradas en el software de programación con lo que se determina si el programa realiza o no lo que se esperaba.
- A pesar de la simulación realizada es necesario aclarar que existe una diferencia al momento de probar su programación en el equipo real mostrando que la activación y desactivación de los sensores varía entre la forma virtual y la forma física, siendo esto lo que hace necesario un equipo real para el aprendizaje integral de Automatización Industrial.

9.2 Recomendaciones

- Al momento de realizar las practicas verificar que el DIP switches se encuentre con los PIN's colocados acorde a los que la termocupla J requiere, además se debe tener en cuenta las unidades y las escala ascendente o descendente de la temperatura.
- La no conexión de una de las entradas en el Modulo EM 231TC producirá un error por desbordamiento debido a que este medio de adquisición de datos es muy sensible, indicando un titileo de un led rojo presente en modulo, para evitar esto verificar que las entradas no utilizadas se encuentren puenteadas entre el positivo y negativo de la misma
- Los sensores de nivel de bolla pueden trabarse, por tanto se recomienda estar atentos a que el nivel del liquido no supere el borde de los recipientes.
- La conexión hidráulica de entra al equipo no debe tener una presión muy elevada ya que esto producirá la no activación de las electroválvulas de ingreso a los recipientes, la presión debe ser menor a 30 bares.
- La temperatura final de los recipientes no debe superar los 40 C ya que se cuenta con recipientes plásticos los mismo que pueden sufrir daños si se eleva indiscriminadamente la temperatura, las resistencias eléctricas no se calienten uniformemente, por lo que podrían estar con una temperatura mucho más alta en la base que está en contacto directo con el plástico de los recipientes.
- La comunicación con cable de transmisión de datos del PLC, debe realizarse con el PLC en entado de Stop, ya que realizar la comunicación en cualquier otro estado podría producir erro en la comunicación debió a que el PLC puede quedar con los actuadores o sensores forzados.
- En los sensores de posición de la banda transportadora para la diferenciación entre los envases grandes y pequeños, colocar los sensores de mara que el señor de posición para envases pequeño se active y desactive sin que el sensor de envases grande tenga aun su ciclo completado.

BIBLIOGRAFIA

- ECHEVERRIA, Luis; "Apuntes de Automatización Industrial"
- AARON D. Deutschman; "Diseño de Maquinas Teoría y Práctica" Séptima Edición
- INCOBANDAS S.A; Manual de Bandas Transportadora
- CREUS, Sole Antonio; "Instrumentación Industrial" Sexta Edición
- MENDIBURU, Henry A; "Instrumentación Virtual Industrial" Perú Julio/2006
- BUCCELLA, Jorge María; "TECNOLOGÍA DEL CONTROL"
- SIEMENS; "SIMATIC Controller"
- SIEMENS; "Manual del Sistema de Automatización SIMATIC S7-200" Edición 08/2008
- SIEMENS; "Manual del Sistema de Automatización SIMATIC S7-200" Edición 03/2000
- MUSALEM, Rodrigo; "Programación En Escalera"
- TIRABASSO, Jorge; "Introducción a la Programación de PLC's"
- MAYNE, Jordi; "Sensores Acondicionadores y Procesadores de Señal"
- BARTHO F; "Motores Eléctricos Industriales y Dispositivos de Control" Ediciones URMO
- VIDELA, Flores Andrés; "Manual de Motores Eléctricos"
- INEN; "Código de Dibujo Técnico; Ecuador/2000
- http://www.hyelec.com.cn/chn/new_board/file.php?table=menu3_1_5&b_id=183&b_file=1

- <http://www.danfoss.com/Spain/Products/Categories/Categories.htm>
- <http://www.orientalmotor.com/products/ac-motors/index.htm>
- www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-07-TC.pdf
- platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf
- www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4754/1/7324.pdf
- <http://www.cpampa.com/cpa/index.php>

ANEXOS

Anexo A

Manual de ICOBANDAS

Anexo B

Datos Técnicos del PLC Siemens Simatic S7-200 AC/DCRLY

Anexo C

Datos técnicos del Módulo de Ampliación Analógico Siemens EM 231
Termopar

Anexo D

Instalación y Uso del Software STEP 7 Micro/Win 3.2

Anexo E

Datos técnicos del Cable Multi-Master USB / PPI

Anexo F

Solución de la Programación de las Prácticas

Anexo G

Simulación de las Prácticas

Anexo H

Diagramas de Construcción

Anexo I

Diagramas de Ensamble

Anexo J

Planos Eléctricos de Control y Potencia

Anexo K

Equipos Similares de Automatización FESTO

PLANOS

PLANOS DEL EQUIPO

ORDEN	CONTIENE
1	Base de Recipientes
2	Base de Recipientes Construcción
3	Soporte de motor de la Banda transportadora
4	Soporte de motor de la Banda transportadora(Corte)
5	Soporte sensores de posición lado 1
6	Soporte sensores de posición lado 2
7	Contenedor de salida de envases
8	Tapa Contenedor de salida de envases
9	Soporte del Motor Mezcladora
10	Soporte de Manguera
11	Soporte de Cilindro Neumático
12	Seguros para Riel
13	Eje motor banda transportadora
14	Plano Equipo Completo
15	Plano Equipo Explotado